

LAPORAN PEMANTAUAN Flora Fauna Darat dan Biota Air

Oleh:
PT ANTAM Tbk UBPN KOLAKA
dengan
BALAI BESAR STANDARISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI
HASIL PERKEBUNAN MINERAL LOGAM DAN MARITIM
(BBIHPMM) MAKASSAR
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
2023

Semester I
2023



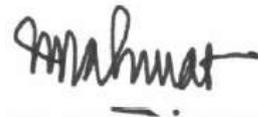
KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa atas berkat kemurahan-Nya, sehingga Laporan Pemantauan Flora dan Fauna Semester I Tahun 2023 oleh PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka dapat dilaksanakan dengan baik. BBIHPMM Sebagai pihak pelaksana pemantauan flora fauna dan biota perairan pada PT Antam di Pomala mengucapkan terima kasih kepada semua pihak, baik yang terlibat langsung maupun yang tidak terlibat langsung dalam kegiatan pemantauan flora fauna dan biota perairan semester I tahun 2023 PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka

Laporan ini merupakan hasil pemantauan flora fauna dan biota perairan semester I tahun 2023 di area pertambangan PT Antam Tbk, yang meliputi Wilayah Tambang Utara (WTU), Wilayah Tambang Tengah (WTT), Wilayah Tambang Selatan (WTS), Wilayah Tambang Pulau Maniang, dan biota perairan disekitar area perairan laut disekitar wilayah PT Antam Tbk UBPN Kolaka.

Hasil pemantauan ini diharapkan dapat memberikan gambaran secara umum kondisi flora fauna dan biota perairan di area PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka dan menjadi salah satu bahan evaluasi keberhasilan kinerja pengelolaan lingkungan, dan menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah setempat, serta berbagai pihak yang terkait dalam pengambilan keputusan di area Pertambangan PT Antam Tbk UBPN Kolaka.

Pomalaa, Oktober 2023
General Manager
Unit Bisnis Pertambangan Nikel
Kolaka



Nilus Rahmat, S.T., M.Si.
NPP. 100278 6759

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Waktu dan Lokasi Pemantauan	2
BAB 2 IDENTITAS PEMRAKARSA	4
2.1 Identitas Perusahaan.....	4
2.2 Identitas Pemrakarsa	5
BAB 3 METODE PEMANTAUAN LINGKUNGAN	6
3.1 Flora dan Fauna Darat.....	6
3.1.1 Lokasi Pemantauan	6
3.1.2 Pemantauan Flora Darat	11
3.1.3 Pemantauan Fauna Darat.....	13
3.2 Pemantauan Serangga Darat	16
3.2.1 Lokasi Pemantauan Serangga Darat.....	16
3.2.2 Metode Pemantauan Serangga Darat	19
3.2.3 Analisis Data	21
3.3 Pemantauan Biota Sungai	23
3.3.1 Lokasi Pemantauan	23
3.3.2 Metode Pemantauan Bentos.....	26
3.3.3 Metode Pemantauan Plankton.....	26
3.4 Pemantauan Mangrove.....	27
3.4.1 Lokasi Pemantauan	27

3.4.2 Metode Pemantauan Vegetasi Mangrove.....	30
3.4.3 Analisis Vegetasi Mangrove	30
3.4.4 Metode Pemantauan Fauna Mangrove.....	31
III.5. Pemantauan Biota Laut	32
3.4.5 Lokasi Pemantauan	32
3.4.6 Metode Pemantauan Terumbu Karang.....	37
3.4.7 Metode Pemantauan Bentos/Invertebrata	38
3.4.8 Metode Pemantauan Ikan.....	38
3.4.9 Metode Pemantauan Plankton.....	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Flora dan Fauna Darat.....	42
4.1.1 Flora Darat	42
4.1.1.1 Area Virgin (Alami)	42
4.1.1.2 Area Revegetasi Tahun 2015 (N8)	44
4.1.1.3 Area Revegetasi Tahun 2016 (N7)	46
4.1.1.4 Area Revegetasi Tahun 2017 (N6)	47
4.1.1.5 Area Revegetasi Tahun 2018 (N5)	49
4.1.1.6 Area Revegetasi Tahun 2019 (N4)	51
4.1.1.7 Area Revegetasi Tahun 2020 (N3)	52
4.1.1.8 Area Revegetasi Tahun 2021 (N2)	54
4.1.1.9 Area Revegetasi Tahun 2022 (N1)	55
4.1.1.10 Area Terganggu (N0).....	56
4.1.1.11 Wilayah Tambang Pulau Maniang	58
4.1.1.12 Analisis Tinggi Vegetasi.....	61
4.1.1.13 Analisis Keanekaragaman Jenis dan Perbandingan Jumlah Spesies	66
4.1.1.14 Persentase Tumbuhan Penutup Tanah (<i>Cover Crop</i>)	69
4.1.2 Fauna Darat	76
4.1.2.1 Fauna Burung di WTU, WTT, WTS PT Antam Tbk	78
4.1.2.2 Fauna Burung di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM)	87
4.2 Insekta	90

4.3 Biota Sungai	113
4.3.1 Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Sungai di Area PT Antam	113
4.4 Mangrove	116
4.4.1 Vegetasi Mangrove	116
4.4.1.1 Analisis INP Vegetasi Mangrove di Pesisir Pantai Harapan, Pantai Sitado dan Pesisir Galangan	117
4.4.1.2 Analisis Tinggi Vegetasi Mangrove di Pesisir Pantai Harapan dan Pantai Sitado	119
4.4.2 Fauna Mangrove.....	121
4.4.2.1 Makrozoobentos Mangrove	121
4.4.2.2 Fauna Burung Mangrove	125
4.5 Biota Laut.....	129
4.5.1 Terumbu Karang	129
4.5.1.1 Kondisi Terumbu Karang Area Pemantauan Dekat, Jauh Aktivitas Antam, dan Kontrol.....	130
4.5.1.2 Kondisi Terumbu Karang Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	134
4.5.1.3 Kondisi Terumbu Karang Area Rehabilitasi	137
4.5.2 Invertebrata	138
4.5.2.1 Invertebrata di Area Perairan Sekitar Aktivitas Antam.	139
4.5.2.2 Invertebrata Area Perairan Sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	141
4.5.2.3 Invertebrata area Rehabilitasi	142
4.5.3 Ikan.....	143
4.5.3.1 Diversitas Ikan Karang pada Area Sekitar Aktivitas Antam..	144
4.5.3.2 Diversitas Ikan Karang pada Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	149
4.5.3.3 Diversitas Ikan Karang pada Area Rehabilitasi.....	152
4.5.4 Plankton	156
BAB 5 163	
5.1 Flora darat	163

5.1.1	Evaluasi Indeks Nilai Penting (INP).....	163
5.1.1.1	Wilayah Virgin (Alami).....	163
5.1.1.2	Area Revegetasi Tahun 2015 (N8)	165
5.1.1.3	Area Revegetasi Tahun 2016 (N7)	167
5.1.1.4	Area Revegetasi Tahun 2017 (N6)	169
5.1.1.5	Area Revegetasi Tahun 2018 (N5)	171
5.1.1.6	Area Revegetasi Tahun 2019 (N4)	173
5.1.1.7	Area Revegetasi Tahun 2020 (N3)	175
5.1.1.8	Area Revegetasi tahun 2021 (N2).....	176
5.1.1.9	Area Revegetasi tahun 2022 (N1).....	177
5.1.1.10	Area Pulau Maniang	178
5.1.2	Evaluasi Jumlah Jenis dan Indeks Keanekaragaman	180
5.1.3	Evaluasi Perbandingan Tinggi Flora.....	183
5.1.4	Evaluasi Persentase Tumbuhan Penutup Tanah (<i>Cover crop</i>).....	185
5.2	Fauna darat	188
5.2.1	Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTU, WTT, dan WTS.....	188
5.2.2	Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTPM	189
5.3	Plankton Sungai	190
5.3.1	Evaluasi Kelimpahan Plankton	190
5.3.2	Evaluasi Indeks Keanekaragaman Plankton	191
5.4	Ekosistem Mangrove.....	192
5.4.1	Evaluasi Jenis Vegetasi Mangrove.....	192
5.4.2	Evaluasi Tinggi Vegetasi Mangrove.....	194
5.4.3	Evaluasi Jenis Bentos Mangrove	196
5.4.4	Evaluasi Jumlah Jenis dan Keanekaragaman Fauna Burung Mangrove.....	199
5.5	Biota Laut.....	200
5.5.1	Evaluasi Perbandingan Substrat Karang.....	200
5.5.2	Evaluasi Perbandingan Spesies Invertebrata.....	205
5.5.3	Evaluasi Perbandingan Keanekaragaman dan Kelimpahan Ikan Karang.....	208

5.5.4 Evaluasi Keanekaragaman dan kelimpahan plankton laut.....	214
BAB 6 REKOMENDASI	220
6.1 Rekomendasi untuk Lingkungan Darat.....	220
6.2 Rekomendasi untuk Lingkungan Perairan Sungai	223
6.3 Rekomendasi untuk Lingkungan Mangrove	223
6.4 Rekomendasi untuk Lingkungan Perairan Laut.....	224
BAB 7 PENUTUP.....	226
DAFTAR PUSTAKA	227
LAMPIRAN.....	232
LAMPIRAN I	233
LAMPIRAN II	256
LAMPIRAN III.....	282
LAMPIRAN IV.....	310
LAMPIRAN V	335
LAMPIRAN VI.....	344
LAMPIRAN VII	404
LAMPIRAN VIII.....	409
LAMPIRAN IX.....	416
LAMPIRAN X.....	420
LAMPIRAN XI.....	421
LAMPIRAN XII	432
LAMPIRAN XIII.....	451
LAMPIRAN XIV.....	457

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Titik Pemantauan Flora dan Fauna PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka.	3
Gambar 3.1 Titik Pemantauan Flora Fauna	10
Gambar 3.2 Sketsa metode sampling <i>Nested Quadrat</i> (Plot Bertingkat).....	11
Gambar 3.3 Titik Pemantauan Serangga Darat.....	18
Gambar 3.4 Struktur Alat Pitfall Trap.....	20
Gambar 3.5 Struktur Alat Pan Trap	20
Gambar 3.6 Ilustrasi Metode Visual Survey	21
Gambar 3.7 Titik pemantauan biota sungai.	25
Gambar 3.8 Titik pemantauan mangrove.....	29
Gambar 3.9 Desain petak contoh berupa jalur berpetak (Ghufrona, 2015).	30
Gambar 3.10 Titik pemantauan biota laut.....	36
Gambar 4.1 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Virgin (Alami).....	43
Gambar 4.2 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2015 (N8).....	44
Gambar 4.3 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2016 (N7).....	46
Gambar 4.4 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2017 (N6).....	48
Gambar 4.5 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2018 (N5).....	49
Gambar 4.6 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2019 (N4).....	51
Gambar 4.7 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2020 (N3).....	53
Gambar 4.8 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2021 (N2).....	54
Gambar 4.9 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2022 (N1).....	55

Gambar 4.10	Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Terganggu (N0).....	57
Gambar 4.11	Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang.	59
Gambar 4.12	Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Bukit WSWD 003 (Rev. 2022), Wilayah Tambang Pulau Maniang.....	60
Gambar 4.13	Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023.	62
Gambar 4.14	Rerata tinggi pada delapan jenis tanaman di Area Revegetasi (N1-N7) di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023.	64
Gambar 4.15	Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM) semester I tahun 2023.	65
Gambar 4.16	Perbandingan jumlah spesies pada dua belas area pemantauan di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023.....	68
Gambar 4.17	Persentase penutupan tanah oleh tumbuhan <i>cover crop</i> di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023.	69
Gambar 4.18	(a) Monyet Digo yang dijumpai di Bukit Oscar, WTS (b) Jejak kaki Babi Hutan yang sering dijumpai di wilayah pengamatan.....	77
Gambar 4.19	Elang flores (<i>Nisaetus floris</i>), burung berstatus <i>Critically Endangered/CR</i> , yang dijumpai di area virgin, Wilayah Tambang Tengah.	80
Gambar 4.20	Kadalan sulawesi (<i>Rhamphococcyx calyrorhynchus</i>), burung endemik sulawesi yang sering dijumpai di beberapa wilayah pertambangan.	80

Gambar 4.21 Burung-madu sriganti (<i>Leptocoma aspasia</i>) yang memiliki kelimpahan relatif yang tinggi pada beberapa habitat di area pertambangan.	82
Gambar 4.22 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di PT. Antam Tbk.	84
Gambar 4.23 Proporsi jumlah jenis berdasarkan <i>feeding guild</i> pada masing-masing habitat di PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka.....	85
Gambar 4.24 Wiwik uncuung (<i>Cacomantis sepulcralis</i>) dari Famili Cuculidae, salah satu burung insektivora yang sering dijumpai di wilayah pengamatan.....	86
Gambar 4.25 Kehicap sulawesi (<i>Hypothymis puella</i>), salah satu burung endemik yang dijumpai di <i>Hauling Road</i> (area virgin), Pulau Maniang.....	88
Gambar 4.26 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di WTPM.	90
Gambar 4.27 Proporsi jumlah jenis berdasarkan <i>feeding guild</i> di seluruh habitat WTPM.	90
Gambar 4.28 Histogram perbandingan jumlah spesies serangga berdasarkan ordo serangga pada pemantauan 2023.....	96
Gambar 4.29 Histogram komposisi Ordo tiap stasiun, Angka dalam blok grafik merupakan jumlah spesies dari ordo/blok tersebut.....	98
Gambar 4.30 Histogram Perbandingan jumlah spesies serangga pada pemantauan 2023. Trendline menunjukkan adanya kenaikan jumlah spesies.....	98
Gambar 4.31 Kupu-kupu <i>Neptis columella</i> yang hinggap di daun Tirotasi.....	99
Gambar 4.32 Eksoskeleton Kumbang (Coleoptera) yang ditemukan pada lapukan kayu sengon.	101
Gambar 4.33 Histogram Indeks Keanekaragaman tiap stasiun. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data keseluruhan	

(gabungan hasil pengamatan dengan menggunakan tiga metode).....	102
Gambar 4.34 Histogram Indeks Keanekaragaman tiap stasiun. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data keseluruhan (gabungan hasil pengamatan dengan menggunakan tiga metode).....	103
Gambar 4.35 Semut dari spesies <i>Monomorium</i> sp. (Kiri) dan Capung <i>Neurothemis terminata</i>	104
Gambar 4.36 Histogram Indeks Keanekaragaman pada Bukit IV.V Area Terganggu.....	104
Gambar 4.37 Capung <i>Diploides trifialis</i> dan Anggang-anggang <i>Gerris</i> sp. yang ditemukan pada kolam begas galian di area terganggu	105
Gambar 4.38 Histogram Indeks Keanekaragaman Bukit Strada N+1.	105
Gambar 4.39 Capung spesies <i>Neurothemis stigmatizans</i>	106
Gambar 4.40 Histogram Indeks Keanekaragaman Bukit Strada N+2	106
Gambar 4.41 <i>Tricondyla pulchripes</i>	107
Gambar 4.42 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area bukit Oscar N+3	107
Gambar 4.43 <i>Orthetrum sabina</i>	108
Gambar 4.44 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Q N+4.	108
Gambar 4.45 <i>Megascolia procer</i>	109
Gambar 4.46 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit QT N+5	109
Gambar 4.47 <i>Camponotus</i> sp.	110
Gambar 4.48 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TY2 N+6....	110
Gambar 4.49 Wereng <i>Cixius</i> sp.	111
Gambar 4.50 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TY2 N+7	111
Gambar 4.51 Dua jenis semut, Semut rang-rang <i>Oecophylla smaragdina</i> (kiri) dan semut <i>Odontomachus</i> sp.....	112
Gambar 4.52 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TLE-TLF N+8	112
Gambar 4.53 <i>Danaus affinis</i>	113

Gambar 4.54 Keanekaragaman plankton sungai pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka Semester I 2023.....	114
Gambar 4.55 Kelimpahan Plankton pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka Semester I 2023.....	115
Gambar 4.56 Histogram Indeks Nilai Penting (%) jenis mangrove pada Pantai Harapan (PH), Sitado (ST) dan Pesisir Galangan (PG) di lokasi tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka tahun 2023, Semester 1.	117
Gambar 4.57 Rerata tinggi jenis vegetasi di kawasan Mangrove Pantai Harapan, Sitado, dan Pesisir Galangan pada pemantauan 2023 Semester I.	120
Gambar 4.58 Histogram Perbandingan Nilai Indeks Keanekaragaman Makrozoobenthos pada Lokasi Pemantauan PT. Antam Tbk. Semester I 2023.	123
Gambar 4.59 Cangak merah (<i>Ardea purpurea</i>), salah satu <i>water bird</i> yang sering dijumpai di kawasan mangrove PT. Antam, Tbk.	127
Gambar 4.60 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di kawasan mangrove.	128
Gambar 4.61 Proporsi jumlah jenis berdasarkan <i>feeding guild</i> di kawasan mangrove.	129
Gambar 4.62 Kondisi tutupan substrat pada area pemantauan Dekat Aktivitas Antam, Jauh Aktivitas Antam dan Kontrol tahun 2023 semester I.....	131
Gambar 4.63 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan yang Dekat Aktivitas Antam tahun 2023 semester I.....	132
Gambar 4.64 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan Jauh Aktivitas Antam tahun 2023 semester I.....	133

Gambar 4.65 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan area Kontrol tahun 2023 semester I.	134
Gambar 4.66 Kawah besar pada stasiun pemantauan Tj Leppe 2.....	134
Gambar 4.67 Penutupan substrat pada area pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tahun 2022 semester II.	135
Gambar 4.68 Penutupan substrat pada lokasi pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tahun 2023 semester I.	136
Gambar 4.69 Kondisi pecahan karang pada stasiun pemantauan AL 4 pemantauan tahun 2022 semester II (a), dibandingkan dengan periode pemantauan 2023 semester I (b).....	137
Gambar 4.70 Penutupan substrat wilayah rehabilitasi di Desa Hakatutobu pada lokasi pemantauan Dalam Keramba (Hakatutobu 1) dan Pantai Slag tahun 2023 semester I.....	137
Gambar 4.71 Kondisi nursery karang di area rehabilitasi Desa Hakatutobu pada lokasi pemantauan dalam Keramba (Hakatutobu 1).....	138
Gambar 4.72 Nilai Kelimpahan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area perairan laut sekitar aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka.	140
Gambar 4.73 Nilai Kepadatan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area perairan laut sekitar PLTU PT. Antam UBPN Kolaka.....	141
Gambar 4.74 Nilai Kepadatan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area Rehabilitasi Terumbu Karang PT. Antam UBPN Kolaka.	142
Gambar 4.75 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area sekitar Antam.....	145
Gambar 4.76 Koloni ikan mayor Famili Pomacentridae yang dijumpai pada zona <i>reef flat</i> area Maniang 2.	146
Gambar 4.77 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area sekitar Antam	147
Gambar 4.78 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area sekitar aktivitas Antam.	148

Gambar 4.79 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area PLTU.....	149
Gambar 4.80 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area PLTU.....	150
Gambar 4.81 Ikan mayor <i>Amphiprion ocellaris</i> Leppe – Maniang 2 dari Famili pomacentridae dan ikan indikator <i>Chaetodon benneti</i> yang dijumpai pada stasiun Hakatutobu 1 (Keramba dalam)dari Famili chaetodontidae dijumpai pada area PLTU AL4 (1000 meter arah Utara).	151
Gambar 4.82 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area PLTU.....	151
Gambar 4.83 Kondisi substrat pada PLTU AL 3.....	152
Gambar 4.84 <i>Hamphead/Napoleon (Cheilinus undulatus)</i> dan Ikan Napoleon <i>Bolbometopon muricatum</i> pada stasiun Hakatutobu 1 (keramba dalam).....	153
Gambar 4.85 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area rehabilitasi.	153
Gambar 4.86 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area Rehabilitasi.....	154
Gambar 4.87 Rehabilitasi karang pada area (a) Hakatutobu 1 (keramba dalam) dan (b) Pantai Slag.	155
Gambar 4.88 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area Rehabilitasi.....	155
Gambar 4.89 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam, Jauh dengan aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).....	157
Gambar 4.90 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam, Jauh dengan aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).....	158
Gambar 4.91 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).	159

Gambar 4.92 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).....	160
Gambar 4.93 Keanekaragaman Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutobu dan pantai Slag.....	161
Gambar 4.94 Kelimpahan Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutobu dan pantai Slag.	162
Gambar 5.1 Histogram perbandingan jumlah jenis flora darat pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk	181
Gambar 5.2 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.	182
Gambar 5.3 Histogram perbandingan tinggi berdasarkan kategorinya pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.....	183
Gambar 5.4 Histogram perbandingan tinggi tumbuhan pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.	185
Gambar 5.5 Histogram perbandingan persentase tumbuhan penutup tanah pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.....	186
Gambar 5.6 Histogram perbandingan jumlah spesies fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk.	188
Gambar 5.7 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 semester 1 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk.....	189
Gambar 5.8 Grafik evaluasi perbandingan jumlah spesies dan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 semester 1 di WTPM.	190
Gambar 5.9 Histogram perbandingan kelimpahan Fitoplankton dan Zooplankton pada periode pemantauan tahun 2022 Semester	

	1, tahun 2022 Semester 2, dan tahun 2023 Semester 1 di area Hulu dan Hilir Sungai.....	190
Gambar 5.10	Histogram perbandingan keanekaragaman Fitoplankton dan Zooplankton pada periode pemantauan tahun 2022 Semester 1, tahun 2022 Semester 2, dan tahun 2023 Semester 1 di area Hulu dan Hilir Sungai.....	191
Gambar 5.11	Grafik perbandingan jumlah spesies pada periode pemantauan tahun 2020, 2021 , 2022, dan 2023 di area Virgin Mangrove.....	193
Gambar 5.12	Grafik perbandingan jumlah spesies pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022, 2023 di area Virgin Mangrove.....	193
Gambar 5.13	Grafik perbandingan tinggi vegetasi mangrove yang memiliki nilai INP tertinggi pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, Semester I 2022, Semester II 2022, dan Semester I 2023 di area Rehabilitasi Mangrove.....	195
Gambar 5.14	Grafik perbandingan jumlah jenis bentos pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 (Semester I dan I) dan 2023 (Semester I) di area Virgin dan Rehabilitasi Mangrove.....	196
Gambar 5.15	Grafik perbandingan indeks keanekaragaman bentos pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 (Semester I) di area Virgin dan Rehabilitasi Mangrove.....	198
Gambar 5.16	Grafik evaluasi perbandingan jumlah spesies fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 semester 1 di kawasan mangrove.	199
Gambar 5.17	Data evaluasi tutupan karang area pemantauan Aktivitas Antam dan Kontrol.....	200
Gambar 5.18	Data evaluasi tutupan karang pemantauan PLTU.....	201
Gambar 5.19	Data evaluasi tutupan karang area Rehabilitasi.....	201
Gambar 5.20	<i>Sponge</i> (SP) ukuran besar jenis <i>Xestospongia testudinaria</i> yang dijumpai di lokasi pemantauan Pomala 1.	202
Gambar 5.21	Tutupan substrat <i>Nutrient Indicator Algae</i> (NIA) jenis <i>Padina</i> <i>sp</i> pada stasiun pemantauan Maniang 1.	203

Gambar 5.22	Pertumbuhan anakan karang yang dijumpai pada lokasi pemantauan Tg. Leppe 1.	205
Gambar 5.23	Pertumbuhan anakan karang yang dijumpai pada lokasi pemantauan Wt Kilat 1.	205
Gambar 5.24	Histogram perbandingan jumlah jenis invertebrata indikator di area sekitar aktivitas Antam pada tahun 2020, 2021, Semester I 2022, dan Semester II 2022.	206
Gambar 5.25	Histogram Perbandingan Jumlah Jenis Invertebrata di Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada Tahun 2020, 2021, Semester I 2022 dan Semester II 2022.	207
Gambar 5.26	Histogram Perbandingan Jumlah Jenis Indikator di Area Rehabilitasi pada Tahun 2020, 2021, Semester II 2022 dan Semester II 2022.	208
Gambar 5.27	Grafik evaluasi keanekaragaman ikan disekitar aktivitas Antam tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.	209
Gambar 5.28	Grafik evaluasi kelimpahan ikan disekitar aktivitas Antam pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.	210
Gambar 5.29	Grafik evaluasi keanekaragaman ikan pada area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.	211
Gambar 5.30	Grafik evaluasi kelimpahan ikan diarea Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.	212
Gambar 5.31	Grafik evaluasi keanekaragaman ikan diarea Rehabilitasi pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.	213

Gambar 5.32 Grafik evaluasi kelimpahan ikan diarea Rehabilitasi pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.	213
Gambar 5.33 Evaluasi Nilai Keanekeragaman Plankton Laut di Area Sekitar Aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester I.	214
Gambar 5.34 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester I.	215
Gambar 5.35 Evaluasi Nilai Keanekeragaman Plankton Laut di Area PLTU PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester I.	216
Gambar 5.36 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar PLTU PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester I.	217
Gambar 5.37 Evaluasi Keanekaragaman Plankton Laut di area sekitar Rehabilitasi PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester II.	218
Gambar 5.38 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar Rehabilitasi PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester II.	219

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Koordinat Lokasi Pemantauan Flora Fauna semester I tahun 2023.....	7
Tabel 3.2 Koordinat Lokasi Pemantauan Serangga Darat semester I tahun 2023	16
Tabel 3.3 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Sungai semester I tahun 2023	23
Tabel 3.4 Koordinat Lokasi Pemantauan Mangrove semester I tahun 2023.	28
Tabel 3.5 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Laut semester I tahun 2023.....	33
Tabel 4.1 Indeks Keanekaragaman (H') jenis tumbuhan berdasarkan Indeks Shannon-Wiener di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka , Semester I tahun 2023.....	66
Tabel 4.2 Jenis tumbuhan khas dan mendominasi di wilayah Antam.	73
Tabel 4.3 Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTU, WTT, dan WTS.....	79
Tabel 4.4 Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi di setiap habitat.	82
Tabel 4.5 Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTPM.....	87
Tabel 4.6 Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada masing-masing habitat di WTPM.	89
Tabel 4.7 Daftar jenis mangrove yang terpantau tumbuh di area Pantai Harapan, Sitado dan Pesisir Galangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka tahun 2023 Semester I.....	119
Tabel 4.8 Jumlah dan Species Makrozoobentos Mangrove yang Ditemukan di Enam Lokasi Pemantauan.	122
Tabel 4.9 Jumlah dan status konservasi fauna burung kawasan mangrove.	126
Tabel 4.10 Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada kawasan mangrove.	127
Tabel 4.11 Jenis jenis invertebrata indikator dan non indikator dalam metode <i>reef check</i>	139
Tabel 5.1 Komposisi jenis mangrove pada keempat periode pemantauan.	194
Tabel 5.2 Komposisi jenis benthos berdasarkan periode pemantauannya.....	197

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemantauan flora fauna dan biota perairan di wilayah pertambangan PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka sebagai implementasi penataan pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan lingkungan sesuai dengan pada dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Amdal) yang telah mendapatkan persetujuan pada Surat Keputusan Kelayakan Lingkungan Hidup No.188.45/162/2014 dan Izin Lingkungan Bupati Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara No.188.45/244/2017.

PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka, pada semester I tahun 2023, tetap konseisten dalam melakukan kegiatan Pemantauan flora fauna dan biota perairan, guna untuk mengidentifikasi dan mengetahui perubahan flora fauna dan biota perairan yang terjadi secara periodik. Hasil dari kegiatan pemantauan flora dan fauna akan bermanfaat bagi pemrakarsa maupun *stakeholder* terkait dalam beberapa hal sebagai berikut:

1. Melakukan evaluasi keberhasilan kinerja pengelolaan lingkungan yang telah dilakukan khususnya untuk Pemantauan flora fauna dan biota perairan.
2. Mendapatkan tanda peringatan sedini mungkin mengenai perubahan lingkungan yang tidak dikehendaki sehingga dapat mengambil keputusan cepat dan tepat dalam upaya perbaikannya.
3. Mengetahui kondisi terkini Pemantauan flora fauna dan biota perairan yang berada di area Izin Usaha Pertambangan (IUP) Pomalaa dan IUP Pulau Maniang.

Pelaksanaan kegiatan pemantauan flora dan fauna dilakukan dengan bekerjasama dengan laboratorium terakreditasi Balai Besar Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan Mineral Logam dan Maritim (BBIHPMM), Kementerian Perindustrian yang telah memiliki akreditasi dari KAN dengan nomor LP-110-IDN.

1.2 Tujuan

Tujuan pemantauan Pemantauan flora fauna dan biota perairan adalah:

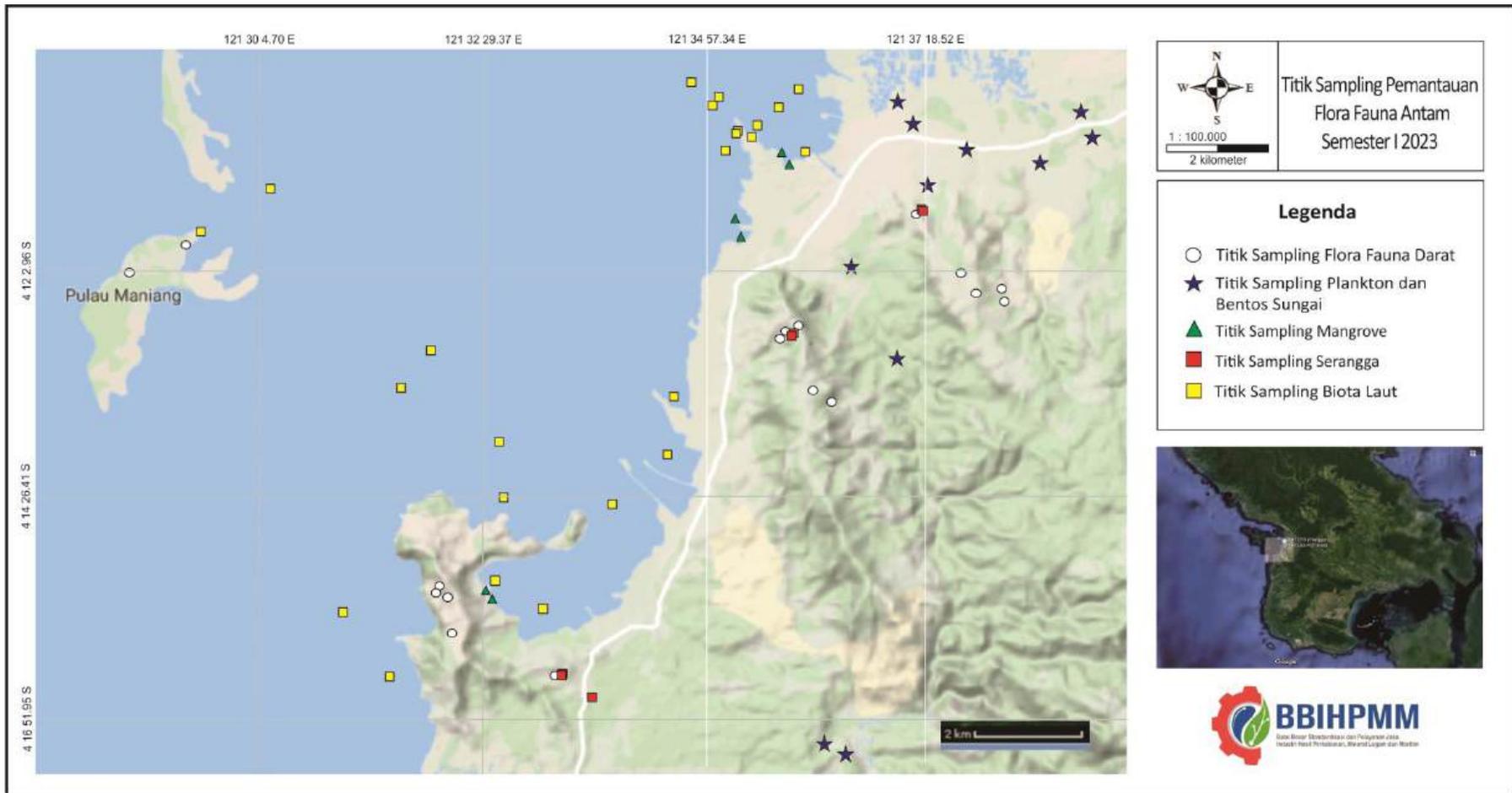
1. Memperoleh data yang digunakan sebagai laporan dalam pelaksanaan penegelolaan dan pemantauan.
2. Memberikan kemudahan kepada berbagai instansi terkait dalam pengawasan pelaksanaan Pengelolaan dan pemantauan lingkungan.
3. Tersedianya data-data bagi pemrakarsa untuk dimanfaatkan dalam melaksanakan sistem pengelolaan lingkungan yang berdasarkan prinsip-prinsip perbaikan secara terus menerus (*continual improvement*).

1.3 Waktu dan Lokasi Pemantauan

Kegiatan pemantauan flora fauna dan biota perairan semester I dilaksanakan pada periode bulan Agustus 2023. Lokasi kegiatan ini secara umum berada pada area $4^{\circ}12'20.55''-4^{\circ}11'6.79''$ LS dan $121^{\circ}35'26.94''-121^{\circ}36'59.75''$ BT di area Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka. Pelaksanaan kegiatan pemantauan flora dan fauna dilakukan di blok penambangan berikut:

1. Tambang Utara, IUP WSPM 016.
2. Tambang Tengah, IUP WSPM 014.
3. Tambang Selatan, IUP WSPM 017 dan WSPM 015.
4. Pulau Maniang, IUP WSWD 003.

Titik pemantauan dalam kegiatan ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1**



Gambar 1.1 Titik Pemantauan Flora dan Fauna PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka.

BAB 2

IDENTITAS PEMRAKARSA

2.1 Identitas Perusahaan

Nama Perusahaan/Pemrakarsa	: PT Antam Tbk UBPN Kolaka.
Jenis Badan Hukum	: Perseroan Terbatas (PT).
Alamat Perusahaan/Pemrakarsa	: Jl. Jend. Ahmad Yani No. 5 Pomalaa, Kab. Kolaka 93562, Sulawesi Tenggara.
Nomor Telepon	: +62-405 2310171
No. Fax	: +62-405 2310833
E-mail	: nickel.sultra@Antam.com
Status pemodalannya	: 65% Mining Industry Indonesia (MIND ID) dan 35% Publik.
Bidang usaha dan atau kegiatan	: Pertambangan Nikel.
SK AMDAL yang disetujui	: <ol style="list-style-type: none">1. SK Bupati Kolaka No. 30 Tahun 2005.2. SK Bupati Kolaka No. 188.45/162/2014 tentang Kelayakan lingkungan hidup addendum amdal, RKL-RPL proyek perluasan dan modernisasi pabrik feronikel Pomalaa kegiatan terpadu PT Antam Tbk UBPN Kolaka di Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara.3. SK Bupati Kolaka No. 188.45/244/2017 tentang perubahan atas keputusan Bupati Kolaka nomor 188.45/163/2014 tentang izin lingkungan addendum amdal, RKL-RPL proyek perluasan dan modernisasi pabrik feronikel Pomalaa kegiatan terpadu PT Antam Tbk UBPN Kolaka di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara.
Penanggung jawab	: Nilus Rahmat, S.T., M.Si.
Jabatan	: Kolaka Nikel Mining Business Unit

2.2 Identitas Pemrakarsa

1. Pelaksana : Balai Besar Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan Mineral Logam dan Maritim (BBIHPMM) Makassar, Kementerian Perindustrian.
2. Alamat Kantor : Jl. Prof. Dr. Abdurrahman Basalamah No. 28 Karampuang, Kec. Makassar, Kota Makassar 90231, Sulawesi Selatan .
3. Penanggung Jawab : Dr. Shinta Virdhian, MT.
4. Ketua Tim : Dr. Ambeng, M.Si
5. Tenaga Ahli *Terrestrial Biologist* : Drs. Muh. Ruslan Umar, M.Si.
6. Tenaga Ahli *Marine Biologist* : Drs. Willem Moka, M.Sc.
7. Tenaga Ahli *Entomologist* : Dr. Syahribulan, M.Si
8. Asisten Tenaga Ahli
 - a. Koordinator Umum : Muhammad Al Anshari, M.Si
 - b. Tim Flora, Fauna Darat dan Mangrove : Mega Karunia Sari. S.Si
: Nurul Magfirah Sukri, M.Si
: Ayub Wirabuana Putra, S.Si, M.Si.
: Mutiara Hikmah Shabrina, S.Si
: Yelni Adventina Pardosi
: Amelia Gabriel Kangsantoso
: Faet Hidayat
: Sita
 - c. Tim Biota perairan : Ilham, M.Si
: Agusrahman Ekaputra Abas, S.Si
: Saifullah Abdul Rasyid

BAB 3

METODE PEMANTAUAN LINGKUNGAN

3.1 Flora dan Fauna Darat

3.1.1 Lokasi Pemantauan

Pemantauan flora dan fauna di area IUP PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka, di lima area yaitu Wilayah Tambang Utara (WTU), Wilayah Tambang Tengah (WTT), Wilayah Tambang Selatan (WTS) dan Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM).

Titik pemantauan dalam kegiatan pemantauan flora dan fauna ini dibedakan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Area terganggu, yakni area yang merupakan area lahan terbuka dan masih aktif digunakan sebagai *front* penambangan maupun fasilitas penunjang misalnya *stockyard*.
2. Area revegetasi tahun pertama (revegetasi 2022), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia satu tahun atau kurang pada saat pelaksanaan pemantauan ini.
3. Area revegetasi tahun kedua (revegetasi 2021), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia satu tahun atau kurang pada saat pelaksanaan pemantauan ini.
4. Area revegetasi tahun ketiga (revegetasi 2020), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia di atas satu tahun dan kurang dari dua tahun pada saat pelaksanaan pemantauan ini.
5. Area revegetasi tahun keempat (revegetasi 2019), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia di atas dua tahun dan kurang dari tiga tahun pada saat pelaksanaan pemantauan ini.
6. Area revegetasi tahun kelima (revegetasi 2018), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia di atas tiga tahun dan kurang dari empat tahun pada saat pelaksanaan pemantauan ini.

7. Area revegetasi tahun keenam (revegetasi 2017), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia di atas tiga tahun dan kurang dari lima tahun pada saat pelaksanaan pemantauan ini.
8. Area revegetasi tahun ketujuh (revegetasi 2016), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia di atas lima tahun dan kurang dari enam tahun pada saat pelaksanaan pemantauan ini.
9. Area revegetasi tahun kedelapan (revegetasi 2015), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia di atas enam tahun dan kurang dari tujuh tahun pada saat pelaksanaan pemantauan ini atau lokasi rehabilitasi lahan bekas tambang lainnya yang dianggap cukup tua dan dapat dijadikan pembanding terhadap area revegetasi lainnya.
10. Area tidak terganggu/*virgin*, yakni area yang tertutup vegetasi pada area IUP PT Antam Tbk UBPN Kolaka yang tidak mendapat gangguan akibat operasi perusahaan dan dapat menjadi gambaran rona awal pada area tersebut.

Setiap kategori pemantauan tersebut digunakan sebagai dasar analisis pengaruh operasi perusahaan terhadap keberadaan flora dan fauna yang berada di area tersebut. Koordinat lokasi pemantauan atau titik-titik yang menjadi lokasi pemantauan flora dan fauna darat dalam kegiatan pemantauan ini untuk masing-masing dapat dilihat dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Koordinat Lokasi Pemantauan Flora Fauna semester I tahun 2023

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Area Terganggu			
Bukit V (area terganggu)*	UTM 51M 347709.268E 9535301.7N	4°12' 10.75" S 121°37'40.31" E	WTU
Bukit CF (area terganggu)	UTM 51M 338014.842E 9528752.268N	4° 15' 43.41" S 121° 32' 25.53" E	WTS
Area Revegetasi Tahun Pertama			

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Bukit Strada (revegetasi 2022)*	UTM 51M 347612.959E 9536388.33N	4° 11' 35.37" S 121° 37' 37.26" E	WTU
Area Revegetasi Tahun Kedua			
Bukit Strada (revegetasi 2021)*	UTM 51M 347614.435E 9536362.241N	4° 11' 36.22" S 121° 37' 37.3" E	WTU
Bukit Fortuner (revegetasi 2021)	UTM 51M 339748.543E 9527666.531N	4° 16' 18.87" S 121° 33' 21.7" E	WTS
Area Revegetasi Tahun Ketiga			
Bukit O (revegetasi 2020)*	UTM 51M 337472.199E 9529309.187N	4° 15' 25.25" S 121° 32' 7.97" E	WTS
Bukit Triton (revegetasi 2020)	UTM 51M 338092.295E 9527422.772N	4° 16' 26.71" S 121° 32' 27.97" E	WTS
Area Revegetasi Tahun Keempat			
Bukit Q (revegetasi 2019)*	UTM 51M 340264.073E 9528061.723N	4° 16' 6.03" S 121° 33' 38.44" E	WTS
Bukit Triton (revegetasi 2019)	UTM 51M 337561.64E 9527420.9N	4° 16' 26.73" S 121° 32' 10.76" E	WTS
Area Revegetasi Tahun Kelima			
Bukit Fortuner (revegetasi 2018)	UTM 51M 339626.953E 9527791.342N	4° 16' 14.80" S 121° 33' 17.76" E	WTS
Bukit QT (revegetasi 2018)*	UTM 51M 340506.23E 9527977.323N	4° 16' 8.80" S 121° 33' 46.30" E	WTS
Area Revegetasi Tahun Keenam			
Bukit TY.2 (revegetasi 2017)*	UTM 51M 343805.761E 9534245.917N	4° 12' 44.90" S 121° 35' 33.67" E	WTT
Bukit VI (revegetasi 2017)	UTM 51M 348067.49E 9535307.615N.	4° 12' 10.58" S 121° 37' 51.93" E	WTU
Area Revegetasi Tahun Ketujuh			
Bukit I (revegetasi 2016)	UTM 51M 346549.716E 9536646.974N	4° 11' 26.88" S 121° 37' 2.80" E	WTU
Bukit TY.2 (revegetasi 2017)	UTM 51M 343913.227E	4° 12' 42.80" S	WTT

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
2016)*	9534310.457N	121° 35' 37.16" E	
Area Revegetasi Tahun Kedelapan			
Bukit TLE-TLF (revegetasi 2015)*	UTM 51M 344719.248E 9532975.81N	4° 13' 26.31" S 121° 36' 3.22" E	WTT
Bukit III (revegetasi 2015)	UTM 51M 347322.775E 9535529.746N	4° 12' 3.30" S 121° 37' 27.80" E	WTU
Area Virgin			
Bukit VI (area virgin)*	UTM 51M 348112.479E 9535099.806N	4° 12' 17.34" S 121° 37' 53.38" E	WTU
Area Virgin	UTM 51M 345104.513E 9530952.606N	4° 14' 32.2" S 121° 36' 15.6" E	WTT
Bukit H (area virgin)	UTM 51M 337064.387E 9528007.856N	4° 16' 7.60" S 121° 31' 54.67" E	WTS
Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM)			
Bukit WSWD 003 (revegetasi 2022)	UTM 51M 332552.59E 9536254.75N	4° 11' 38.81" S 121° 29' 28.87" E	WTPM
<i>Stockyard</i> (area terganggu)	UTM 51M 332397.307E 9536347.735N	4° 11' 35.78" S 121° 29' 23.84" E	WTPM
<i>Houling road</i> (area virgin)	UTM 51M 331726.96E 9535703.87N	4° 11' 56.70" S 121° 29' 2.06" E	WTPM

Keterangan:

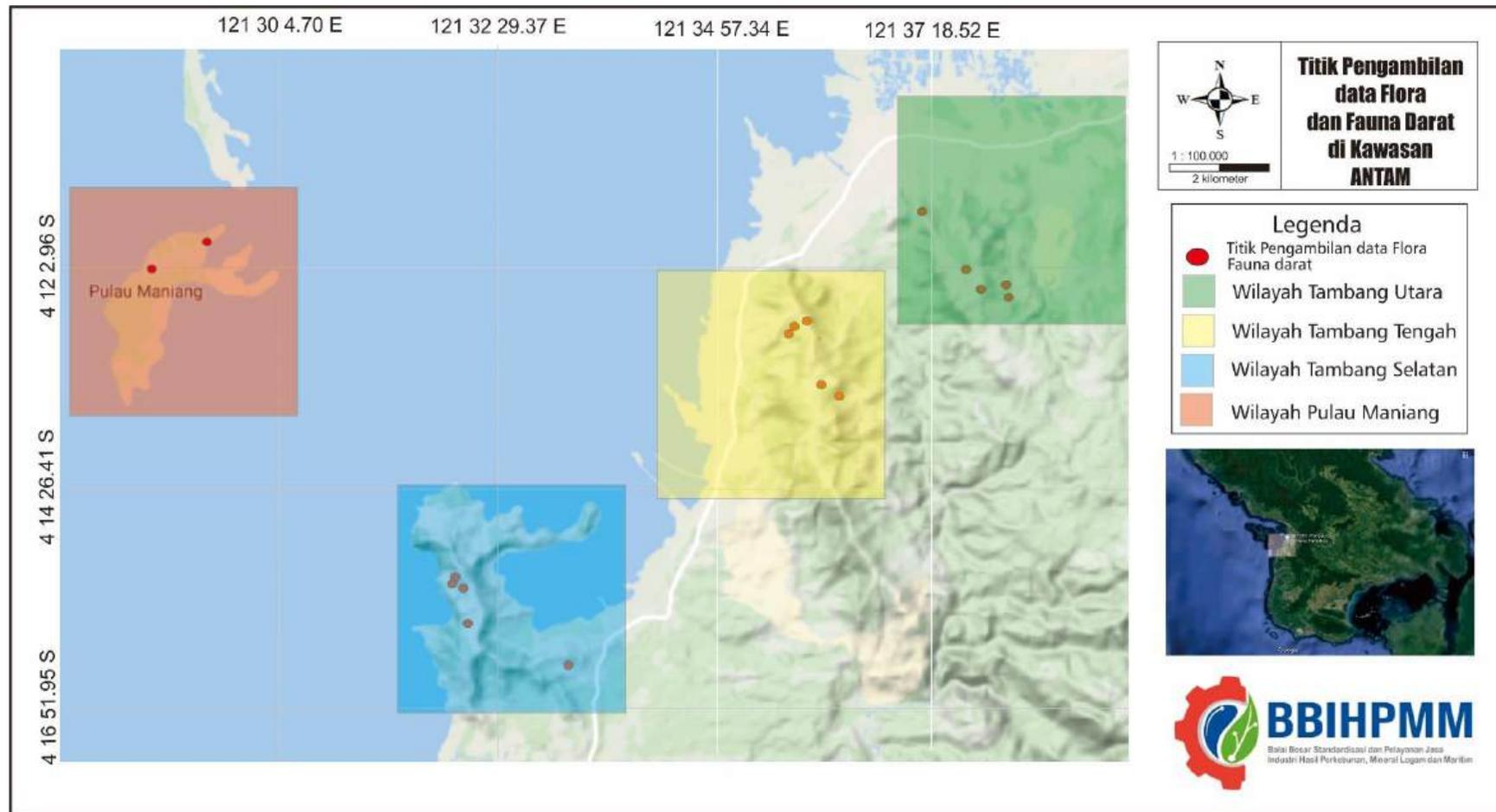
WTU : Area Tambang Utara

WTT : Area Tambang Timur

WTS : Area Tambang Selatan

WTPM : Area Tambang Pulau Maniang

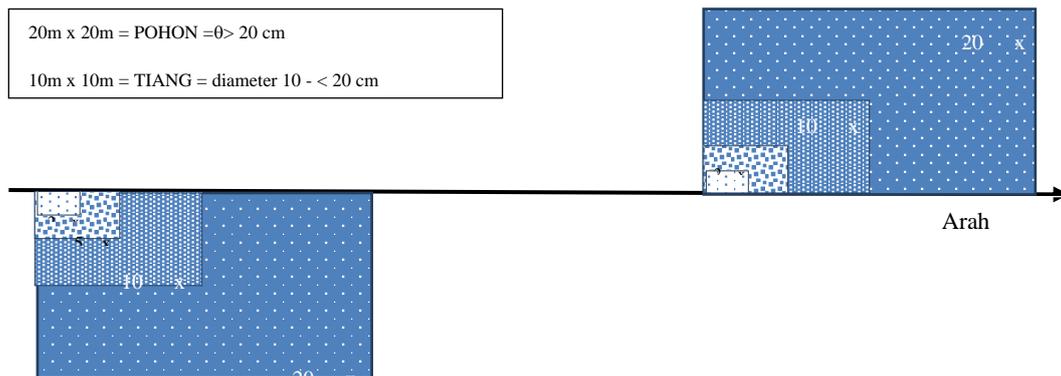
* : Lokasi pemantauan fauna darat (Serangga)



Gambar 3.1 Titik Pemantauan Flora Fauna

3.1.2 Pemantauan Flora Darat

Sampling flora menggunakan metode sampling plot bertingkat (*Nested Quadrat*) (Brower, 1997), yang terdiri atas plot ukuran 20 x 20 m, yang di dalam plot ini diletakkan plot ukuran 10 x 10 m, 5 x 5 m, dan 2 x 2 m, dengan sketsa seperti terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Sketsa metode sampling *Nested Quadrat* (Plot Bertingkat)

Pada setiap titik sampling dilakukan penempatan plot sebanyak lima buah, penempatan plot dilakukan secara sistematis. Parameter yang terukur berupa:

1. Habitus tumbuhan dengan kriteria sebagai berikut:
 - a. Pohon (diameter > 20 cm).
 - b. Tiang (diameter 10 - < 20 cm).
 - c. Pancang (diameter < 10 dengan tinggi $> 1,5$ m).
 - d. Semai (tinggi $< 1,5$ m).
2. Jenis atau spesies tumbuhan (pengenalan dan indentifikasi laboratorium).
3. Diameter batang (konversi ke luas basal area/luas batang).
4. Persentase penutupan tanah oleh tanaman penutup tanah (*cover crop*). Nilai persentase penutupan tanah oleh tanaman/tumbuhan *cover crop* dasar dilakukan dengan metode estimasi.

Analisis data flora yang diperoleh dari lapangan diolah dengan menggunakan rumus analisis vegetasi dengan tujuan mendapatkan informasi tentang Kerapatan Mutlak (KM), Kerapatan Relatif (KR%), Frekuensi Mutlak (FM), Frekuensi Relatif (FR%), Dominansi Mutlak (DM), Dominansi Relatif

(DRR), dan Indeks Nilai Penting (INP). Rumus dari masing-masing parameter tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

1. Kerapatan (*Density*).

Kerapatan/kepadatan merupakan nilai yang menggambarkan jumlah individu yang menjadi anggota populasi persatuan luas tertentu dalam suatu komunitas (kerapatan mutlak). Kerapatan relatif menunjukkan persentase jumlah individu populasi dalam komunitas.

a. **Kerapatan Mutlak** $\left(KM \frac{ind}{meter^2} \right) = \frac{Jumlah\ individu\ sp\ i}{Total\ luas\ plot} \dots\dots(3.1).$

b. **Kerapatan Relatif** (%) = $\frac{Kerapatan\ mutlak\ sp\ i}{Total\ kerapatan\ mutlak\ seluruh\ sp} \times 100\% \dots\dots(3.2).$

2. Frekuensi

Frekuensi merupakan nilai yang menggambarkan besaran derajat penyebaran dari individu populasi di dalam komunitas pada suatu area/kawasan. Frekuensi ditentukan berdasarkan atas kekerapan dari individu populasi dijumpai dalam sejumlah area plot/cuplikan. Nilai ini dipengaruhi oleh luas petak contoh, penyebaran tumbuhan dan ukuran individu tumbuhan.

a. **Frekuensi Mutlak** (*FM*) = $\frac{Jumlah\ plot\ yang\ di\ tempati\ sp\ i}{Jumlah\ semua\ plot} \dots\dots(3.3).$

b. **Frekuensi Relatif** (*FR*) = $\frac{Frekuensi\ mutlak\ sp\ i}{Total\ jumlah\ frekuensi\ seluruh\ sp} \times 100\% \dots\dots(3.4).$

3. Dominansi.

Nilai dominansi dinyatakan dalam nilai kerimbunan ataupun luas basal area (DBH), merupakan nilai atau variabel yang menggambarkan luas penutupan tajuk atau luas basal area yang ditempati individu jenis tumbuhan terhadap luasan tertentu dari permukaan tanah (DM), atau derajat penguasaan area atau tempat suatu spesies terhadap seluruh populasi yang ada dalam komunitas di suatu kawasan (DR%).

a. **Dominansi mutlak** (*DM*) = $\frac{Luas\ bidang\ dasar\ sp\ i}{Total\ luas\ plot} \dots\dots(3.5).$

$$b. \text{ **Dominansi Relatif (DR\%) = } \frac{\text{Dominansi mutlak sp } i}{\text{Total dominansi mutlak seluruh sp}} \dots\dots\dots(3.6).**$$

4. Indeks Nilai Penting (INP).

Indeks Nilai Penting merupakan nilai hasil penjumlahan dari kepadatan relatif (KR%) + Frekuensi relatif (FR%) + dominansi relatif (DR%). Nilai (tertinggi) ini merupakan nilai yang dapat dijadikan indikator untuk melihat peranan atau kemampuan suatu jenis beradaptasi (reproduksi, pertumbuhan, dan penguasaan lahan) terhadap suatu habitat. Nilai ini pula yang biasa dijadikan sebagai dasar untuk menentukan jenis atau nama dari suatu vegetasi ataupun komunitas.

$$a. \text{ *INP = KR\% + FR\% + DR\%*.....(3.7).$$

3.1.3 Pemantauan Fauna Darat

Data fauna burung diperoleh dengan menggunakan metode titik hitung (*Point Count*), *Visual Encounter Survey (VES)* dan *Sound Call Back*. Pengambilan data primer untuk analisis keanekaragaman burung dilakukan dengan *Point Count* dengan metode IPA (*Index Point of Abundance*) (Bibby *et al.*, 2000). Penentuan jalur dilakukan secara *purposive* berdasarkan tipe habitat, dengan jumlah titik sebanyak 5 titik pengamatan, dan jarak antar titik ±200 meter. Pendataan dilakukan selama 20 menit di tiap titik pengamatan. Dilakukan pencatatan terhadap burung yang dijumpai secara visual maupun non visual (suara), meliputi waktu perjumpaan, jenis dan jumlah burung, jarak antara pengamat dengan burung, dan aktivitas burung yang berada dalam radius 50 meter dari pengamat.

Metode *Visual Encounter Survey (VES)* digunakan untuk mencatat jenis tambahan. Data yang dicatat meliputi jenis fauna burung yang ditemukan di dalam maupun di luar transek. Pencatatan dilakukan di luar waktu pengamatan dengan metode titik hitung, seperti perjalanan menuju transek. Metode ini tidak menghitung jumlah individu yang ditemukan sehingga tidak dimasukkan ke dalam perhitungan kepadatan dan keanekaragaman namun digunakan untuk

mengetahui jumlah kekayaan jenis fauna burung secara kualitatif (Manley *et al.*, 2006).

Metode *Sound Call Back*, dilakukan di titik tertentu, selama waktu pengamatan. Metode menggunakan perekam suara dan mengeluarkan suara salah satu jenis burung. Metode ini efektif untuk memancing jenis burung dan menimbulkan reaksi teritorial dari burung yang bersangkutan, sehingga mau menghampiri (MacKinnon *et al.*, 2010).

Identifikasi spesies burung mengacu pada buku “Bird of the Philippines, Sumatra, Java, Bali, Sulawesi, The Lesser Sundas and The Moluccas” (Arlott, 2018). Serta identifikasi suara dengan merujuk ke database suara Bird of The World – Cornell Lab of Ornithology dan webarea xeno-canto.org. Sementara itu, untuk penamaan bahasa Indonesia, mengikuti Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia yang Disempurnakan dan nama Inggris dan Ilmiah yang diperbaharui mengikuti sumber data taksonomi Birds of The World – Cornell Lab of Ornithology.

Data yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis dengan indeks keanekaragaman, kelimpahan relatif, dominansi, dan pemerataan, sebagai berikut:

1. Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener (H')

Indeks keanekaragaman merupakan salah satu metode kuantifikasi untuk mengetahui keanekaragaman biota dalam suatu habitat. Indeks ini mengasumsikan bahwa individu disampel secara acak dari populasi besar yang independen dan jenis yang diperoleh telah cukup mempresentasikan sebagian besar jenis yang ada di suatu habitat (Bibi & Ali, 2013). Umumnya, nilai keanekaragaman tergambar dari 1.5 hingga 3.5, semakin tinggi nilai tersebut, maka keanekaragaman juga akan semakin tinggi (Krebs, 1985; Magurran, 2014). Indeks Shannon-Wiener dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$H' = - \sum Pi. Ln(Pi)$$

$$Pi = ni/N$$

Dimana :

H': Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener.

Pi : Probabilitas spesies (kepadatan relatif).

$\ln(p_i)$: Logaritma bilangan natural dari p_i .

n_i : Jumlah Spesies i

N : Jumlah jenis

Kriteria nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener: apabila $H' < 1$, maka keanekaragaman rendah; apabila $1 < H' \leq 3$, maka keanekaragaman sedang; dan apabila $H' > 3$, maka keanekaragaman tinggi.

2. Kelimpahan Relatif

Kelimpahan relatif adalah proporsi yang direpresentasikan oleh masing – masing spesies dari seluruh individu dalam suatu komunitas. Penentuan kelimpahan relatif dihitung dengan menggunakan rumus menurut Dahuri (2003) sebagai berikut :

$$KR = \frac{a}{a+b+c} \times 100\%$$

Dimana :

a : Jumlah individu jenis tertentu yang ditemukan

$a + b + c$: Jumlah keseluruhan jenis-jenis yang ditemukan

3. Indeks Dominansi Simpson (D)

Dominansi dihitung menggunakan indeks dominansi Simpson (D). Perhitungan dominansi dilakukan untuk mengetahui keberadaan jenis dominan pada suatu habitat. Jika suatu habitat didominasi oleh spesies tertentu, maka nilai indeks dominansinya akan 1 atau mendekati 1. Sebaliknya, jika nilai indeks dominansi yang diperoleh mendekati 0, maka tidak terdapat spesies yang sangat mendominasi di habitat tersebut (Boyce, 2015). Rumus perhitungan indeks dominansi Simpson sebagai berikut.

$$D = \frac{1}{\sum (P_i)^2}$$

Dimana :

D : Indeks dominansi Simpson

P_i : Probabilitas spesies (kepadatan relatif).

4. Indeks Kemerataan Pileou (E)

Keanekaragaman disuatu suatu habitat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu jumlah jenis dan pemerataan jumlah individu antar jenis (Magurran,

2014). Sehingga, selain indeks keanekaragaman, perlu juga dilakukan analisis terhadap pemerataan jenis. Jumlah individu antar spesies dinyatakan merata apabila nilainya 1 atau mendekati 1, sebaliknya jumlah individu tidak merata (kemerataan rendah) apabila nilainya mendekati 0 (Boyce, 2015). Kemerataan dihitung dengan menggunakan Indeks pemerataan sebagai berikut.

$$E = H' / \ln S$$

Dimana :

E: Nilai Indeks pemerataan Pielou

H': Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S: Jumlah yang ditemukan

3.2 Pemantauan Serangga Darat

3.2.1 Lokasi Pemantauan Serangga Darat

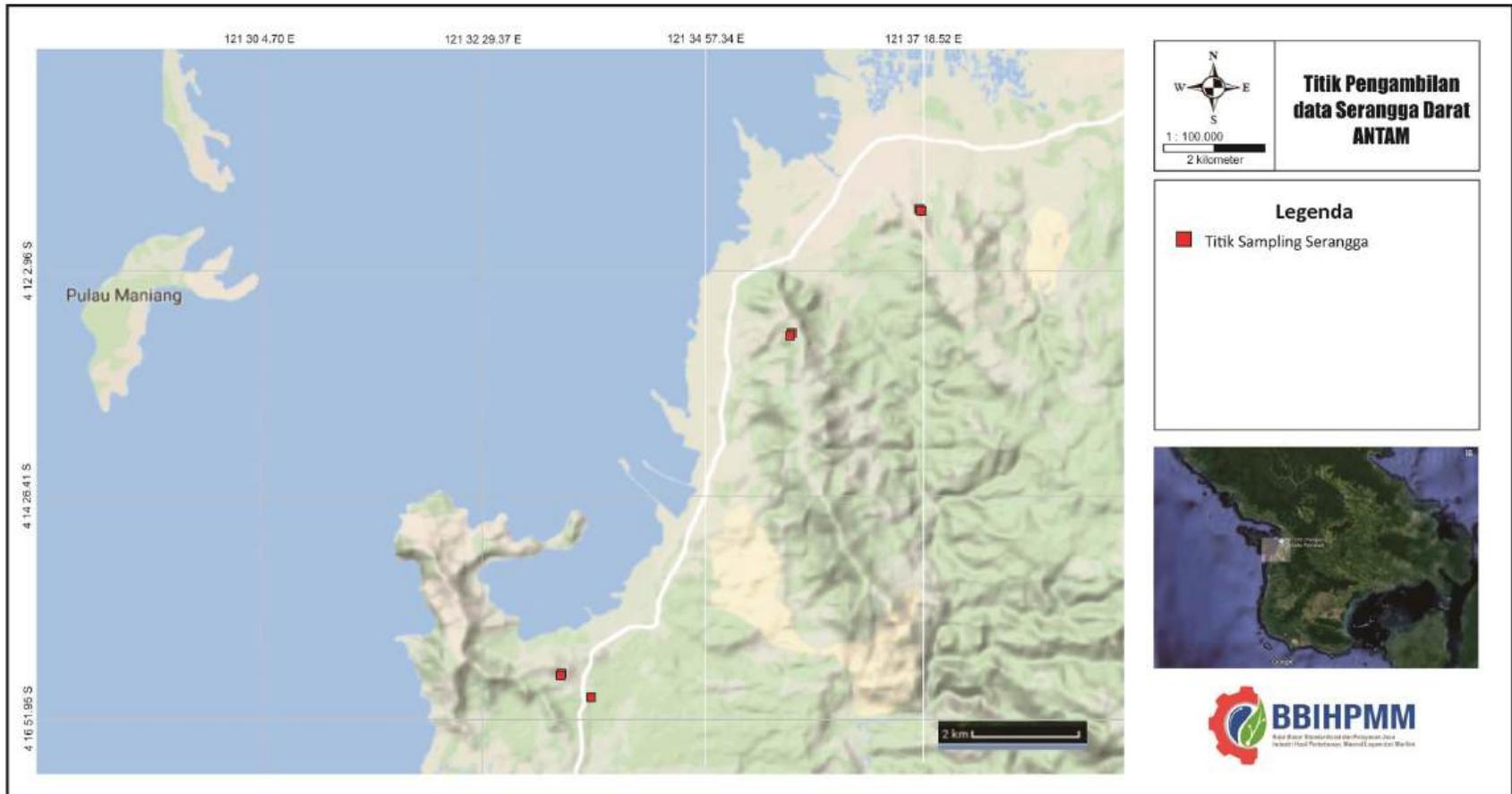
Pemantauan flora dan fauna di area IUP PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka, di lima area yaitu Wilayah Tambang Utara (WTU), Wilayah Tambang Tengah (WTT), dan Wilayah Tambang Selatan (WTS)..

Setiap kategori pemantauan tersebut digunakan sebagai dasar analisis pengaruh operasi perusahaan terhadap keberadaan serangga darat yang berada di area tersebut. Koordinat lokasi pemantauan atau titik-titik yang menjadi lokasi pemantauan serangga darat dalam kegiatan pemantauan ini untuk masing-masing dapat dilihat dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Koordinat Lokasi Pemantauan Serangga Darat semester I tahun 2023

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Lokasi
Area Virgin (Bukit VI)	51M 348130.527E 9535099.153N	WTU
Area Terganggu (Bukit IV-V)	51M 347709.268E 9535301.7N	
N+1 (Bukit Strada)	51M 347612.959E 9536388.33N	
N+2 (Bukit Strada)	51M 347518.965E 953619.839N	
N+3 (Bukit Oscar)	51M 337472.199E 9529309.187N	WTS

N+4 (Bukit Q)	51M 340264.073E 9528061.723N	
N+5 (Bukit QT)	51M 340580.236E 9527971.004N	
N+6 (Bukit TY2)	51M 343806.762E 9534104.805N	
N+7 (Bukit TY2)	51M 343990.486E 9534355.775N	WTT
N+8 (Bukit TLE-TLF)	51M 344750.649E 9533020.271N	



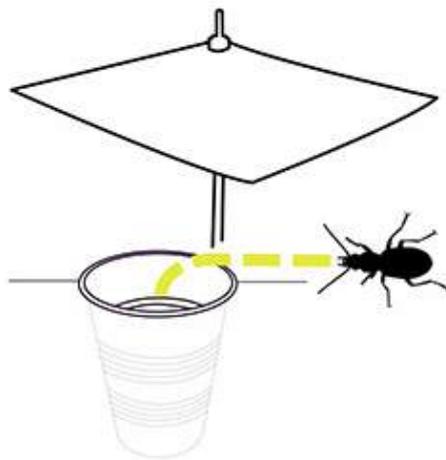
Gambar 3.3 Titik Pemantauan Serangga Darat

3.2.2 Metode Pemantauan Serangga Darat

Secara umum, terdapat dua cara pendataan atau pengambilan sampel serangga yaitu pengkoleksian data secara aktif ataupun secara pasif. Pada prinsipnya, pengkoleksian secara aktif dilakukan dengan metode eksplorasi/visual survey dalam area yang telah ditentukan, sedang pengkoleksian secara pasif identik dengan penggunaan perangkap yang di pasang pada lokasi tertentu sesuai dengan habitat kelompok serangga yang menjadi target. Dalam pemantauan ini, metode yang digunakan merupakan kombinasi antara keduanya berupa metode *Malaise Trapping*, *Pitfall Trapping*, *Pan Trapping*, *Light Trapping* dan *Active Visual Surveys* dengan standarisasi metode mengacu pada Montgomery et. al (2021) sebagai berikut:

1. Pitfall Trapping

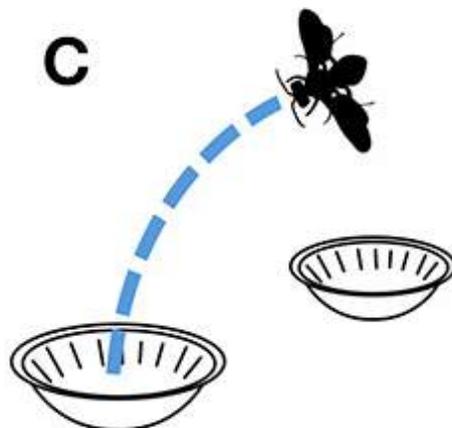
Pitfall Trapping merupakan metode yang umum digunakan untuk mengkoleksi serangga-serangga yang hidup di bawah permukaan tanah. alat ini berupa wadah yang di letakan terbenam dimana mulut wadah sejajar dengan permukaan tanah dengan struktur corong menutupi bagian atasnya. Agar lubang masuk tidak tertutupi air atau dedaunan, di pasang struktur atap tepat diatas lubang perangkap seperti pada gambar 3.4. Prinsip kerja alat ini memanfaatkan perilaku serangga yang berjalan di permukaan tanah, melewati permukaan corong kemudian masuk kedalam wadah perangkap. Struktur corong pada bagian atas menyulitkan serangga untuk keluar. Serangga yang terperangkap kemudian di koleksi keesokan harinya untuk di identifikasi lebih lanjut. Sebagai atraktan (zat pemikat), di dalam wadah perangkap di tuangkan larutan propylene glycol atau air sabun. Metode ini sesuai untuk pengkoleksian serangga-serangga tanah dari ordo Coleoptera (kumbang) khususnya dari familia Carabidae dan Staphylinidae dan Hymenoptera (Semut).



Gambar 3.4 Struktur Alat Pitfall Trap

2. Pan Trapping

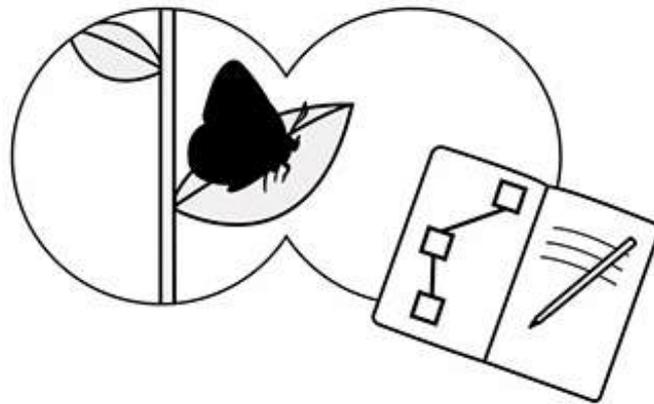
Pan trap merupakan metode pengkoleksian serangga dengan menggunakan wadah yang terisi dengan cairan (air sabun atau propylene glycol) yang di pasang untuk menarik serangga (Gambar 3.5). Selain aroma cairan, alat ini memanfaatkan warna pada wadah sebagai daya tarik serangga. Warna yang paling disukai adalah warna kuning. Pan trap dapat dibuat dari wadah apapun yang dapat menampung cairan (biasanya plastik sekali pakai). Ukuran penampang tidak mempengaruhi hasil tangkapan. Umumnya digunakan wadah berdiameter 7 cm. Wadah perangkap dapat di tepatkan di atas permukaan tanah atau dapat ditanamkan di antara substract untuk membuat efek kamuflase. Metode ini sesuai untuk pengkoleksian serangga-serangga dari ordo Hemiptera (Kutu daun), Thysanoptera (Trips), Hymenoptera (Lebah and Tawon parasit), Diptera (Lalat), Coleoptera (kumbang), dan Orthoptera (Belalang).



Gambar 3.5 Struktur Alat Pan Trap

3. Active Visual Survey

Active visual Survey merupakan metode yang paling umum digunakan untuk mencatat kehadiran dan diversitas serangga yang dapat dengan mudah diidentifikasi secara visual di lapangan. Alat bantu utama dalam metode ini ialah teropong binokuler dan net atau jaring. Area pengamatan dapat di batasi oleh garis transek dengan batasan maksimal pengamatan 5 meter kanan dan kiri. Selain itu, dapat pula menggunakan point count area atau menentukan pengamatan di titik-titik tertentu kemudian menghitung jumlah individu serangga dari titik tersebut dalam waktu tertentu. Kedua pendekatan ini dapat disesuaikan dengan kondisi lokasi pengamatan. Jenis serangga yang sulit diidentifikasi dapat di tangkap menggunakan net untuk di koleksi kemudian diidentifikasi selanjutnya. Metode ini hanya sesuai untuk kelompok serangga berukuran besar seperti kupu-kupu (Papilionidae), capung (Odonata) atau lebah besar (Apidae) yang dapat dengan mudah dikenali atau didokumentasikan oleh kamera di lapangan.



Gambar 3.6 Ilustrasi Metode Visual Survey

3.2.3 Analisis Data

Semua serangga yang di peroleh dari masing-masing metode pengambilan data di pisahkan terlebih dahulu ke tingkat morfospesies (teknik identifikasi berdasarkan morfologi specimen), kemudian diidentifikasi ke tingkat genera dan, jika memungkinkan, ke tingkat jenis. Data serangga yang telah diidentifikasi kemudian di analisis secara deskriptif untuk melihat perubahan terhadap parameter keberadaan, distribusi, kelimpahan, keanekaragaman dan komposisi jenis dalam periode waktu tertentu seperti berikut ini.

1. Keberadaan dan distribusi: perubahan pada keberadaan dan distribusi serangga merupakan indikator penting bagaimana proses perubahan suatu lingkungan atau penggunaan lahan berdampak pada keberadaan organisme di dalamnya. Melakukan estimasi terhadap keberadaan dan distribusi serangga membutuhkan data identifikasi dari taxa serangga di sebuah lokasi (kehadiran/presence) dan data tambahan berupa taxa lain yang tidak di jumpai (ketiadaan /absence).
2. Kelimpahan: kelimpahan suatu taxa serangga dapat memberikan informasi terkait fungsi suatu ekosistem. Data kelimpahan merujuk kepada jumlah individu yang dihitung pada saat survey visual maupun menggunakan perangkat. Perbedaan metode sampling tentunya akan menunjukkan hasil kelimpahan yang berbeda. Sehingga dilakukan perhitungan Sampling Effort (SE) pada masing- masing metode dengan formula sebagai berikut (Willot, 2001):

$$SE = \frac{N}{t}$$

Dimana N = Jumlah individu; t = total waktu pengambilan sampel

3. Keanekaragaman dan komposisi jenis: perubahan pada komposisi jenis dan tingkat keanekaragaman dapat mengindikasikan bagaimana suatu komunitas serangga merespon perubahan lingkungan. Pendekatan ini memerlukan data jumlah individu masing masing taxa dalam sebuah komunitas serangga dengan ekspektasi sampling dilakukan merata kepada setiap taxa. Nilai keanekaragaman dapat di hitung menggunakan formula Indeks Shannon-winner yaitu:

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

Dimana, n_i = Jumlah individu jenis ke-I;
 s = Jumlah spesies;
 N = Jumlah total individu.

3.3 Pemantauan Biota Sungai

3.3.1 Lokasi Pemantauan

Titik pemantauan dalam kegiatan pemantauan biota air di sungai dibedakan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Hilir, yakni titik pemantauan pada aliran sungai yang dan memiliki potensi menerima dampak akibat operasi perusahaan.
2. Hulu, yakni titik pemantauan pada aliran sungai yang sama dengan pemantauan biota sungai pada hilir dan berada di lokasi yang lebih hulu dan diduga belum mendapatkan gangguan akibat operasi perusahaan.
3. Kedua kategori pemantauan biota sungai digunakan untuk membandingkan pengaruh operasi perusahaan terhadap badan air di lokasi tersebut. Adapun titik lokasi pemantauan dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan koordinat lokasi pemantauan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Sungai semester I tahun 2023

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Sungai Huko-huko (hilir), Tambang Utara.	UTM 51M 351309.11E 9537381.761N	4°11'3.23"S 121°39'37.18"E	WTU
Sungai Huko-huko (hulu), Tambang Utara.	UTM 51M 352393.934E 9537274.947N	4°11'6.77" S 121°40'12.35"E	WTU
Sungai Pelambua (hilir), Tambang Utara.	UTM 51M 348060.539E 9537859.381N	4°11'13.13" S 121°37'49.5" E	WTU
Sungai Pelambua (hulu), Tambang Utara.	UTM 51M 347989.26E 9537071.902N	4 °11'8.89" S 121 ° 37' 49.5" E	WTU
Sungai Tonggoni (hilir), Tambang Utara.	UTM 51M 346817.204E 9538155.759N	4 °10'37.77" S 121 °37'11.55" E	WTU
Sungai Tonggoni (hulu), Tambang Utara.	UTM 51M 347102.87E 9537200.455N	4 °10'37.79" S 121 °37'11.55"E	WTU
Sungai Pesouha (hilir), Tambang Utara.	UTM 51M 349377.004E 9538162.432N	4 °10'37.7" S 121 °38'34.56"E	WTU
Sungai Pesohua (hulu), Tambang Utara.	UTM 51M 349137.585E 9537636.277N	4 °10'54.82"S 121 °38'26.77"E	WTU

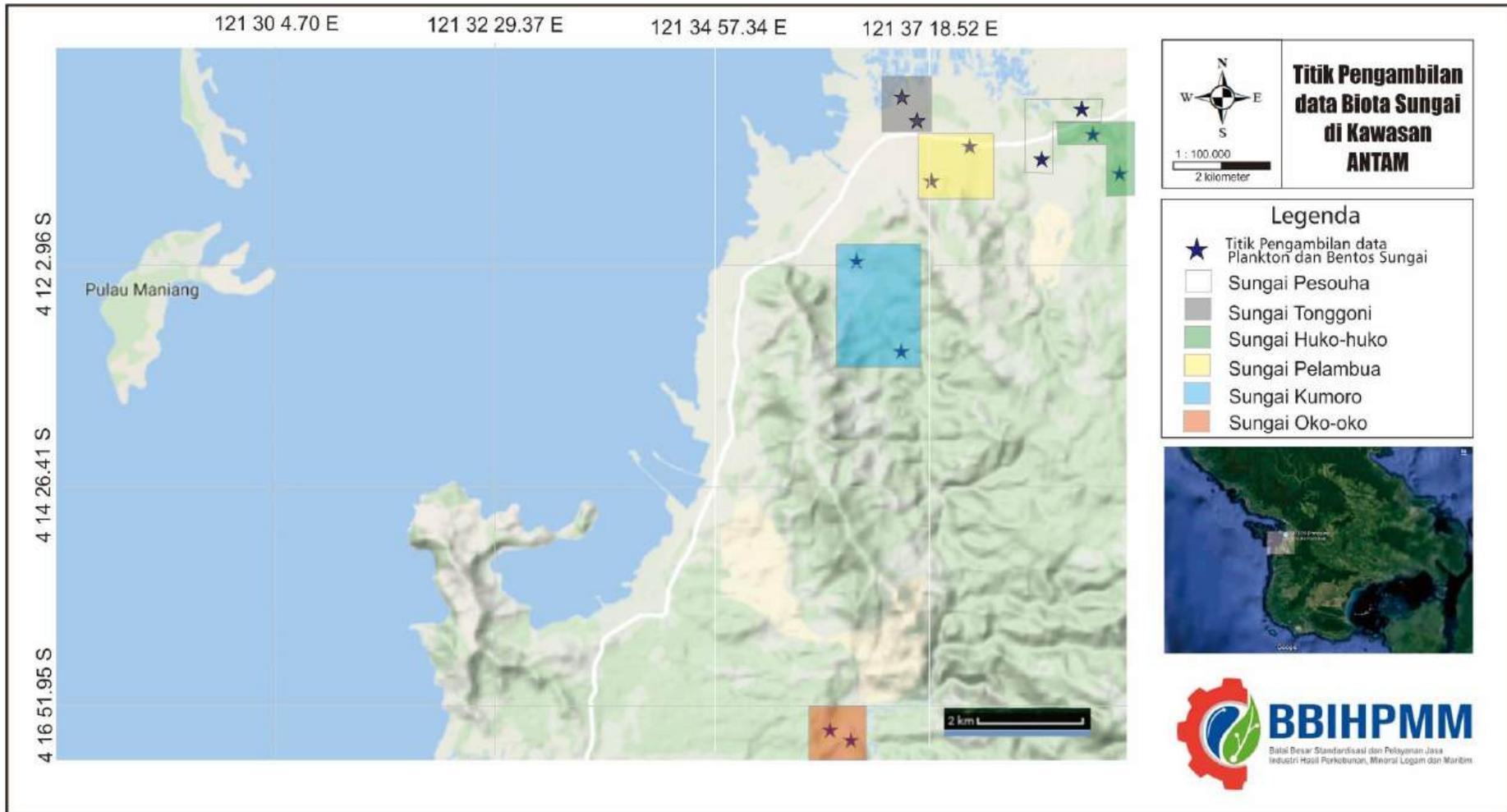
Sungai Kumoro (hilir), Tambang Tengah.	UTM 51M 344912.673E 9535836.531N	4 °12'19.22" S 121 °36'9.61"E	WTT
Sungai Kumoro (hulu), Tambang Tengah.	UTM 51M 346259.03E 9534168.309N	4 °12'59.06" S 121 °37'4.58" E	WTT
Sungai Oko-oko (hilir), Tambang Selatan.	UTM 51M 351309.112E 9537381.132N	4 ° 18'23.79" S 121 ° 37' 4.58" E	WTS
Sungai Oko-oko (hulu), Tambang Selatan.	UTM 51M 343617.284E 9523836.949N	4 °18'7.55" S 121 ° 35' 16.37" E	WTS

Keterangan:

WTU : Area Tambang Utara

WTT : Area Tambang Timur

WTS : Area Tambang Selatan



Gambar 3.7 Titik pemantauan biota sungai.

3.3.2 Metode Pemantauan Bentos

Pemantauan bentos dilakukan dengan mengolah data bentos untuk memperoleh data kepadatan dan keanekaragaman spesies. Setelah sampel diambil, kemudian dilakukan pembersihan dan pengamatan secara visual untuk mendapatkan ciri-ciri morfologi, menghitung jumlah spesies dan jumlah individu masing-masing spesies, serta melakukan identifikasi mengacu kepada buku pedoman. Setelah diperoleh data berupa nama spesies dan jumlah spesies yang ditemukan kemudian dicari nilai kepadatan dan keanekaragaman populasi menggunakan rumus berikut:

1. Densitas

Untuk mengetahui densitas masing-masing spesies dicari jumlah individu suatu spesies per satuan luas.

$$Densitas = \frac{Jumlah\ individu}{Satuan\ luas} \dots\dots\dots(3.10).$$

2. Diversitas (Keanekaragaman Spesies)

Indeks diversitas dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener sebagai berikut:

$$H' = -\sum_{i=1}^s \frac{ni}{N} \ln \frac{ni}{N} \dots\dots\dots(3.11).$$

Keterangan :

H': Indeks keragaman Shanon-Wiener.

Ni : Jumlah organisme ke i.

N : Jumlah total organisme

3.3.3 Metode Pemantauan Plankton

Pengambilan sampel plankton dilakukan dengan mengambil 50 liter air, kemudian menyaringnya menggunakan planktonet (Fachrul, 2007; Nonji, 2008). Selanjutnya dipindahkan ke dalam botol sampel, kemudian ditambahkan pengawet Lugol dan diberi label sesuai dengan stasiunnya.

Sampel plankton tersebut kemudian dianalisis di laboratorium, untuk identifikasi jenis plankton, dan selanjutnya dilakukan analisis data. Identifikasi genera plankton, dilakukan berdasarkan karakteristik morfologi yang dicocokkan dengan referensi yaitu “*Planktonology*” (Sachlan, 1972), dan “*The Marine and*

"*Fresh-Water Plankton*" oleh (Davis, 1955). Kelimpahan fitoplankton dihitung berdasarkan metoda sapuan diatas *Sedgwick Rafter Counting Cell* (SRCC). Kelimpahan plankton dinyatakan secara kuantitatif dalam jumlah sel/liter. Dihitung berdasarkan rumus (Fachrul, 2007):

$$N = n \times \left(\frac{V_r}{V_0}\right) \times \left(\frac{1}{V_s}\right) \dots \dots \dots (3.11).$$

Diketahui :

N = Jumlah sel per liter.

n = jumlah sel yang diamati.

V_r = volume sampel (ml).

V₀ = Volume air yang diamati (pada SRC) (ml).

V_s = Volume air yang tersaring.

Untuk mengukur indeks keragaman (*diversity*) dan indeks keseragaman (*Regularity*) menggunakan rumus indeks keragaman Shannon-Wiener (H') dan Indeks Keseragaman Evenness berikut I (Fachrul, 2007):

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad P_i = \frac{n_i}{N} \dots \dots \dots (3.12).$$

$$E = \frac{H'}{H'_{maks}} \quad H'_{Maks} = \ln s \dots \dots \dots (3.13).$$

Diketahui :

n_i = Jumlah individu jenis ke-I s = Jumlah spesies

N = Jumlah total individu

Kemudian dari kedua nilai H' dan E dicocokkan dengan standar tolak ukur yang akan memberikan gambaran mengenai kondisi lingkungan pada perairan yang dipantau.

3.4 Pemantauan Mangrove

3.4.1 Lokasi Pemantauan

Titik pemantauan mangrove dalam kegiatan pemantauan flora dan fauna ini dibedakan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Area revegetasi, yakni area lahan mangrove yang telah dilakukan rehabilitasi.
2. Area tidak terganggu/*virgin*, yakni area mangrove yang tertutup vegetasi pada area IUP PT Antam Tbk UBPN Kolaka yang tidak mendapat gangguan akibat operasi perusahaan dan dapat menjadi gambaran rona awal pada area tersebut.

Setiap kategori pemantauan tersebut digunakan sebagai dasar analisis pengaruh operasi perusahaan terhadap keberadaan flora dan fauna yang berada di area tersebut. Lebih lanjut lagi titik-titik yang menjadi lokasi pemantauan mangrove dalam kegiatan pemantauan ini untuk masing-masing blok penambangan dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan koordinat lokasi pemantauan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Koordinat Lokasi Pemantauan Mangrove semester I tahun 2023.

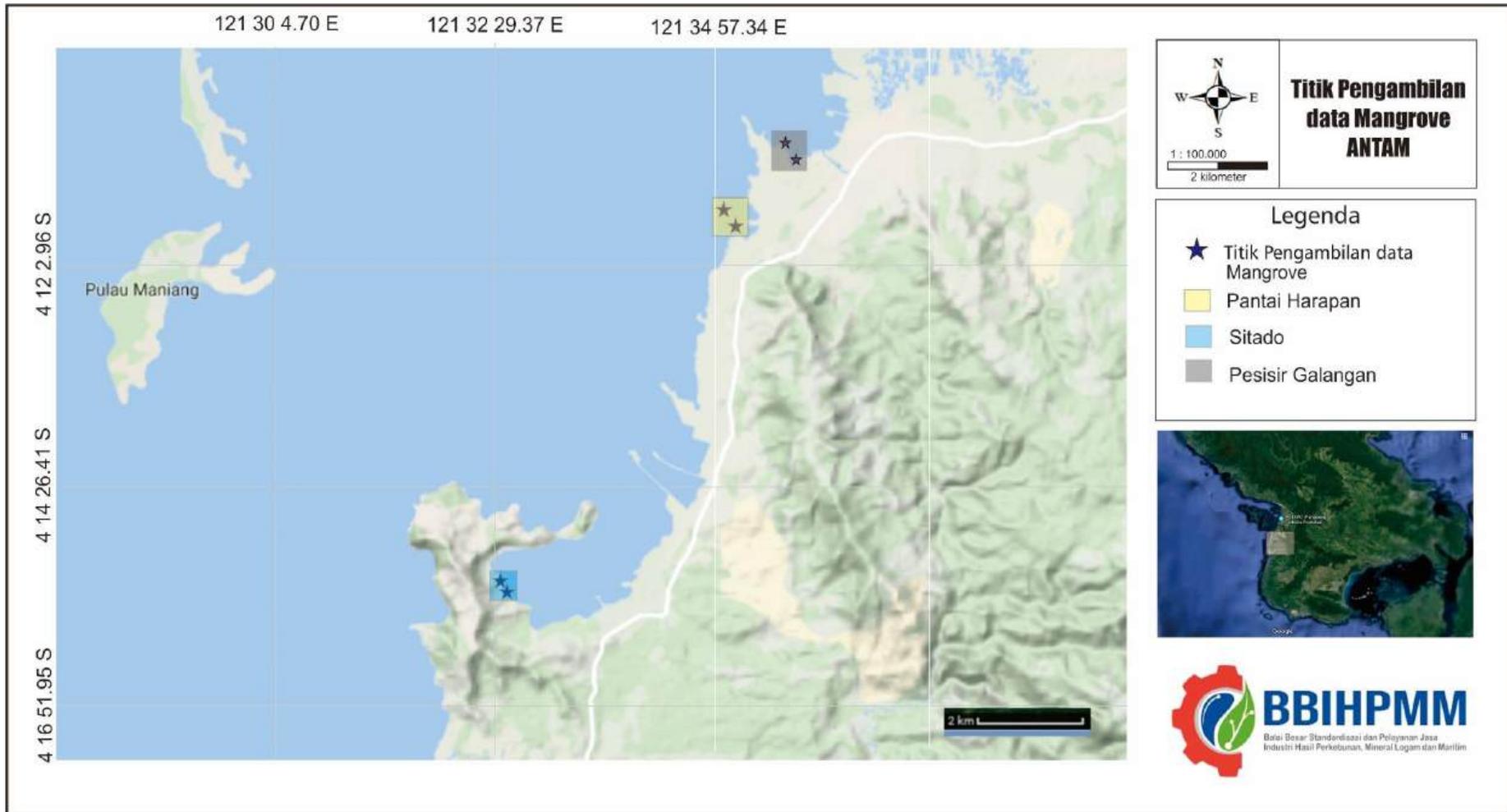
Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Area rehabilitasi mangrove, Pantai Harapan	UTM 51M 343854.674E 9536577.874N	4° 11' 28.98" S 121° 35' 35.40" E	WTU
Area virgin mangrove, Pantai Harapan	UTM 51M 344049.242E 9536340.354N	4° 11' 36.72" S 121° 35' 41.69" E	WTU
Area rehabilitasi mangrove, Pesisir Galangan	UTM 51M 345338.515E 9537672.028N	4° 10' 53.68" S 121° 36' 23.9" E	WTU
Area virgin mangrove, Pesisir Galangan	UTM 51M 345197.298E 9537652.884N	4° 10' 54.05" S 121° 36' 18.99" E	WTU
Area rehabilitasi mangrove, Sitado	UTM 51M 338088.713E 9529294.053N	4° 15' 25.78" S 121° 32' 27.97" E	WTS
Area virgin mangrove, Sitado	UTM 51M 337985.026E 9529430.942N	4° 15' 21.32" S 121° 32' 24.61" E	WTS

Keterangan:

WTU : Area Tambang Utara

WTU : Pesisir Galangan

WTS : Area Tambang Selatan



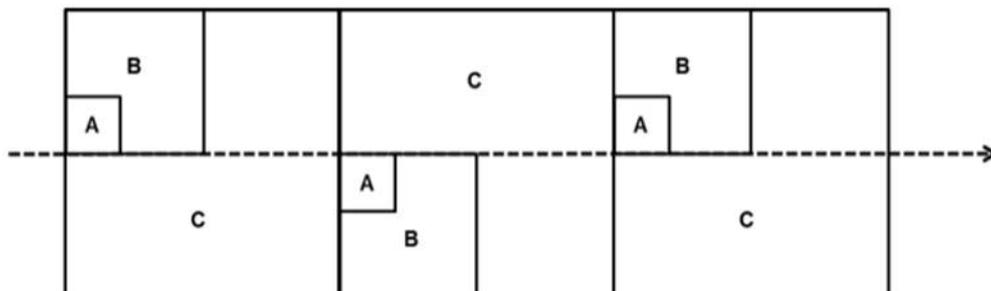
Gambar 3.8 Titik pemantauan mangrove

3.4.2 Metode Pemantauan Vegetasi Mangrove

Metode pemantauan vegetasi mangrove dilakukan dengan menggunakan ukuran sub-petak contoh untuk setiap tingkat pertumbuhan vegetasi yang diamati adalah sebagai berikut (Hidayat, 2010):

1. Sub Plot 2 x 2m untuk inventarisasi bibit (tumbuhan berkayu dengan tinggi $\leq 1,5$ m),
2. Sub plot 5 x 5m untuk inventarisasi pancang (tumbuhan berkayu dengan diameter < 10 cm dan tinggi $> 1,5$ m), serta
3. Sub plot 10 x 10m untuk inventarisasi pohon (tumbuhan berkayu dengan diameter ≥ 10 cm dan tinggi > 1.5 m)

Petak contoh dibuat dengan metode kombinasi antara metode jalur dengan metode garis berpetak. Arah jalur petak contoh dibuat memotong kontur atau tegak lurus garis pantai (tepi laut/selat). Adapun desain petak contoh tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut:



Gambar 3.9 Desain petak contoh berupa jalur berpetak (Ghufrona, 2015).

3.4.3 Analisis Vegetasi Mangrove

Analisis vegetasi mangrove dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus berikut (Fachrul, 2007; Mernisa & Oktamarsetyani, 2017).

- a. Kerapatan = $\frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas area sampling/total luas plot}}$
- b. Frekuensi = $\frac{\text{Jumlah plot ditemukannya jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot}}$
- c. Dominansi = $\frac{\text{Jumlah luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh bidang dasar}}$

Luas area sampling/total luas plot

Keterangan :

Kriteria nilai indeks dominansi :

- $0 < C \leq 0.5$: Tidak ada jenis (spesies) yang mendominasi (komunitas stabil)
 $0.5 < C \leq 1$: Terdapat jenis (spesies) yang mendominasi (komunitas tidak stabil)

d. Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman dianalisis dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener (Hutcheson, 1970); (Kassim *et al.*, 2018) .

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Keterangan :

H' : Indeks keanekaragaman (shanon-Wiener)

n_i : Jumlah total individu species (i)

N : Jumlah total individu seluruh jenis

S : Jumlah spesies yang ditemukan

\sum : jumlah dari spesies 1 ke spesies S

Data hasil pengukuran di lapangan, akan diolah untuk digunakan dalam menghitung luas bidang dasar sebagai dasar penentuan dominansi tumbuhan dengan menggunakan rumus:

$$LBDS = \pi/4.d^2$$

Dimana :

LBDS = Luas Bidang dasar

d = Diameter batang pohon

π = 3,14

3.4.4 Metode Pemantauan Fauna Mangrove

Pengambilan benthos pada area mangrove dilakukan dengan menggunakan metode purposive sampling menggunakan plot 1x1m yang diletakkan pada 10 titik di area ini. Pada setiap plot akan dilakukan penggalian dengan dimensi 25x25x15 cm, kemudian diayak menggunakan ayakan untuk memisahkan bentos dengan substratnya (Kumar dan Khan, 2013) .

Penggunaan metode purposive sampling bertujuan untuk memperoleh data kekayaan jenis yang maksimal pada setiap titik. Pengambilan sampel dilakukan

dengan menggunakan ayakan atau drag sampler yang akan ditarik secara perlahan dibagian dasar, permukaan batu dan pinggiran sungai (Barkia *et al.*, 2014). Untuk sampel yang dapat terlihat oleh mata langsung diambil menggunakan tangan (Cameron dan Schroeter, 1980; Barkia *et al.*, 2014).

Metode pengambilan sampel fauna mangrove (aves) dan analisis data telah dijelaskan sebelumnya pada metode pemantauan fauna darat.

III.5. Pemantauan Biota Laut

3.4.5 Lokasi Pemantauan

Titik pemantauan dalam kegiatan pemantauan biota air di laut dibedakan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Dekat aktivitas Antam yakni titik pemantauan pada laut yang berada pada lokasi yang dekat dengan aktivitas perusahaan dan berpotensi mendapatkan dampak dan masih memungkinkan mendapatkan data-data plankton, nekton dan bentos.
2. Jauh aktivitas Antam yakni titik pemantauan pada laut yang berada cukup jauh dari aktivitas perusahaan namun masih dalam satu kawasan dengan titik dekat aktivitas. Antam dan digunakan sebagai pembanding pengaruh operasi perusahaan terhadap biota laut.
3. Stasiun kontrol yakni titik pemantauan biota laut yang bertujuan mendapatkan data pada lokasi-lokasi yang cukup jauh dari berbagai gangguan baik berupa dampak dari aktivitas operasi perusahaan maupun gangguan yang bukan dari aktivitas Antam. Stasiun ini berada pada laut di tengah-tengah antara Tg. Leppe dan Pulau Maniang.

Khusus untuk pemantauan biota laut untuk aktivitas Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) titik pemantauan ditentukan mengacu kepada dokumen Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) Pembangunan dan Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan Kapasitas Maksimum 2x75 MW dan Fasilitas Penunjangnya di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara, Tahun 2011. Pada RPL tersebut ditetapkan sembilan titik pemantauan biota laut berdasarkan hasil modelling terhadap persebaran air buangan dan arus laut. Pada RPL ini lokasi pemantauan biota laut berada pada beberapa lokasi yakni

pada jarak 100 m, 500m dan 1000m dari titik outlet masing-masing ke arah utara, selatan dan barat dari titik outlet pembuangan air pendingin.

PT Antam Tbk UBPN Kolaka melakukan upaya rehabilitasi terumbu karang yang berada di keramba masyarakat Desa Hakatutobu. Pada lokasi ini terdapat dua stasiun pemantauan yakni di dalam keramba yang merupakan area rehabilitasi dan di luar keramba sebagai kontrol. Titik pemantauan Biota laut tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan koordinat lokasi pemantauan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Laut semester I tahun 2023.

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Area Pemantauan Dekat dan Jauh Aktivitas Antam			
Pelabuhan Pomalaa 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Utara.	UTM 51M 0344657 9537816	4°10'48.71" S 121°36'1.48" E	WTU
Pelabuhan Pomalaa 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Utara.	UTM 51M 0344911 9538060	4°10'40.78" S 121°36'9.73 E	WTU
Latumbi 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Tengah	UTM 51M 341660.161E 9533873.709N	4°12'56.89" S 121°34'24.07" E	WTT
Latumbi 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Tengah.	UTM 51M 341118.204E 9534871.615N	4°12'24.37 E 121°34'6.55" E	WTT
Sitado 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Selatan	UTM 51M 338049.259E 9529551.66N	4°15' 17.39" S 121°32' 26.7" E	WTS
Sitado 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Selatan	UTM 51M 339299.179 9528878.169	4°15'39.39 E 121°33'7.2" E	WTS
Tg. Leppe 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Selatan.	UTM 51M 0338685 9531322	4°14'19.79" S 121°32'47.43" E	WTS
Tg. Leppe 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Selatan.	UTM 51M 0338947E 9532522N	4°13'40.74" S 121°32'56.0" E	WTS

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Watu Kilat 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Selatan.	UTM 51M 336449.003E 9527816.985N	4°16'13.77" S 121°31'34.7 E	WTS
Watu Kilat 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Selatan.	UTM 51M 0335523 9528941	4°15'37.12" S 121°31'4.74" E	WTS
Pulau Maniang 1 (dekat aktivitas Antam), Pulau Maniang.	UTM 51M 0332423 9536134	4°11'42.74" S 121°29'24.66" E	PM
Pulau Maniang 2 (jauh aktivitas Antam), Pulau Maniang.	UTM 51M 0334450 9536889	4°11'18.28" S 121°30'30.44" E	PM
PLTU			
PLTU AL 2 (100m arah utara), Tambang Utara.	UTM 51M 0343432 9538334	4°10'31.78" S 121°35'21.79" E	WTU
PLTU AL 3 (500m arah utara), Tambang Utara.	UTM 51M 0343937 9538679	4°10'20.57" S 121°35'38.18" E	WTU
PLTU AL 4 (1000m arah utara), Tambang Utara	UTM 51M 0344330 9539213	4°10'3.21" S 121°35'50.96" E	WTU
PLTU AL 5 (100m arah Selatan), Tambang Utara.	UTM 51M 343354.06E 9538466.508N	4°10'27.44" S 121°35'19.27" E	WTU
PLTU AL 6 (500m arah selatan), Tambang Utara.	UTM 51M 342961.676E 9538404.576N	4°10'29.44" S 121°35'6.54" E	WTU
PLTU AL 7 (1000m arah selatan), Tambang Utara.	UTM 51M 342827 9537809	4°10'48.83" S 121°35'2.14" E	WTU
PLTU AL 8 (100m arah Barat), Tambang Utara.	UTM 51M 343207.058E 9538455.078N	4°10'27.81" S 121°35'14.5" E	WTU
PLTU AL 9 (500m arah Barat), Tambang Utara.	UTM 51M 0342910 9538917	4°10'12.76" S 121°35'4.89" E	WTU
PLTU AL 10 (1000m arah	UTM 51M 0342566	4°10'3.2" S	WTU

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Barat), Tambang Utara.	9539210	121°34'53.76" E	
Stasiun antara Tg. Leppe dan Pulau Maniang			
Leppe-Maniang 1 (Stasiun antara Tg. Leppe – P. Maniang).	UTM 51M 336547.06 9533611.937	4°13' 5.1" S 121° 31' 38.24"E	LM
Leppe-Maniang 2 (Stasiun antara Tg. Leppe – P. Maniang).	UTM 51M 0337373 9534720	4°12'29.08" S 121°32'5.09" E	LM
Rehabilitasi Terumbu Karang Desa Hakatutobu			
Hakatutobu 1 (dalam keramba), Tambang Selatan.	UTM 51M 0340740 9530934	4°14'32.55" S 121°33'54.05" E	WTS
Rehabilitasi Karang Pantai Slag	UTM 51S 343769.371E 9538070.939N	4°10'40.35" S 121°35'32.71" E	WTU

Keterangan:

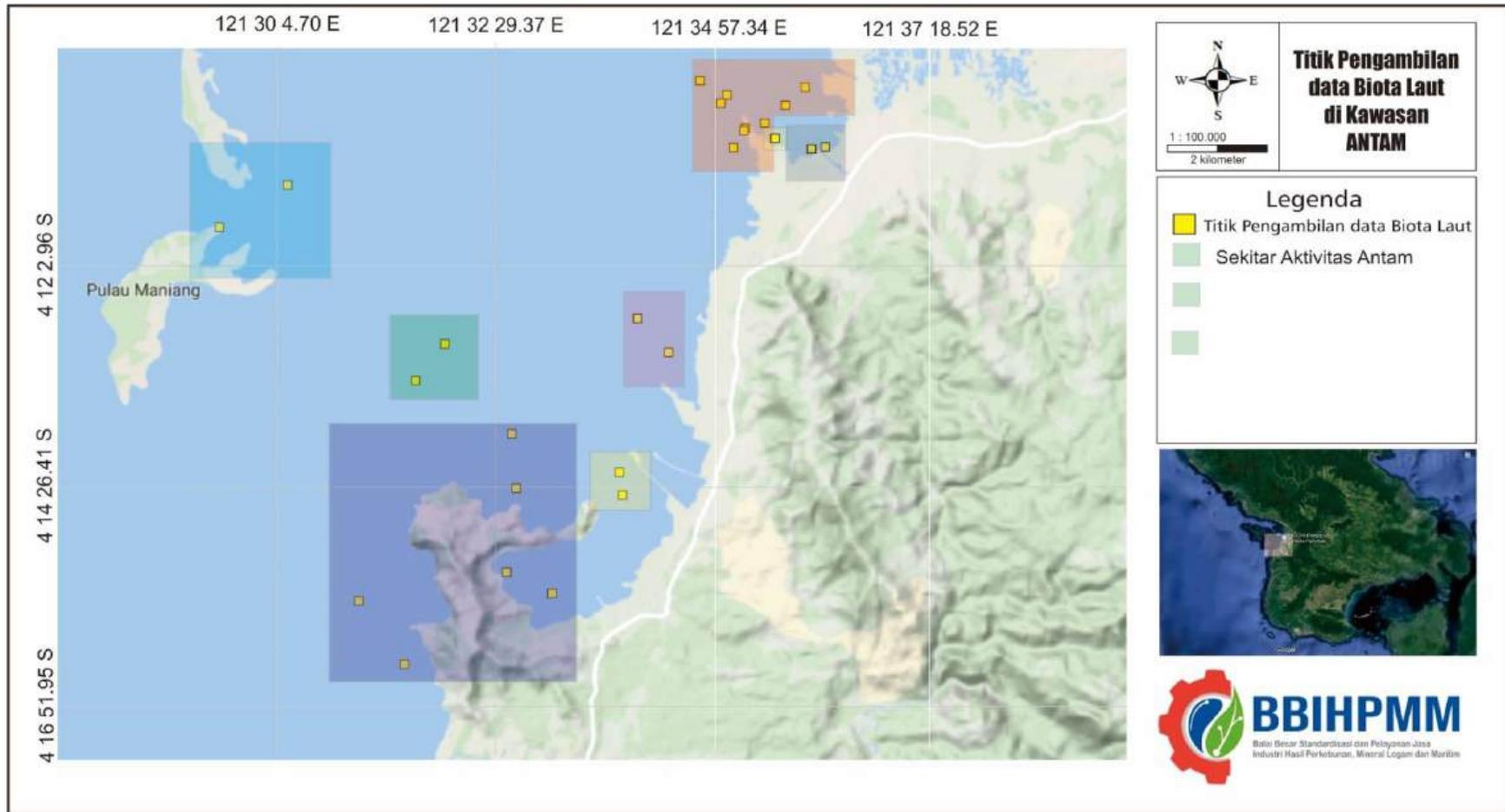
WTU : Area Tambang Utara

WTT : Area Tambang Timur

WTS : Area Tambang Selatan

PM : Pulau Maniang

LM : Leppe – Maniang



Gambar 3.10 Titik pemantauan biota laut.

3.4.6 Metode Pemantauan Terumbu Karang

Pengambilan data karang dilakukan dengan menggunakan metode transek garis (*line transect*) yang mengacu pada standar *Reef Check International*. Meteran sepanjang 100 meter dibentangkan di setiap stasiun pada *reef flat* dan *reef slop*. Transek sepanjang 100 meter dibagi menjadi empat segmen. Masing-masing segmen dipisahkan dengan jarak 5m ($20 + 5 + 20 + 5 + 20 + 5 + 20 = 95$). Data karang diambil disepanjang garis transek yang berada di bawah meteran pada setiap interval 0.5 meter dimulai dari 0.0 m, 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m dan seterusnya hingga 19.5 m 40 titik data per 20 meter bagian transek. Data yang telah terkumpul kemudian diolah dengan menggunakan *software reef check*.

Kategori jenis substrat yang diamati mengacu pada standar *Reef Check International*, yakni sebagai berikut:

1. *Hard Coral* (HC): Karang keras termasuk karang hidup yang memutih, karang api (*Millepora*), karang biru (*Heliopora*) dan karang pipa (*Tubipora*).
2. *Soft Coral* (SC): Karang lunak, termasuk *zoanthids*, tapi bukan anemone laut.
3. *Nutrient Indikator Alga* (NIA): Alga indikator nutrient, kecuali koralin alga, *Halimeda*, dan turf alga.
4. *Recently Killed Coral* (RKC): Karang yang baru saja mati dalam waktu kurang dari satu tahun, strukturnya masih lengkap/belum terkikis.
5. *Sponge* (SP): Spons kecuali Tunikata.
6. *Rock* (RC): Batu, substrat apapun yang ditutup turf alga atau koralin alga, dan karang yang mati lebih dari setahun, dalam literature lain disebut sebagai *Dead Coral Algae* (DCA).
7. *Rubble* (RB): Pecahan karang dengan diameter arah terpanjang 0.5 dan 15 cm.
8. *Sand* (SD): Pasir atau partikel yang ukurannya yang lebih kecil dari 0.5 cm.
9. *Silt/clay* (SI): Lumpur atau lempung.
10. *Other* (OT): semua organisme diam/tidak bergerak termasuk anemone laut, tunikata, gorgonian atau substrat abiotik.

Kondisi ekosistem terumbu karang pada lokasi pemantauan ditentukan berdasarkan persentase tutupan karang hidup (HC) dengan kriteria CRITC-COREMAP LIPI menurut Gomez & Yap (1988) sebagai berikut:

- **Rusak** apabila persen tutupan karang hidup antara **0-24,9%**.

- **Sedang** apabila persen tutupan karang hidup antara **25-49,9%**.
- **Baik** apabila persen tutupan karang hidup antara **50-74,9%**.
- **Sangat Baik** apabila persen tutupan karang hidup **75-100%**.

3.4.7 Metode Pemantauan Bentos/Invertebrata

Pemantauan invertebrata dilakukan dengan metode transek sabuk (*belt transect*) sepanjang 100 meter yang mengacu pada standar *Reef Check International*. Disepanjang garis transek terdapat empat sabuk/plot yang memiliki ukuran panjang 20 meter dan lebar 5 meter. Pada saat pengambilan data, penyelam bergerak membentuk huruf “S” secara perlahan disepanjang garis transek untuk menghitung invertebrata indikator. Posisi terbaik untuk mendata invertebrata adalah wajah menghadap kebawah dan kaki di atas. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua celah batu dan karang telah diperiksa dengan baik. Data yang telah terkumpul kemudian diolah dengan menggunakan *software Reef Check*.

Kategori indikator keberadaan karang berdasarkan standar *Reef Check International*, adalah sebagai berikut:

1. *Banded Coral Shrimp*: Udang karang *Stenopus hispidus*.
2. *Diadema Urchin*: Bulu babi jenis *Diadema* spp., *Echinothrix diadema*.
3. *Pencil urchin*: Bulu babi duri pencil *Heterocentrotus mammillatus*.
4. *Collector Urchin*: Bulu babi jenis *Tripneustes* spp.
5. *Crown Of Thorns* (COTs): Bulu seribu *Acanthaster planci*.
6. Triton: kerang triton *Charonia triton.s*
7. Lobster *Panulirus versicolor*.
8. *Giant Clam*: Kima *Tridacna* spp.
9. *Sea Cucumber*: Teripang dengan jenis *Thelenata ananas*, *Stichopus cloronatus*, dan *Holothuria edulis*.

3.4.8 Metode Pemantauan Ikan

Pemantauan ikan/*nekton* dilakukan dengan metode UVC (*Underwater Visual Census*). Disepanjang garis transek sepanjang 100 meter, lebar 5 meter (2,5 meter ke kiri dan 2,5 meter ke kanan) titik tengah berpatokan pada garis transek, dan tinggi 5 meter. Sehingga penyelam seolah akan melakukan pengamatan di

dalam akuarium besar yang berukuran 100 x 5 x 5 meter. Setelah menggelar transek, penyelam harus menunggu selama 15 menit sebelum memulai survei.

Untuk identifikasi jenis ikan karang dilakukan secara langsung di lapangan (untuk jenis ikan yang dikenali pada saat pengamatan) dan merujuk pada *Pictorial Guide To: Indonesian Reef Fishes Part 1 – 3 Rudie* (Kuitert H. & Tonozuka T, 2001) dan *Reef fish identification tropical pacific. New World Publication* (Allen *et al.* 2003; Allen, 2005).

Dalam penelitian ikan karang, ikan dikelompokkan kedalam 3 kategori (Manuputty A. E. W, 2009), yakni:

a. Ikan target : ialah kelompok ikan yang menjadi target nelayan, umumnya merupakan ikan pangan dan bernilai ekonomis. Kelimpahannya dihitung secara ekor per ekor (kuantitatif). Untuk kegiatan di lokasi DPL, kelompok ikan target utama yang disensus terdiri dari suku :

1. Suku Serranidae (kelompok ikan kerapu)
2. Suku Lutjanidae (kelompok ikan kakap)
3. Suku Lethrinidae (kelompok ikan lencam)
4. Suku Haemulidae (kelompok ikan bibir tebal)

Sebagai catatan, untuk kelompok ikan target tersebut diatas juga harus dibatasi ukurannya, yaitu yang ber-ukuran > 20 cm.

b. Ikan indikator : ialah kelompok ikan karang yang dijadikan sebagai indikator kesehatan terumbu Dalam penelitian ini kelompok ikan indikator diwakili oleh suku Chaetodontidae (kelompok ikan kepe-kepe). Kelimpahannya dihitung secara kuantitatif.

c. Ikan lain (Mayor Famili) : ialah kelompok ikan karang yang selalu dijumpai di terumbu karang yang tidak termasuk dalam kedua kategori tersebut di atas. Pada umumnya peran utamanya belum diketahui secara pasti selain berperan di dalam rantai makanan. Kelompok ini terdiri dari ikan-ikan kecil < 20 cm yang dimanfaatkan sebagai ikan hias. Kelimpahannya dihitung secara (kuantitatif). Untuk ikan lainnya yang mempunyai sifat bergerombol (*schooling*), kelimpahan dihitung dengan cara taksiran (semi kuantitatif).

Data ikan karang yang didapatkan selanjutnya dilakukan analisis berdasarkan indeks keanekaragaman (H), Indeks dominansi (C) dan

Kelimpahan ikan pada tiap lokasi pengamatan menggunakan software *Past4.03* (Hummer *et al.* 2001).

Untuk menghitung indeks keanekaragaman ikan karang digunakan indeks keanekaragaman ikan karang digunakan indeks keanekaragaman ShannonWiener (Brower *et al.*, 1989), sebagai berikut:

$$H' = -\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

Keterangan :

H' = Indeks Keanekaragaman

n_i = Jumlah individu setiap spesies

N = Jumlah individu seluruh spesies.

Kisaran nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, (Krebs, 1985) yaitu:

H' < 1,0 : Rendah

1,0 < H' < 3,322 : Sedang

H' > 3,322 : Tinggi

Indeks Dominansi dihitung dengan menggunakan rumus “*Index of Dominance*” dari Simpson (Brower *et al.*, 1989).

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Keterangan:

C = Dominansi Simpson

n_i = Jumlah individu tiap spesies

N = Jumlah individu seluruh spesies.

Kisaran nilai indeks dominansi, (Simpson, 1949 dalam Odum, 1998) sebagai berikut:

0,00 < D < 0,50 : Rendah

0,50 < D < 0,75 : Sedang

0,75 < D < 1,00 : Tinggi

Kelimpahan ikan karang adalah jumlah ikan karang yang ditemukan pada suatu stasiun pengamatan persatuan luas transek pengamatan. Kelimpahan ikan karang dapat dihitung dengan rumus (Odum,1998):

$$X = \frac{\sum Xi}{n}$$

Keterangan X : kelimpahan ikan karang

Xr : jumlah ikan pada stasiun pengamatan ke-i

n : luas transek pengamatan : (30 X2)m.

3.4.9 Metode Pemantauan Plankton

Metode pengambilan sampel dan analisis data pemantauan plankton pada plankton laut sama dengan metode dan analisis data pada plankton sungai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Flora dan Fauna Darat

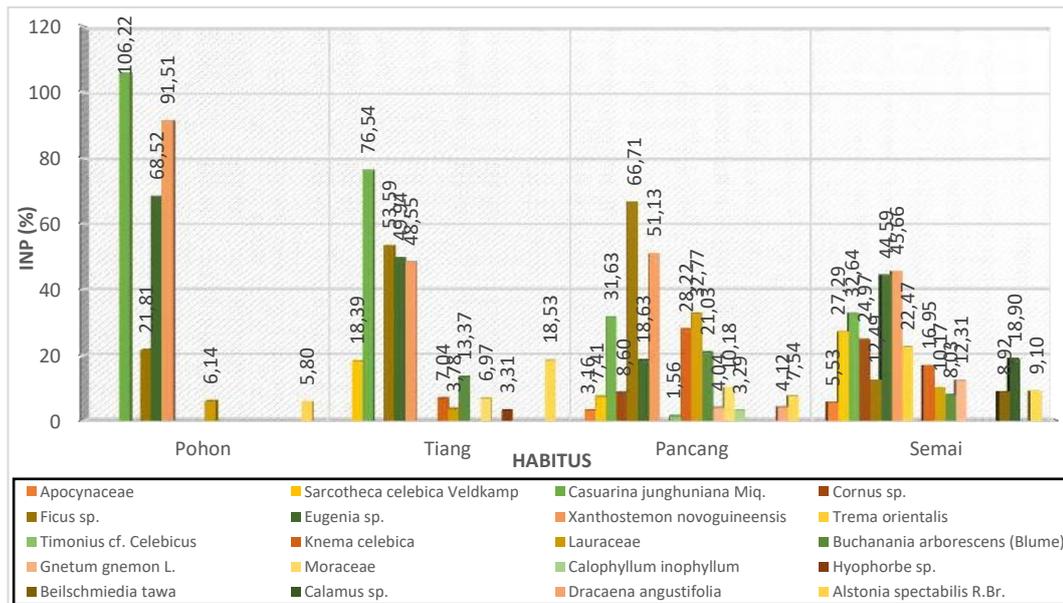
4.1.1 Flora Darat

Pemantauan flora darat yang ada di Wilayah PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka dilakukan untuk memperoleh Indeks Nilai Penting (INP) masing-masing jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitusnya. Nilai INP diperoleh dari perhitungan analisis vegetasi tumbuhan. Analisis vegetasi terhadap suatu ekosistem perlu dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman hayati dan jenis vegetasi yang terdapat di ekosistem tersebut sehingga mempermudah dalam melakukan pemeliharaan dan pemberdayaan ekosistem. Analisis vegetasi memerlukan data jenis, jumlah, dan diameter tumbuhan untuk menentukan Indeks Nilai Penting (INP) sehingga memperoleh informasi kuantitatif tentang struktur dan komposisi suatu komunitas tumbuhan (Heriyanto & Subiandono, 2016). Struktur vegetasi yang diperoleh berupa bentuk pertumbuhan stratifikasi berdasarkan tingkatan habitusnya yaitu pohon, tiang, pancang dan semai. Indriyanto (2012) menjelaskan bahwa deskripsi suatu vegetasi diperlukan beberapa parameter kuantitatif antara lain densitas (kerapatan), frekuensi, dominansi (*dominance*), indeks nilai penting (*important value index*), dan indeks keanekaragaman hayati (*index of diversity*).

Pemantauan flora pada semester I tahun 2023 dilakukan pada 11 (sebelas) area yang berbeda berdasarkan kondisi ekosistemnya, yaitu pada area virgin (alami), area revegetasi tahun 2015 (N8), area revegetasi tahun 2016 (N7), area revegetasi tahun 2017 (N6), area revegetasi tahun 2018 (N5), area revegetasi tahun 2019 (N4), area revegetasi tahun 2020 (N3), area revegetasi tahun 2021 (N2), area revegetasi tahun 2022 (N1), area terganggu (N0), dan Wilayah Tambang Pulau Maniang.

4.1.1.1 Area Virgin (Alami)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada area virgin (alami) dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Virgin (Alami).

Pemantauan flora pada area virgin dilakukan pada tiga lokasi yaitu Bukit VI Wilayah Tambang Utara (212,33 mdpl), Area Virgin Wilayah Tambang Tengah (325 mdpl), dan Bukit H Wilayah Tambang Selatan (61,2 mdpl). Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 25,2°C–29,5°C, kelembapan udara antara 66,7%–82,2%, intensitas cahaya 180 lux–1.540 lux, kelembapan tanah 10%-60%, dan pH tanah 8. Area Virgin Wilayah Tambang Tengah merupakan lokasi baru pada pemantauan semester I tahun 2023 karena mengalami pergeseran titik dari lokasi pemantauan sebelumnya.

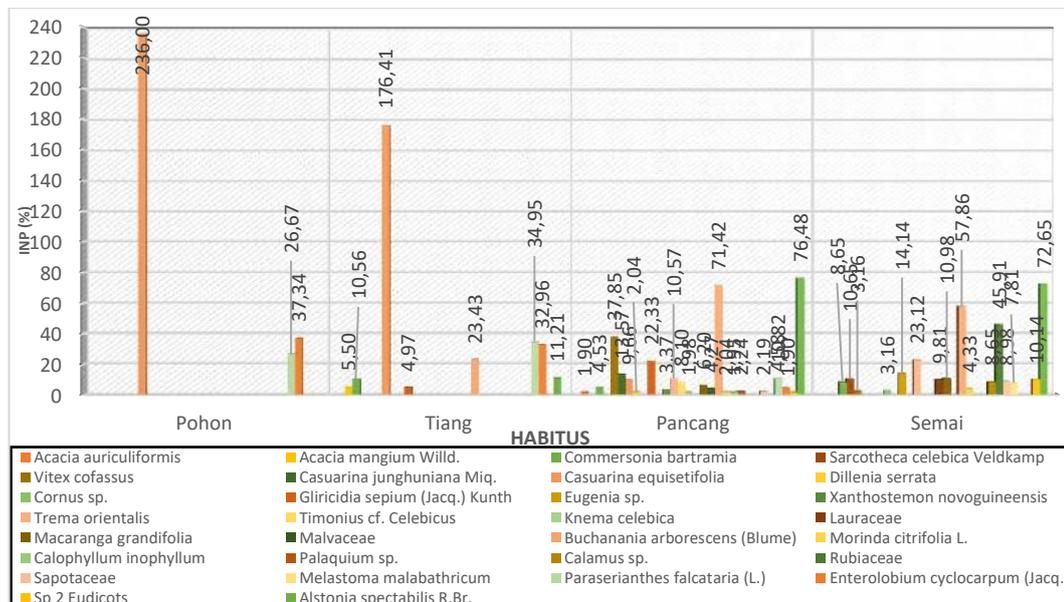
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 6 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di area virgin (alami), INP tertinggi dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (106,22%) dan terendah dari jenis tumbuhan famili Lauraceae (6,14%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) terdapat 11 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (76,54%) dan terendah dari jenis Palem *Hyophorbe* sp. (3,31%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) terdapat 16 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Beringin *Ficus* sp. (66,71%) dan terendah dari jenis Ketimun *Timonius cf Celebicus* (1,56%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 15 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Kayu besi *Xanthostemon*

novoguineensis (45,66%) dan INP terendah dari jenis tumbuhan famili Lauraceae (5,53%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa terdapat perubahan struktur dan komposisi jenis akibat perbedaan lokasi namun tidak begitu signifikan. Jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di area virgin (alami) terdapat 20 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut ditemukan 6 (enam) jenis tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap mulai dari tingkat semai, pancang, tiang dan pohon yaitu dari jenis Kayu besi, Cemara gunung, Jambujambu, Beringin, Tirotsasi, dan famili Lauraceae, sedangkan 14 jenis tumbuhan lainnya tidak mempunyai tingkat vegetasi yang lengkap. Vegetasi tumbuhan yang berhabitus tidak lengkap pada setiap tingkatan disebabkan oleh berbagai kemungkinan, misalnya adanya jenis-jenis tertentu yang hilang dan mati akibat keadaan tempat tumbuh terganggu dan ada pula jenis tersebut berada di luar petak pengamatan yang tidak dapat dijangkau. Sedangkan vegetasi tumbuhan yang berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

4.1.1.2 Area Revegetasi Tahun 2015 (N8)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Revegetasi tahun 2015 (N8) dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2015 (N8).

Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2015 (N8) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit III (Revegetasi 2015) Wilayah Tambang Utara (156,79 mdpl) dengan luas 11,50 ha dan Bukit TLE-TLF (Revegetasi 2015) Wilayah Tambang Tengah (222 mdpl) dengan luas 20,69 ha. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 25,4°C–29,4°C, kelembapan udara 63,8%–82,8%, intensitas cahaya 1.054 lux–1.438 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

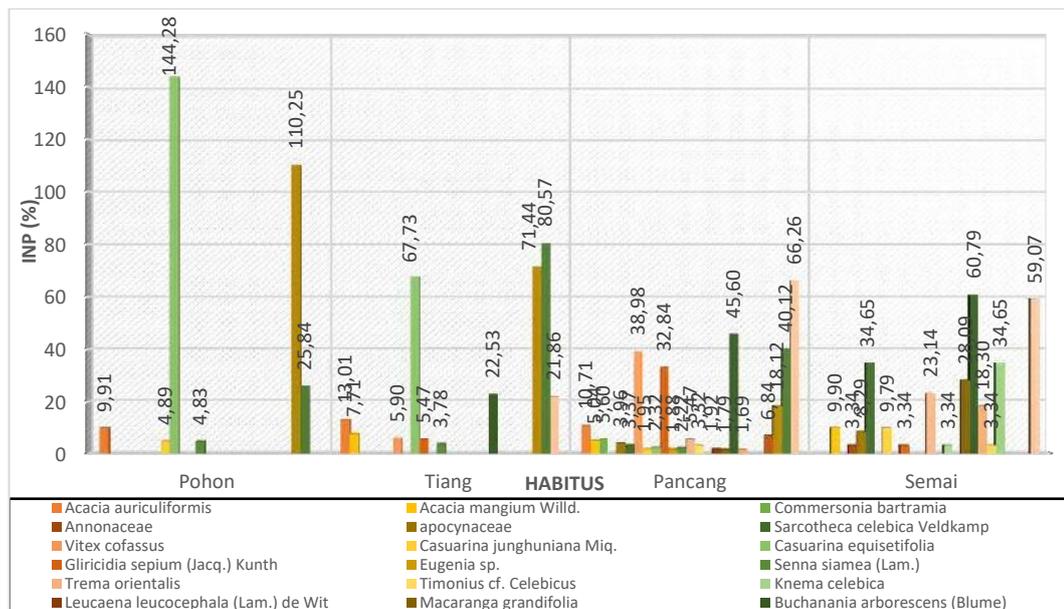
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2015 (N7), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (236,00%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (26,67%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm - <20 cm) terdapat 8 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (176,41%) dan terendah dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (4,97%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) terdapat 22 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (76,48%) dan terendah dari dua jenis tumbuhan yaitu Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* dan sp 2 Eudicots dengan nilai INP (1,90%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 16 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (72,65%) dan INP terendah ada dua jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus* dan Dogwoods *Cornus* sp. dengan nilai INP (3,16%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2015 (N7) terdapat 30 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut tidak ditemukan tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap, namun sudah dijumpai habitus tumbuhan pada tiga kategori mulai dari tingkat semai, pancang dan tiang yaitu dari 6 jenis tumbuhan yaitu Belimbing hutan, Cemara laut, Mangga-mangga, Sengon laut, Sengon buto, dan Tirotasi sedangkan 24 jenis tumbuhan lainnya tidak mempunyai tingkat vegetasi yang lengkap. Vegetasi tumbuhan yang berhabitus tidak lengkap pada setiap tingkatan disebabkan oleh

berbagai kemungkinan, misalnya adanya jenis-jenis tertentu yang hilang dan mati akibat keadaan tempat tumbuh terganggu dan ada pula jenis tersebut berada di luar petak pengamatan. Sedangkan vegetasi tumbuhan yang berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

4.1.1.3 Area Revegetasi Tahun 2016 (N7)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Revegetasi tahun 2016 (N7) dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2016 (N7).

Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2016 (N7) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit I Wilayah Tambang Utara (182 mdpl) dengan luas 4,35 ha, dan Bukit TY.2 Tambang Tengah (143 mdpl) dengan luas 3,40 ha. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 25,7°C–26,6°C, kelembapan udara 72,0%–72,5%, intensitas cahaya 1.468 lux–1.763 lux, kelembapan tanah 10%–15%, dan pH tanah 7–8.

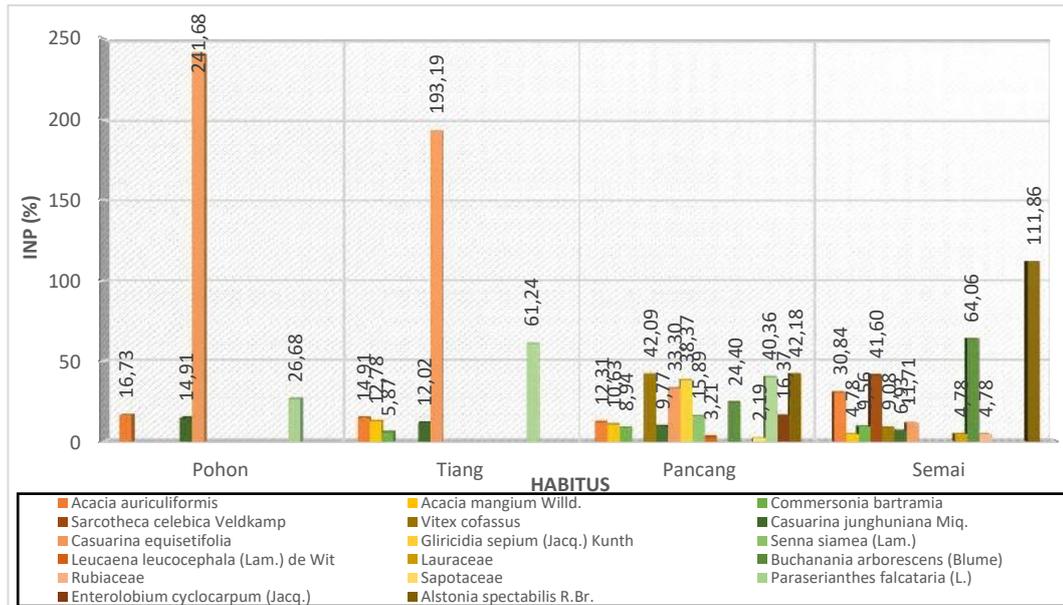
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 6 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2016 (N7), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (144,28%) dan terendah dari jenis Johar *Senna siamea* (Lam.) (4,83). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm - <20 cm) terdapat 10 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Sengon buto

Enterolobium cylocarpum (Jacq.) (80,57%) dan terendah dari jenis Johar *Senna siamea* (Lam.) (3,78%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) terdapat 21 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (66,26%) dan terendah dari jenis Mengkudu *Morinda citrifolia* L. (1,69%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 14 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume). (60,79%) dan INP terendah ada empat jenis tumbuhan yaitu famili Annonaceae, Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth, Knema *Knema celebica*, dan Nyamplung *Calophyllum inophyllum* dengan nilai INP (3,34%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2016 (N7) terdapat 25 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut tidak ditemukan tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap, namun sudah dijumpai habitus tumbuhan pada tiga kategori mulai dari tingkat semai, pancang dan tiang yaitu dari 10 jenis tumbuhan yaitu Akasia daun lebar, Akasia daun kecil, Cemara gunung, Cemara laut, Gamal, Johar, Mangga-mangga, Sengon laut, Sengon buto, dan Tirotasi sedangkan 15 jenis tumbuhan lainnya tidak mempunyai tingkat vegetasi yang lengkap. Vegetasi tumbuhan yang berhabitus tidak lengkap pada setiap tingkatan disebabkan oleh berbagai kemungkinan, misalnya adanya jenis-jenis tertentu yang hilang dan mati akibat keadaan tempat tumbuh terganggu dan ada pula jenis tersebut berada di luar petak pengamatan. Sedangkan vegetasi tumbuhan yang berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

4.1.1.4 Area Revegetasi Tahun 2017 (N6)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Revegetasi tahun 2017 (N6) dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2017 (N6).

Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2017 (6) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit VI Wilayah Tambang Utara (213 mdpl) dengan luas 5,20 ha dan Bukit TY.2 Wilayah Tambang Tengah (120 mdpl) dengan luas 13,56 ha. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 27,0°C–35,2°C, kelembapan udara 30,9%-64,5%, intensitas cahaya 1.864 lux–8.890 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

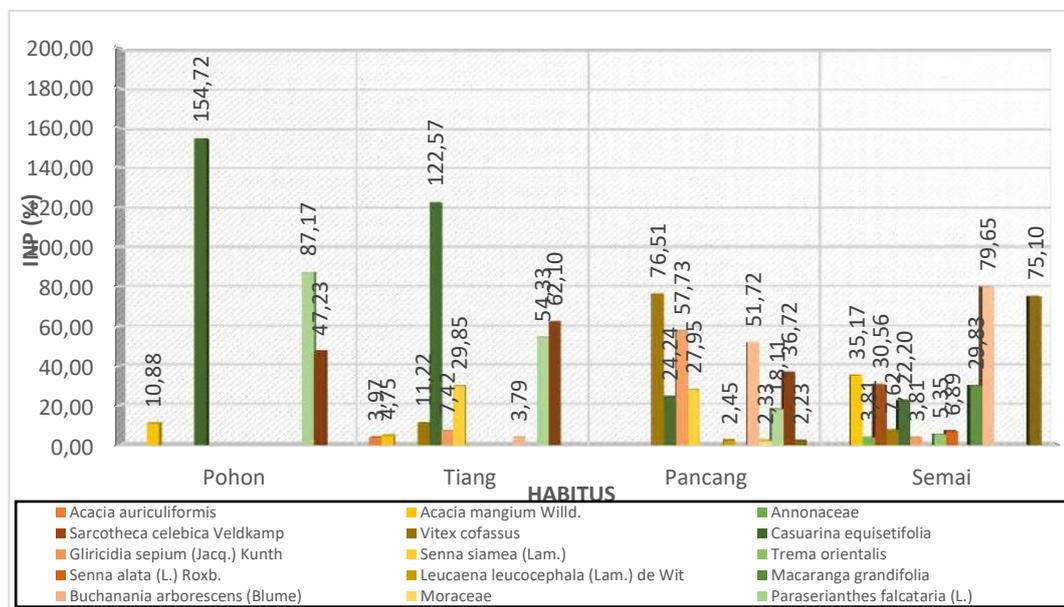
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2017 (N6), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (241,68%) dan terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq. (14,91%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) terdapat 6 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (193,19%) dan terendah dari jenis Andilau *Commersonia bartramia* (5,87%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) terdapat 14 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R. Br. (42,18%) dan terendah dari jenis famili Sapotaceae (2,19%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 11 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R. Br. (111,86%) dan INP terendah dari tiga jenis tumbuhan

yaitu Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd., famili Lauraceae, dan famili Rubiaceae dengan nilai INP (4,78%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2017 (N6) terdapat 17 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut ditemukan tiga jenis tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap mulai dari tingkat semai, pancang, tiang dan pohon yaitu dari jenis Akasia daun kecil, Cemara gunung dan Cemara laut sedangkan 14 jenis tumbuhan lainnya tidak mempunyai tingkat vegetasi yang lengkap. Vegetasi tumbuhan yang berhabitus tidak lengkap pada setiap tingkatan disebabkan oleh berbagai kemungkinan, misalnya adanya jenis-jenis tertentu yang hilang dan mati akibat keadan tempat tumbuh terganggu dan ada pula jenis tersebut berada di luar petak pengamatan. Sedangkan vegetasi tumbuhan yang berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

4.1.1.5 Area Revegetasi Tahun 2018 (N5)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Revegetasi tahun 2018 (N5) dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2018 (N5).

Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2018 (N5) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit Fortuner (60,64 mdpl) dengan luas 6,7 ha dan Bukit QT (35

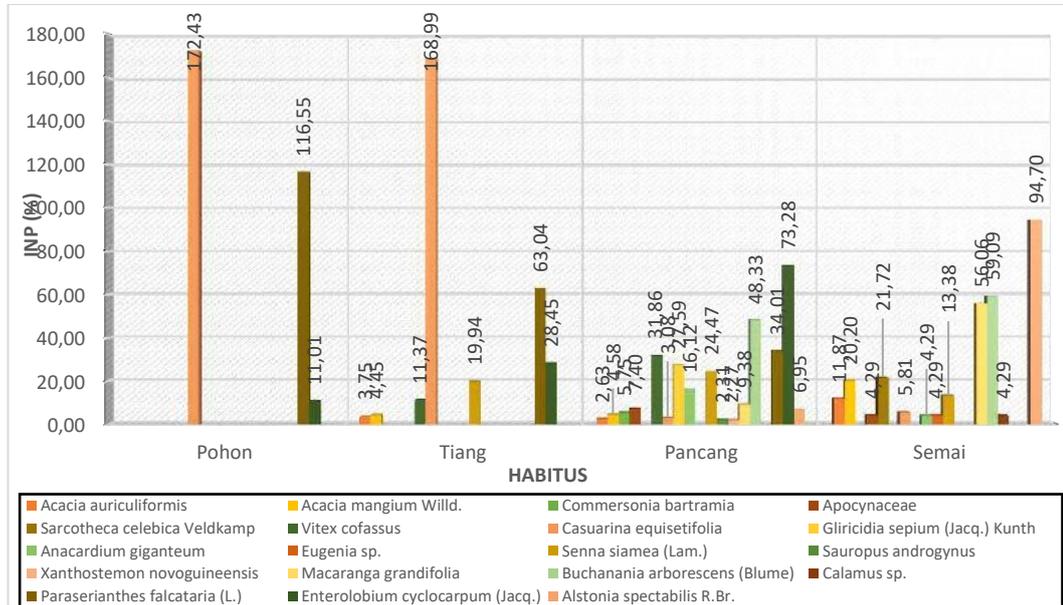
mdpl) dengan luas 5,38 ha, Wilayah Tambang Selatan. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 30,5°C–30,6°C, kelembapan udara 40,9%-67,6%, intensitas cahaya 1.850 lux–5.550 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2018 (N5), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (154,72%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd. (10,88%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) terdapat 9 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (122,57%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga (3,79%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) terdapat 10 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (76,51%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,23%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 11 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (79,65%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) dan famili Annonaceae dengan nilai INP (3,81%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2018 (N5) terdapat 17 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut ditemukan 1 (satu) jenis tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap mulai dari tingkat semai, pancang, tiang dan pohon yaitu dari jenis Cemara laut sedangkan 16 jenis tumbuhan lainnya tidak mempunyai tingkat vegetasi yang lengkap. Vegetasi tumbuhan yang berhabitus tidak lengkap pada setiap tingkatan disebabkan oleh berbagai kemungkinan, misalnya adanya jenis-jenis tertentu yang hilang dan mati akibat keadaan tempat tumbuh terganggu dan ada pula jenis tersebut berada di luar petak pengamatan. Sedangkan vegetasi tumbuhan yang berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

4.1.1.6 Area Revegetasi Tahun 2019 (N4)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Revegetasi tahun 2019 (N4) dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2019 (N4).

Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2019 (N4) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit Triton (113 mdpl) dengan luas 12,55 ha dan Bukit Q (25,11 mdpl) dengan luas 7,47 ha, Wilayah Tambang Selatan. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 26,8°C–30,4°C, kelembapan udara 64,0%–77,7%, intensitas cahaya 1.009 lux–1.339 lux, kelembapan tanah 10%–30%, dan pH tanah 8.

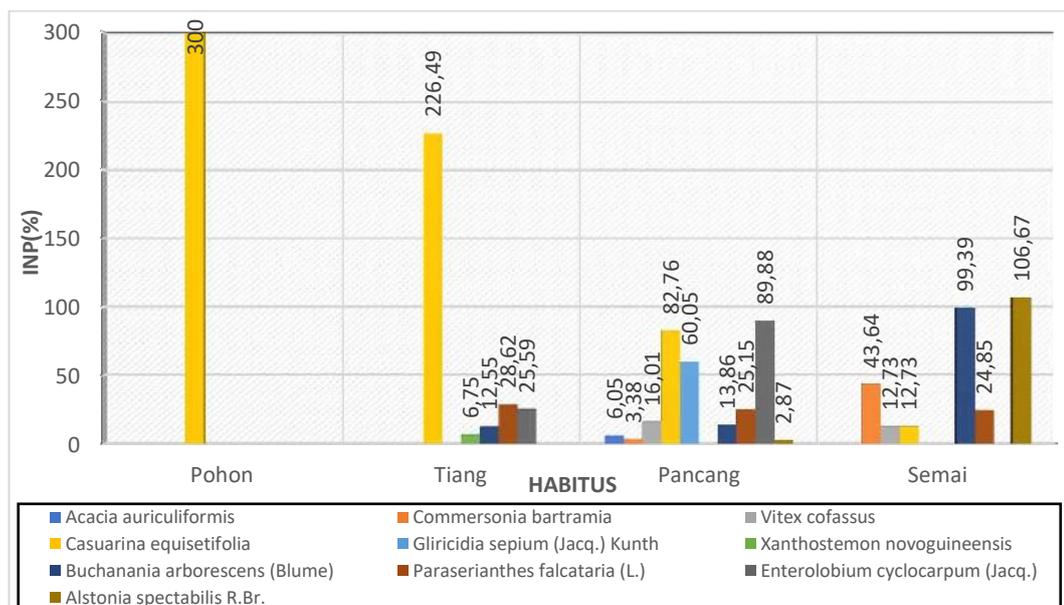
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2019 (N4), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (172,43%) dan terendah dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (11,01%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) terdapat 7 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (168,99%) dan terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (3,75%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) terdapat 16 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Sengon buto *Enterolobium*

cyclocarpum (Jacq.) (73,28%) dan terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (2,27%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 12 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (94,70%) dan INP terendah dari 4 jenis tumbuhan yaitu famili Apocynaceae, Jambu monyet *Ancardium giganteum*, Jambu-jambu *Eugenia* sp. dan Rotan *Calamus* sp. dengan nilai INP (4,29%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2019 (N4) terdapat 19 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut ditemukan 1 (satu) jenis tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap mulai dari tingkat semai, pancang, tiang dan pohon yaitu dari jenis Cemara laut sedangkan 18 jenis tumbuhan lainnya tidak mempunyai tingkat vegetasi yang lengkap. Vegetasi tumbuhan yang berhabitus tidak lengkap pada setiap tingkatan disebabkan oleh berbagai kemungkinan, misalnya adanya jenis-jenis tertentu yang hilang dan mati akibat keadaan tempat tumbuh terganggu dan ada pula jenis tersebut berada di luar petak pengamatan. Sedangkan vegetasi tumbuhan yang berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

4.1.1.7 Area Revegetasi Tahun 2020 (N3)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Revegetasi tahun 2020 (N3) dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2020 (N3).

Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2020 (N3) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit O (150 mdpl) dengan luas 11,68 ha dan Bukit Triton (12,7 mdpl) dengan luas 2,28 ha, Wilayah Tambang Selatan. Pemantauan vegetasi tumbuhan yang dilakukan di Bukit Triton merupakan pemantauan pertama di semester ini. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 28,4°C–32,2°C, kelembapan udara 30,0%-66,7%, intensitas cahaya 3.600 lux–8.780 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

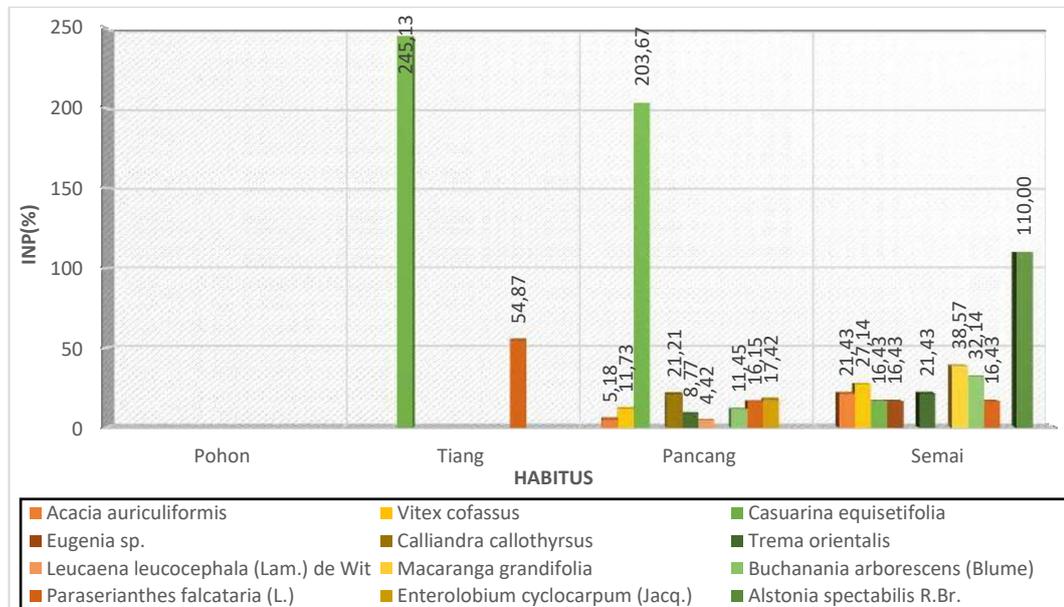
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 1 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2020 (N3), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (300,00%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) terdapat 5 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (226,49%) dan terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (6,75%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) terdapat 9 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (89,88%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,87%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 6 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (106,67%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus* dan Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. dengan nilai INP (12,73%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2020 (N3) terdapat 10 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut ditemukan 1 (satu) jenis tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap mulai dari tingkat semai, pancang, tiang dan pohon yaitu dari jenis Cemara laut sedangkan 9 jenis tumbuhan lainnya tidak mempunyai tingkat vegetasi yang lengkap. Vegetasi tumbuhan yang berhabitus tidak lengkap pada setiap tingkatan disebabkan oleh berbagai kemungkinan, misalnya adanya jenis-jenis tertentu yang hilang dan mati akibat keadaan tempat tumbuh terganggu dan ada pula jenis tersebut berada di luar

petak pengamatan. Sedangkan vegetasi tumbuhan yang berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

4.1.1.8 Area Revegetasi Tahun 2021 (N2)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Revegetasi tahun 2021 (N2) dapat dilihat pada 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2021 (N2).

Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2021 (N2) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit Fortuner (72,4 mdpl) Wilayah Tambang Selatan dengan luas 11,23 ha dan Bukit Strada Wilayah Tambang Utara (154,69 mdpl) dengan luas 1,55 ha. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 31,0°C–31,8°C, kelembapan udara 30,2%-56,2%, intensitas cahaya 155 lux–1.826 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

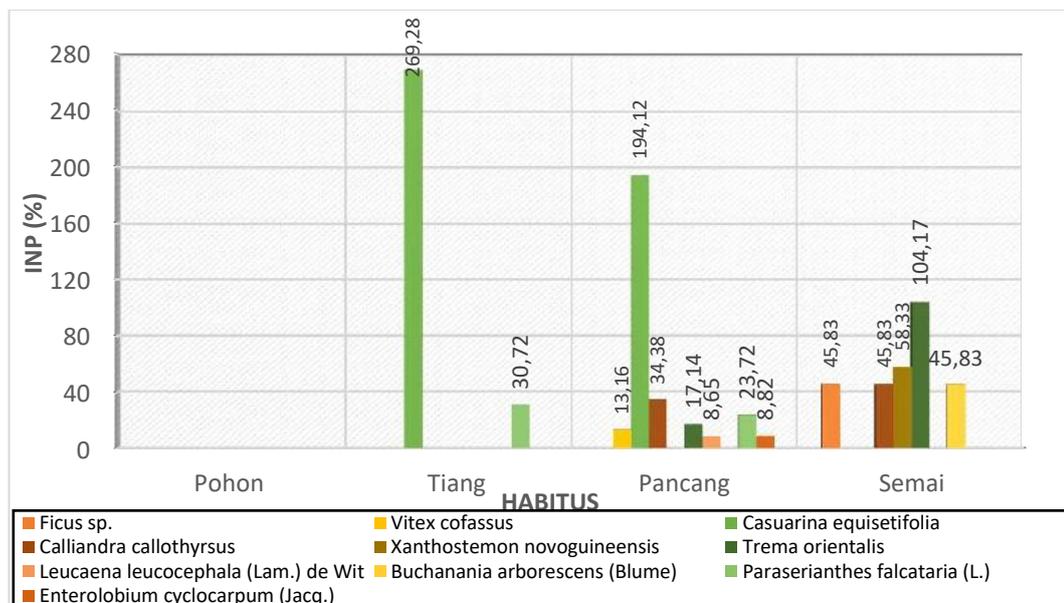
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm), namun sudah terdapat tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) sebanyak 2 jenis, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (245,13%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (54,87%). Tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) sebanyak 9 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (203,67%) dan terendah dari jenis Lamtoro

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit (4,42%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 9 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (110,00%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, Jambu-jambu *Eugenia* sp. dan Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) dengan nilai INP (16,43%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2021 (N2) terdapat 12 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut tidak ditemukan tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap. Namun, pertumbuhan tanaman sudah berada pada tingkat habitus tiang yang berpotensi untuk menjadi pohon berdasarkan ukuran diameter batangnya. Hal ini dikarenakan tanaman di area ini masih berada dalam proses pertumbuhan dan perkembangan sehingga perawatan tanaman masih perlu dilakukan untuk menunjang proses keberhasilan pertumbuhan tanaman. Adapun tumbuhan yang berpotensi sebagai tanaman pada tingkat habitus pohon dari jenis Cemara laut dan Sengon laut yang merupakan tanaman revegetasi di area ini.

4.1.1.9 Area Revegetasi Tahun 2022 (N1)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Revegetasi tahun 2022 (N1) dapat dilihat pada 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2022 (N1).

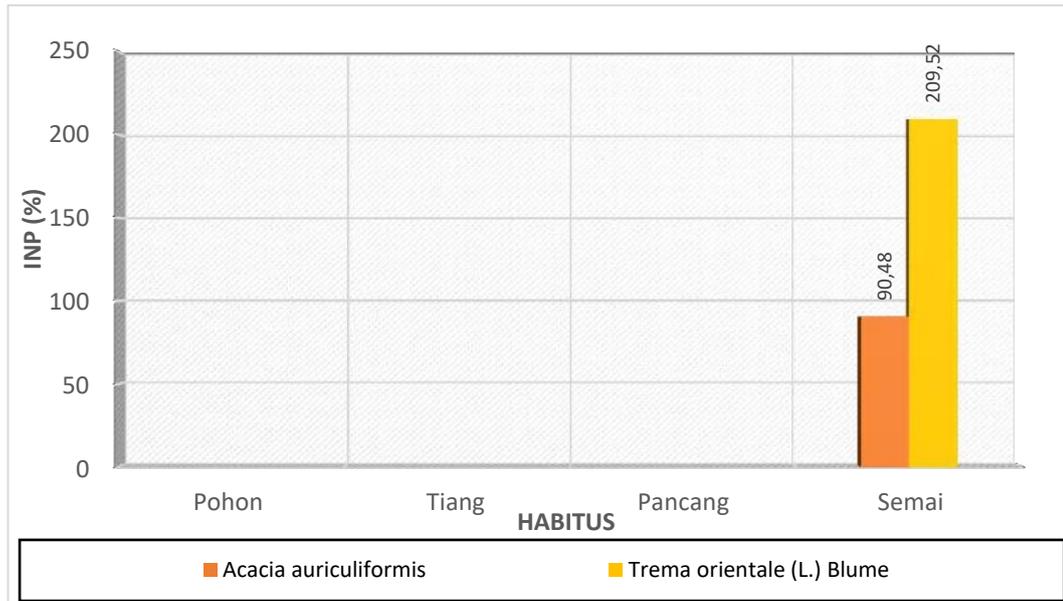
Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2022 (N1) dilakukan pada satu lokasi yaitu Bukit Strada (107 mdpl) Wilayah Tambang Utara dengan luas 21,19 ha. Pemantauan vegetasi tumbuhan yang dilakukan di Area Revegetasi tahun 2022 (N1) merupakan pemantauan tahun pertama di semester ini. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 31°C, kelembapan udara 40,5%, intensitas cahaya 1.880 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm), namun sudah terdapat tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) sebanyak 2 jenis dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (269,28%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (30,72%). Tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) sebanyak 7 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (194,12%) dan terendah dari jenis Lamtoro *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (8,65%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 10 jenis tumbuhan, c

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2022 (N1) terdapat 10 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut tidak ditemukan tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap. Namun, pertumbuhan tanaman sudah berada pada tingkat habitus tiang yang berpotensi untuk menjadi pohon berdasarkan ukuran diameter batangnya. Hal ini dikarenakan tanaman di area ini masih berada dalam proses pertumbuhan dan perkembangan sehingga perawatan tanaman masih perlu dilakukan untuk menunjang proses keberhasilan pertumbuhan tanaman. Adapun tumbuhan yang berpotensi sebagai tanaman pada tingkat habitus pohon dari jenis Cemara laut dan Sengon laut yang merupakan tanaman revegetasi di area ini.

4.1.1.10 Area Terganggu (N0)

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Terganggu (N0) dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Terganggu (N0).

Pemantauan flora di Area Terganggu (N0) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit V Wilayah Tambang Utara (182 mdpl) dan Bukit CF Wilayah Tambang Selatan (63,43 mdpl). Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar $36,7^{\circ}\text{C}$ – $40,6^{\circ}\text{C}$, kelembapan udara 36,7,3%-40,6%, intensitas cahaya 8.710 lux –15.640 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

Area terganggu merupakan area bekas wilayah pertambangan, namun belum ada proses revegetasi tanaman didalamnya. Pertumbuhan tanaman pada area terganggu pada umumnya ditumbuhi tumbuhan dari jenis rumput-rumputan *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. sebagai tumbuhan penutup tanah (*Cover crop*). Namun terdapat pula tumbuhan kategori semai sebagai tumbuhan pioneer dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* dan Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume. Tumbuhan pada kategori semai ini merupakan tumbuhan pioneer atau tumbuhan perintis yang mampu tumbuh pada area ini. Keberhasilan pertumbuhannya ditunjang oleh faktor lingkungan misalnya kandungan unsur hara yang ada di dalam tanah serta kondisi air yang tercukup.

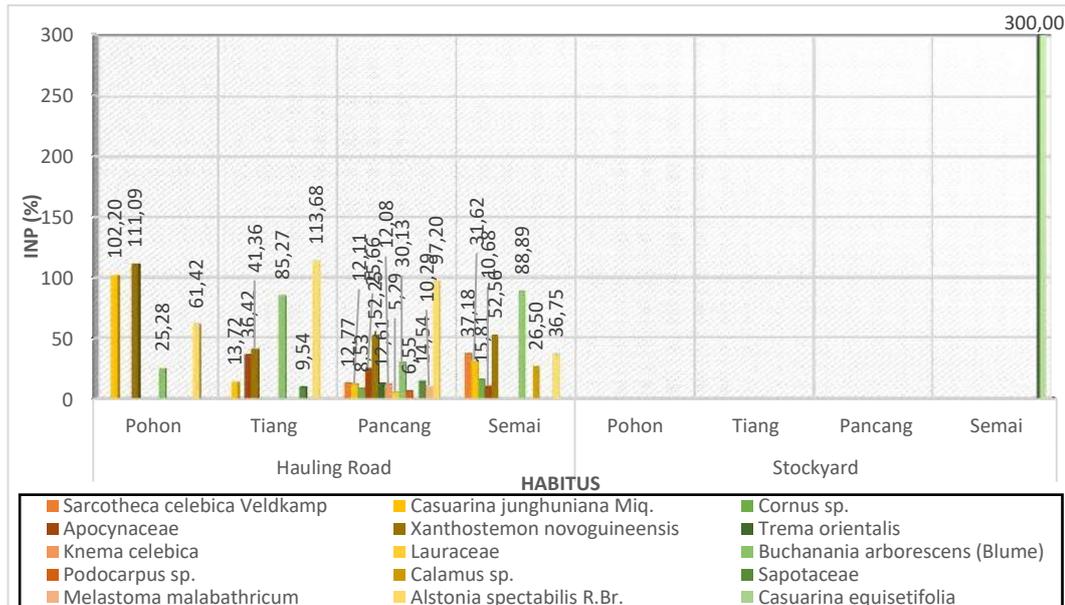
Keseimbangan ekosistem pada vegetasi flora di area ini perlu dilakukan tindakan awal sebagai salah satu cara untuk mengembalikan kondisi ekosistem seperti semula. Berdasarkan informasi beberapa jenis tumbuhan yang ada di daerah ini, bisa dijadikan sebagai pengambilan kebijakan dalam mengembalikan

kondisi ekosistem dengan melakukan penanaman tanaman revegetasi yang telah ditemukan dalam pemantauan-pemantauan sebelumnya. Misalnya kedua tumbuhan pioner tersebut dapat dijadikan sebagai tanaman revegetasi kedepannya. Selain itu, jenis tumbuhan yang masuk dalam kategori sebagai tanaman penutup tanah (*cover crop*) yang ada di area ini, juga bisa dijadikan sebagai patokan untuk menentukan tanaman penutup tanah untuk dilakukan revegetasi di Area Terganggu ini. Beberapa rekomendasi yang diberikan misalnya dilakukan penanaman tumbuhan penutup tanah yang cepat tumbuh dan menjalar seperti Kembang telang *Centrosema pubescens*, sehingga area ini terhindar dari erosi. Jenis tumbuhan ini dapat berfungsi ganda disamping pertumbuhannya yang cepat juga dapat menyuburkan tanah karena termasuk tumbuhan kelompok polong-polongan (Papilionaceae), disamping itu tumbuhan ini mudah dalam pembersihannya karena dapat digulung. Ataupun juga bisa dengan menggunakan jenis rumput-rumputan lokal yang cepat tumbuh misalnya *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd dan *Panicum* sp.

4.1.1.11 Wilayah Tambang Pulau Maniang

Pemantauan flora di Wilayah Tambang Pulau Maniang dilakukan pada tiga lokasi yaitu Area Virgin (*Hauling Road*) (153 mdpl), Area Terganggu (*Stockyard*) (12 mdpl) dan Bukit WSWD 003 (Area revegetasi 2022) (2 mdpl). Area Terganggu (*Stockyard*) merupakan lokasi baru pada pemantauan semester I tahun 2023 karena mengalami pergeseran titik dari lokasi pemantauan sebelumnya. Adapun informasi parameter lingkungan di Wilayah Tambang Pulau Maniang berupa suhu udara berkisar 31,0°C–40,3°C, kelembapan udara 30,6%-42,7%, intensitas cahaya 1.143 lux–9.560 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Area Virgin (*Hauling Road*) dan Area Terganggu (*Stockyard*) Wilayah Tambang Pulau Maniang, dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



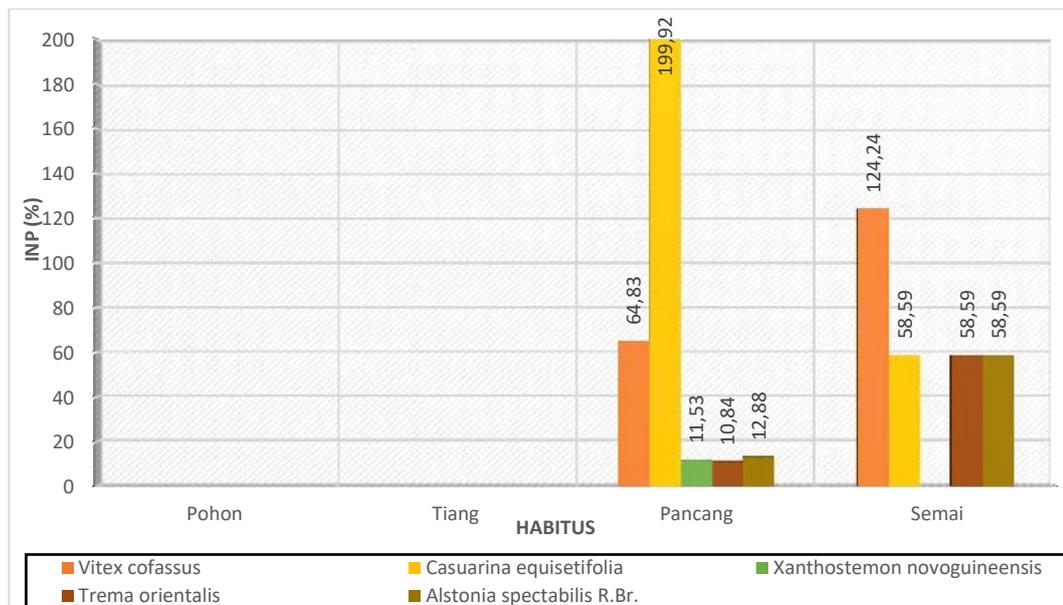
Gambar 4.11 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang.

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) yang ada di Area Virgin (*Hauling Road*) menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm), dengan INP tertinggi dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (111,09%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (25,28%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) terdapat 6 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (113,68%) dan terendah dari jenis famili Sapotaceae (9,54%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) terdapat 13 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br (97,20%) dan terendah dari jenis famili Lauraceae (5,29%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 8 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (88,89%) dan INP terendah dari jenis Beringin *Ficus* sp. (10,68%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) yang ada di Area Terganggu (*Stockyard*) menunjukkan bahwa tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm), tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) dan pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm), namun sudah terdapat tumbuhan berhabitus semai dengan jumlah 1 jenis tumbuhan, yang juga merupakan tanaman revegetasi

yaitu dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. dan memiliki nilai INP (300,00%). Hal ini menyebabkan perbedaan komposisi tumbuhan di area *Stockyard* dari lokasi pemantauan sebelumnya.

Analisis vegetasi berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada Bukit WSWD 003 (Revegetasi 2022), Wilayah Tambang Pulau Maniang dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Bukit WSWD 003 (Rev. 2022), Wilayah Tambang Pulau Maniang.

Pemantauan vegetasi tumbuhan yang dilakukan di Bukit WSWD 003 (Revegetasi 2022) Wilayah Tambang Pulau Maniang, merupakan pemantauan tahun pertama di semester ini. Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) yang ada di area tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm), dan tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm), namun sudah terdapat tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) yang terdiri dari 5 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. (199,92%) dan terendah dari jenis Kersen hutan *Trema orientalis* (10,84%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 4 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (124,24%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L., Kersen hutan *Trema orientalis*, dan Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. dengan nilai INP yaitu (58,59%).

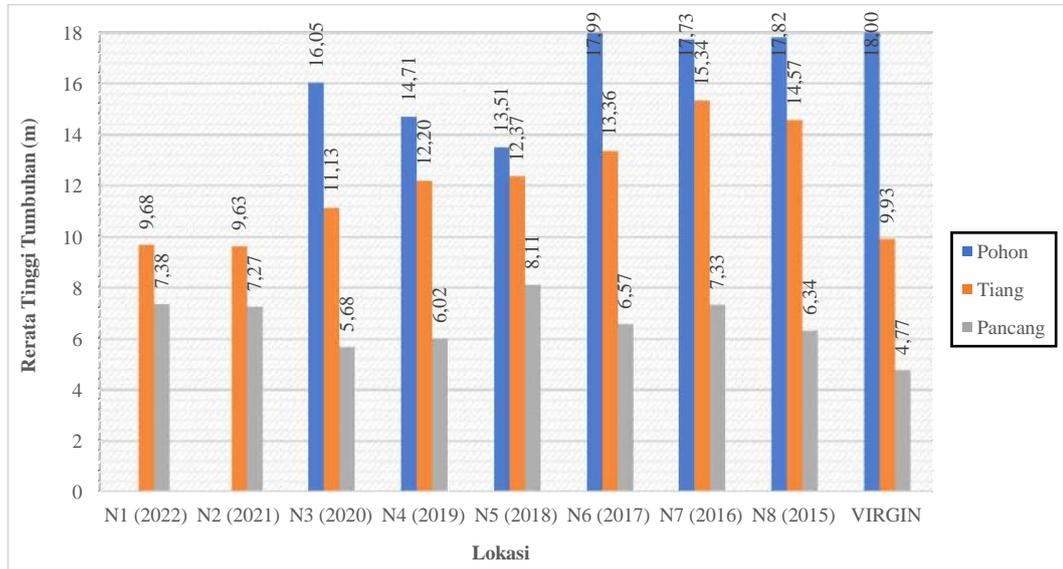
Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Virgin (*Hauling Road*) terdapat 15 jenis tumbuhan, Area Terganggu (*Stockyard*) terdapat 1 jenis tumbuhan dan Bukit WSWD 003 (Revegetasi 2022) terdapat 5 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut ditemukan empat jenis tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap di Area Virgin yaitu dari jenis Cemara gunung, Kayu besi, Mangga-mangga dan Tirotasi, sedangkan di Area Terganggu dan Bukit WSWD 003 tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus lengkap. Adapun jenis tumbuhan lainnya tidak mempunyai tingkat vegetasi yang lengkap. Vegetasi tumbuhan yang berhabitus tidak lengkap pada setiap tingkatan disebabkan oleh berbagai kemungkinan, misalnya adanya jenis-jenis tertentu yang hilang dan mati akibat keadaan tempat tumbuh terganggu dan ada pula jenis tersebut berada di luar petak pengamatan. Sedangkan vegetasi tumbuhan yang berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

Pemantauan yang dilakukan di Area Virgin (*Hauling Road*) merupakan komposisi tumbuhan asli (alami) yang umum dijumpai di area virgin karena belum mengalami gangguan. Sedangkan pemantauan yang dilakukan di Bukit WSWD 003 (Revegetasi 2022), merupakan komposisi tanaman revegetasi dengan tingkat pertumbuhan yang baik pada kategori pancang dan semai yang berpotensi sebagai tumbuhan besar maupun tumbuhan pionir untuk bisa mengembalikan kondisi ekosistem di area ini. Lokasi ini sebelumnya merupakan Area terganggu (*Stockyard*) yang telah ditanami tanaman revegetasi sehingga komposisi jenis di area ini telah mengalami perubahan. Selain itu, di Area terganggu (*Stockyard*) yang merupakan area baru pada pemantauan semester ini sudah dijumpai vegetasi tumbuhan revegetasi pada habitus semai.

4.1.1.12 Analisis Tinggi Vegetasi

Pemantauan pertumbuhan tinggi tanaman merupakan indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh lingkungan. Data rata-rata tinggi yang terpantau pada setiap lokasi menunjukkan pertumbuhan tinggi yang berbeda-beda, sebagai konsekuensi dari perbedaan ketinggian, kemiringan, jenis tanah, komposisi floristik, dan tingkat kerapatan spesies. Analisis tinggi tumbuhan berdasarkan kategori vegetasi yang

terpantau dan teridentifikasi pada sepuluh area pemantauan di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 4.13.

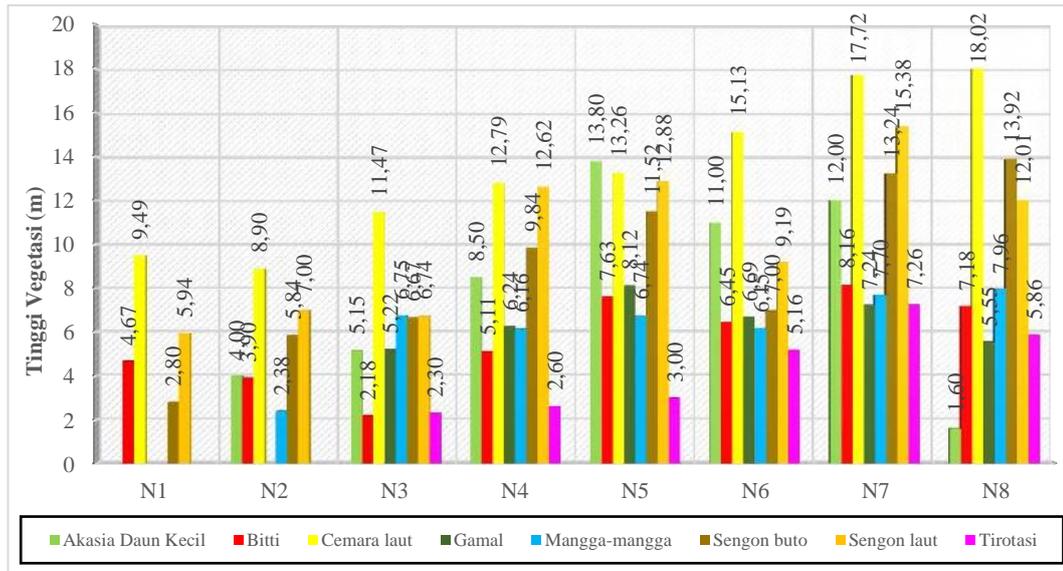


Gambar 4.13 Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023.

Hasil analisis rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus mulai dari kategori pohon, tiang dan pancang ditunjukkan pada Gambar 4.13 diatas. Pemantauan yang di lakukan di Area Revegetasi tahun 2022 (N1) menunjukkan bahwa tanaman belum mencapai habitus pohon, namun sudah terdapat vegetasi tumbuhan yang mencapai kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 9,68 m, sedangkan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 7,38 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2021 (N2) menunjukkan bahwa tanaman belum mencapai habitus pohon, namun sudah terdapat vegetasi tumbuhan yang mencapai kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 9,63 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 7,27 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2020 (N3) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 16,05 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 11,13 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 5,68 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2019 (N4) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 14,71 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 12,20 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 6,02 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2018 (N5) menunjukkan

bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 13,51 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 12,37 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 8,11 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2017 (N6) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 17,99 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 13,36 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 6,57 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2016 (N7) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 17,73 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 15,34 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 7,33 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2015 (N8) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 17,82 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 14,57 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 6,34 m. Sedangkan vegetasi tumbuhan di Area Virgin (Alami) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 18,00 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 9,93 m, kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 4,77 m.

Hasil pemantauan menunjukkan bahwa pertambahan tinggi tanaman pada setiap area menunjukkan pertambahan rerata tinggi yang tidak terlalu signifikan pada beberapa lokasi akibat tercukupinya faktor lingkungan yang diperlukan tumbuhan. Rata-rata tinggi tanaman pada area revegetasi di dominasi oleh jenis tanaman Cemara laut, Sengon buto, Sengon laut dan Tirotasi yang pada umumnya merupakan jenis tanaman revegetasi sedangkan rata-rata tinggi tanaman pada area virgin di dominasi oleh jenis Cemara gunung, Kayu besi dan Ficus yang merupakan tumbuhan asli di wilayah tersebut. Adapun rerata tinggi tanaman yang dominan di temukan pada pemantauan di Area Revegetasi dengan tingkat habitus tumbuhan yang lengkap yaitu pada habitus pohon, tiang dan pancang di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



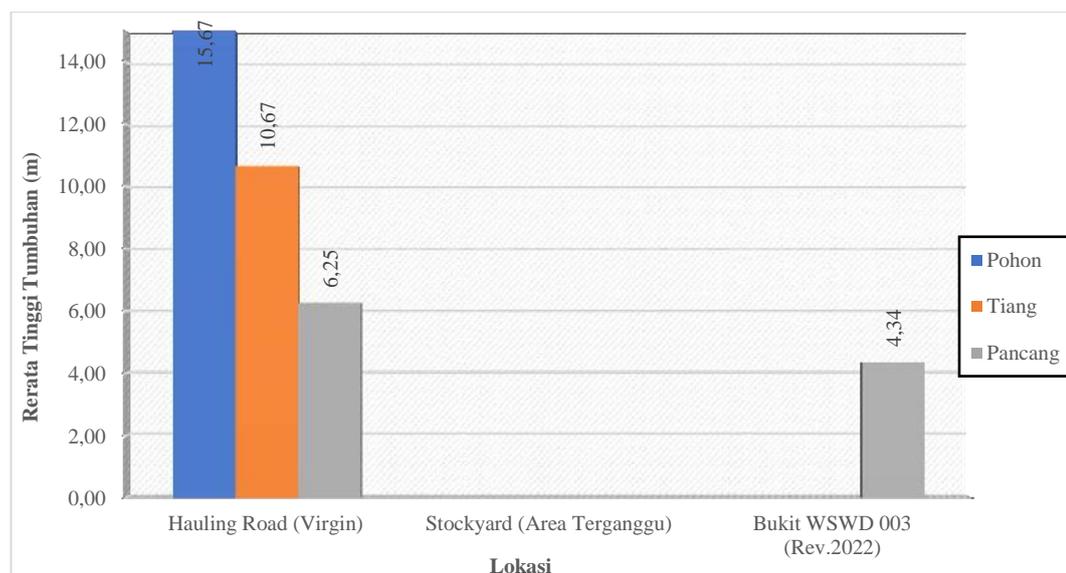
Gambar 4.14 Rerata tinggi pada delapan jenis tanaman di Area Revegetasi (N1-N7) di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023.

Hasil analisis data rerata tinggi tanaman menunjukkan bahwa terdapat delapan jenis tanaman yang merupakan tanaman revegetasi yang memiliki habitus hidup legkap dan ditemukan pada sebagian besar area revegetasi mulai dari Revegetasi tahun 2022 (N1), Revegetasi tahun 2021 (N2), Revegetasi tahun 2020 (N3), Revegetasi tahun 2019 (N4), Revegetasi tahun 2018 (N5), Revegetasi tahun 2017 (N6), Revegetasi tahun 2016 (N7), dan Revegetasi tahun 2015 (N8). Rata-rata tinggi tanaman pada area revegetasi terdiri dari jenis tanaman Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis*, Bitti *Vitex cofassus*, Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L., Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth, Mangga-mangga *Buchanania arborescens*, Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum*, Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. dan Tirotasi *Alstonia spectabilis*. Berdasarkan kedelapan jenis tumbuhan tersebut, jenis tanaman bitti, cemara laut, sengon laut dan sengon buto merupakan tanaman yang ditemukan pada semua area pemantauan (delapan area revegetasi berdasarkan tahun penanamannya), namun tanaman jenis akasia daun kecil, gamal, mangga-mangga dan tirotasi ditemukan pada tujuh area pemantauan.

Hasil analisis rerata tinggi jenis tanaman Akasia daun kecil dengan rata-rata tinggi mencapai 1,60 m-13,80 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2018 (N5). Jenis tanaman Bitti dengan rata-rata tinggi mencapai

2,18 m-8,16 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2016 (N7). Jenis tanaman Cemara laut dengan rata-rata tinggi mencapai 8,90 m-18,02 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2015 (N8). Jenis tanaman Gamal dengan rata-rata tinggi mencapai 5,22 m-8,12 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2018 (N5). Jenis tanaman Mangga-mangga dengan rata-rata tinggi mencapai 2,38 m-7,96 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2015 (N8). Jenis tanaman Sengon buto dengan rata-rata tinggi mencapai 2,80 m-13,92 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2015 (N8). Jenis tanaman Sengon laut dengan rata-rata tinggi mencapai 5,94 m-15,38 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2016 (N7). Jenis tanaman Tirotasi dengan rata-rata tinggi mencapai 2,30 m-7,26 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2016 (N7). Data rata-rata tinggi pertumbuhan delapan jenis tanaman yang terpantau per-tahun revegetasi membentuk grafik dengan tinggi yang berbeda, hal ini dikarenakan kondisi lingkungan di setiap area yang berbeda, sehingga mempengaruhi pertumbuhan jenis tanaman.

Analisis tinggi tumbuhan berdasarkan kategori vegetasi yang terpantau dan teridentifikasi pada tiga area pemantauan di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM) semester I tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM) semester I tahun 2023.

Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang semester I tahun 2023 mulai dari habitus pohon, tiang dan pancang ditunjukkan pada Gambar 4.15 diatas. Pemantauan yang dilakukan di Area terganggu (*Stockyard*) Pulau Maniang yang merupakan area baru, menunjukkan tumbuhan yang belum mencapai habitus pohon, tiang dan pancang. Pemantauan yang dilakukan di area virgin (*Hauling Road*) Pulau Maniang rata-rata tinggi tanaman pada habitus pohon adalah 15,67 m, untuk habitus tiang adalah 10,67 m dan rerata tinggi tanaman pada habitus pancang adalah 6,25 m. Rata-rata tinggi tanaman pada area virgin di dominasi oleh jenis Cemara gunung, Kayu besi dan Tirotasi (pulai) yang merupakan tumbuhan asli di wilayah tersebut dengan penambahan tinggi yang meningkat pada area ini, namun pertumbuhannya tidak terlalu cepat. Sedangkan pemantauan yang dilakukan di Bukit WSWD 003 Revegetasi (2022) Pulau Maniang yang merupakan area baru, menunjukkan tumbuhan yang belum mencapai habitus pohon dan tiang namun sudah ada tumbuhan pada habitus pancang dengan rata-rata tinggi tanaman 4,34 m. Pertumbuhan tanaman di area ini masih dalam tahap pertumbuhan dan perkembangan sehingga perawatan dan pemantauan tanaman perlu dilakukan.

4.1.1.13 Analisis Keanekaragaman Jenis dan Perbandingan Jumlah Spesies

Tinggi rendahnya indeks keanekaragaman suatu komunitas tumbuhan tergantung pada banyaknya jumlah spesies dan jumlah individu masing-masing jenis (kekayaan spesies). Sebagaimana dijelaskan oleh Indriyanto (2012) megatakan bahwa keanekaragaman spesies dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Keanekaragaman spesies juga dapat digunakan untuk mengukur stabilitas komunitas, yaitu kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya tetap stabil meskipun ada gangguan terhadap komponen-komponennya.

Indeks keanekaragaman jenis tumbuhan pada sepuluh area pemantauan di wilayah PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka disajikan secara rinci pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Indeks Keanekaragaman (H') jenis tumbuhan berdasarkan Indeks Shannon-Wiener di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka , Semester I tahun 2023.

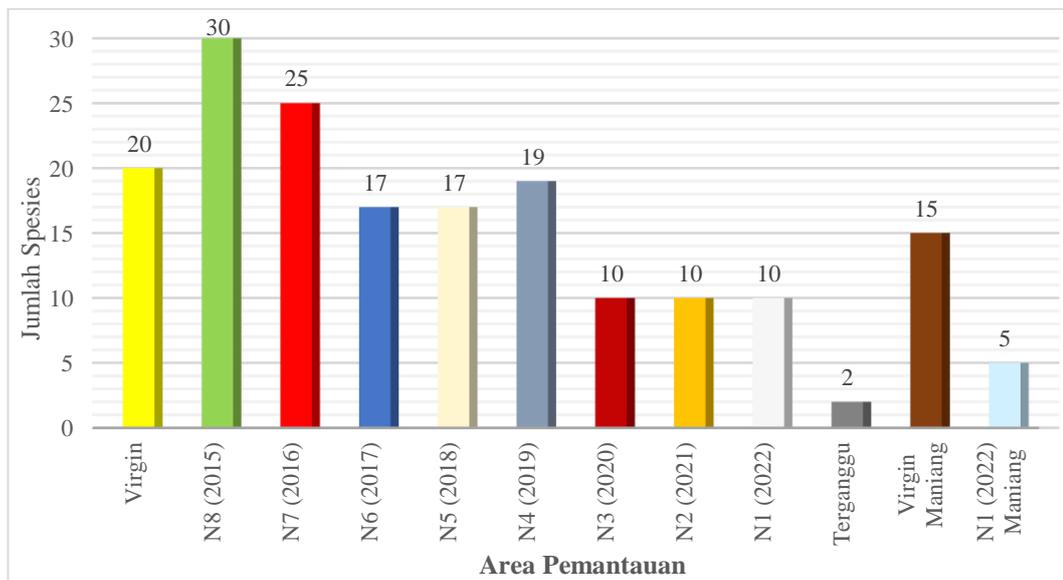
No	Lokasi	Σ	Σ	Indeks	Kategori
----	--------	----------	----------	--------	----------

		Jenis	Individu	Keanekaragaman	
1	Virgin	20	650	2,405	Sedang
2	Revegetasi 2015 (N8)	30	698	2,289	Sedang
3	Revegetasi 2016 (N7)	25	622	2,480	Sedang
4	Revegetasi 2017 (N6)	17	505	2,111	Sedang
5	Revegetasi 2018 (N5)	17	593	2,233	Sedang
6	Revegetasi 2019 (4)	19	574	2,278	Sedang
7	Revegetasi 2020 (N3)	10	358	1,684	Rendah
8	Revegetasi 2021 (N2)	10	227	1,317	Rendah
9	Revegetasi 2022 (N1)	10	108	1,207	Rendah
10	Pulau Maniang	20	275	2,201	Sedang

Sumber: Hasil perhitungan Flora, Agustus 2023.

Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman jenis tumbuhan pada setiap lokasi pemantauan menunjukkan nilai indeks yang berbeda-beda sesuai dengan keberagaman jenis tumbuhan yang terpantau. Perhitungan nilai indeks keanekaragaman pada beberapa lokasi sesuai Tabel 4.1 tergolong sedang ($1 < H' < 3$) dan rendah ($H' < 1$). Hal ini dikarenakan komposisi jenis tumbuhan dan jumlah individu yang terpantau pada setiap lokasi berbeda-beda sesuai dengan tahun penanaman tumbuhan revegetasi. Indeks keanekaragaman yang termasuk kategori sedang berdasarkan hasil analisis berada pada area virgin, wilayah tambang pulau maniang (virgin dan revegetasi) serta area revegetasi tahun 2015 (N8) - area revegetasi tahun 2019 (N4). Sedangkan indeks keanekaragaman yang termasuk kategori rendah berdasarkan hasil analisis berada pada area revegetasi tahun 2020 (N3) - area revegetasi tahun 2022 (N1). Pertumbuhan tanaman pada wilayah yang telah lama dilakukan revegetasi memiliki tingkat keanekaragaman yang sedang karena tumbuhan yang ada di wilayah ini sudah dapat beradaptasi dengan lingkungannya.

Keanekaragaman tumbuhan yang tergolong tinggi menunjukkan bahwa vegetasi tumbuhan di suatu daerah melimpah. Keanekaragaman jenis ini sangat erat kaitannya dengan komposisi jenis. Komposisi jenis dapat dilihat bahwa pada area yang tersusun oleh lebih banyak jenis didalamnya maka indeks keanekaragamannya semakin tinggi (Haryadi, 2017). Komposisi jenis tumbuhan berdasarkan kategori vegetasi yang terpantau dan teridentifikasi pada dua belas area pemantauan di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut.



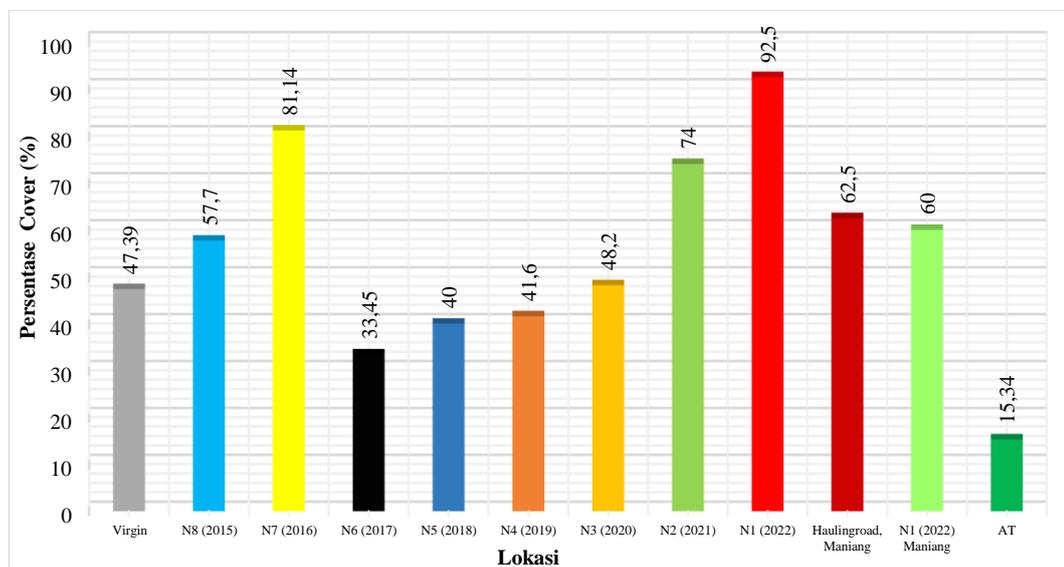
Gambar 4.16 Perbandingan jumlah spesies pada dua belas area pemantauan di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023.

Jumlah spesies berdasarkan kategori vegetasi menunjukkan diagram yang cenderung tidak linear akibat keberagaman jenis tumbuhan pada masing-masing area yang berbeda-beda. Terlihat bahwa pada area revegetasi tahun 2015 (N8), jumlah spesies yang terpantau dan teridentifikasi lebih banyak yaitu sekitar 30 spesies dibandingkan dengan jumlah spesies yang terpantau di area virgin (20 spesies). Area revegetasi tahun 2016 (N7) dan area revegetasi tahun 2019 (N4), jumlah spesies yang terpantau dan teridentifikasi lebih banyak dibandingkan dengan jumlah spesies yang terpantau di Wilayah Tambang lain. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan tanaman di area revegetasi sudah cukup bagus yang didukung dengan kondisi lingkungan yang baik, walaupun beberapa tumbuhan pada semua area ini tidak sama jenisnya. Sedangkan pada lokasi lainnya juga telah mengalami perkembangan ke arah bervariasinya jenis

tumbuhan selain dari tanaman revegetasi, dan pada umumnya masih dalam kategori pancang dan semai. Khusus untuk area terganggu secara umum di tumbuh oleh rumput-rumputan sebagai tanaman penutup tanah (*cover crop*) dan tumbuhan pionir atau tumbuhan perintis berhabitus semai.

4.1.1.14 Persentase Tumbuhan Penutup Tanah (*Cover Crop*)

Perbandingan tumbuhan penutup tanah (*cover crop*) yang terpantau dan teridentifikasi pada dua belas area pemantauan di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4.17 Persentase penutupan tanah oleh tumbuhan *cover crop* di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023.

Persentase penutupan tanah merupakan kecepatan tanaman menutupi permukaan dan menjadi indikator tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman penutup tanah (Asbur dkk., 2018). Berdasarkan hasil analisis tersebut terlihat bahwa persentase penutupan tumbuhan penutup tanah pada area revegetasi yang berumur tujuh sampai delapan tahun relatif tinggi serta penanaman tahu pertama dan kedua juga masih tinggi. Sedangkan tumbuhan penutup tanah di tahun ketiga hingga tahun keenam revegetasi memiliki persentase yang rendah, karena pertumbuhan kanopi tumbuhan revegetasi semakin lebar dan menghalangi cahaya matahari untuk sampai pada tumbuhan di bawahnya. Selain itu faktor lingkungan misalnya kesediaan unsur hara dan air khususnya pada musim-musim

tertentu juga menjadi faktor penting menurun dan meningkatnya tumbuhan penutup tanah.

Pertumbuhan tanaman bawah sebagai tanaman penutup tanah (*cover crop*) di area revegetasi paling dominan ditemukan pada famili Poaceae atau suku rumput-rumputan dari jenis Rumput *Panicum* sp., Tetenggala *Thuarea* sp., Alang-alang *Imperata cylindrica* Var. *Mexicana* dan Rumput gajah *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. Namun terdapat juga dari jenis lain dengan estimasi kelimpahan yang tidak terlalu tinggi dan ditemukan tumbuh secara individu pada area Revegetasi. Tumbuhan jenis ini menutupi permukaan tanah dengan kelimpahan yang tidak banyak misalnya dari jenis Markisa hutan *Passiflora foetida* L., dan Putri malu *Mimosa pudica* L. Tumbuhan bawah dari vegetasi herba yang biasa dijumpai pada area revegetasi berasal dari jenis Senggani *Melastoma malabathricum* dan Bandotan *Ageratum conyzoides* L. Sedangkan tumbuhan bawah dari vegetasi tumbuhan pemanjat (liana) berasal dari jenis tumbuhan Bambu tali *Gigantochloa* sp.

Tumbuhan bawah yang melimpah dan dijumpai pada area virgin berasal dari jenis tumbuhan penutup tanah (*Cover crop*) dari famili Cyperaceae yaitu dari jenis Rumput jarum *Baumea rubiginosa* dan Rumput Pipih *Machaerina deplanchei*. Sedangkan pertumbuhan tumbuhan bawah dari vegetasi semak yang paling dominan ditemukan di area ini dari jenis Kirinyuh *Chromolaena odorata* L., Tembelekan *Lantana camara*, dan Senggani *Melastoma malabathricum*. Selain itu tumbuhan bawah dari suku anggrek yang sering dijumpai tumbuh alami di bawah tegakan cemara laut di area revegetasi berasal dari jenis tumbuhan Anggrek tanah *Spathoglottis plicata* dan Anggrek vanda *Vandopsis* sp. Kedua jenis tumbuhan ini paling banyak dijumpai tumbuh di area revegetasi tahun 2015 (N8). Adapun jenis tumbuhan bawah yang lain dan juga tumbuh di area revegetasi maupun area virgin secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 2.

Umumnya tanaman penutup tanah yang tumbuh pada area tersebut merupakan (*cover crop*) tanaman yang memang sengaja ditanam. Selain itu, keterbukaan tajuk tumbuhan revegetasi mendukung pertumbuhan tanaman penutup tanah. Sedangkan pada area yang tajuk tumbuhannya sudah rapat dan lebat terlihat persentase penutup tanahnya relatif akan menurun, namun masih

berada pada batas normal hingga tidak terdapat tanaman penutup tanah. Terkecuali pada area terganggu yang merupakan bekas tambang yang belum direvegetasi memiliki persentase tanaman penutup tanah yang memiliki persentase penutup tanah yang kurang jika dibandingkan dengan area revegetasi yang lain. Beberapa area pemantauan mengalami persentase *Cover crop* yang menurun akibat serasah daun Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. yang menutupi seluruh permukaan tanah sehingga tanaman *Cover crop* sulit untuk tumbuh.

Kecepatan penutupan tanah menjadi salah satu syarat suatu tumbuhan dapat digunakan sebagai tanaman penutup tanah. Kecepatan penutupan tanah sangat dipengaruhi oleh persentase tumbuhan hidup, tinggi/panjang tumbuhan, jumlah cabang, dan jumlah daun. Intensitas cahaya rendah menyebabkan laju fotosintesis terhambat sehingga pertumbuhan tanaman seperti lebar daun jumlah daun, panjang daun, dan lebar tajuk menurun (Suci dan Heddy, 2018).

Pemantauan flora di Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester I tahun 2023 pada dua belas area pemantauan menunjukkan penambahan diameter batang dan tinggi tumbuhan. Namun, adanya lokasi baru yang menjadi lokasi pemantauan baru di semester ini memberikan nilai INP dan perhitungan rerata tinggi yang cenderung turun dari pemantauan sebelumnya. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan komposisi jenis, serta adanya faktor pertumbuhan yang berbeda dengan komposisi tumbuhan di lokasi sebelumnya.

Khusus pada area revegetasi yang merupakan lahan bekas tambang menunjukkan keberhasilan dengan pertumbuhan tanaman revegetasi yang baik, yang disertai dengan munculnya semaian tanaman lokal yang tumbuh di sekitar tanaman revegetasi. Nampak pula bahwa semakin tua umur area revegetasi semakin meningkat pula jenis tumbuhan yang terpantau di dalamnya, hal ini mencirikan adanya perkembangan proses suksesi sekunder walaupun tidak akan sama persis lagi dengan keadaan sebelumnya, sebelum dilakukan penambangan.

Tanaman revegetasi dari jenis Cemara laut, Gamal, Sengon laut, dan Sengon buto di jumpai memiliki pertumbuhan dan perkembangan yang kurang akibat tanaman yang patah di beberapa area penanaman. Kerusakan pohon yang ada di beberapa area tersebut menyebabkan pohon menjadi patah hingga mati. Patah dan

matinya suatu pohon disebabkan oleh beberapa faktor, seperti rusaknya pohon karena terinfeksi oleh jamur penyakit atau terserang hama sehingga pohon cenderung lemah dan mudah patah. Adapun lokasi kerusakan pohon tersebut berada di Bukit III (Area Revegetasi 2015, WTU), Bukit TY.2 (Area Revegetasi 2016, WTT), Bukit I (Area Revegetasi 2016, WTU), Bukit TY.2 (Area Revegetasi 2017, WTT), Bukit Fortuner (Area Revegetasi 2018, WTS), Bukit Triton (Area Revegetasi 2019, WTS), dan Bukit Triton (Area Revegetasi 2020, WTS). Jenis tumbuhan yang mengalami peningkatan pertumbuhan yang sangat cepat pada beberapa daerah di jumpai pada tumbuhan jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. Hal ini dikarenakan pada semua lokasi pemantauan terdapat semai alami tumbuhan jenis ini di area revegetasi baik pada habitus pancang maupun habitus semai.

Berdasarkan pemantauan pada flora darat di lingkungan PT Antam, Tbk. Semester 1 tahun 2023 menunjukkan bahwa komposisi tumbuhan yang ada di area virgin (alami) berbeda dengan tumbuhan yang ada di area revegetasi. Tumbuhan di area virgin pada empat habitus tumbuhan didominasi oleh tumbuhan jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br., Kayu besi *Xantosthemon aurantiacus*, Mangga-mangga *Buchanania arborescens*, dan Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq. Sedangkan tumbuhan di area revegetasi pada empat habitus tumbuhan didominasi oleh tumbuhan jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. Sengon laut *Paraserianthes falcataria*, Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* dan Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. Tumbuhan penutup tanah (*cover crop*) di area virgin didominasi oleh tumbuhan jenis Rumput jarum *Baumea rubiginosa* dan Rumput Pipih *Machaerina deplanchei*, sedangkan di area revegetasi didominasi oleh tumbuhan jenis Rumput TF *Panicum* sp. (tumbuhan rumput revegetasi).

Penyusun vegetasi tumbuhan di area virgin dan area revegetasi didominasi oleh tumbuhan pada habitus pohon, pancang dan regenerasinya (semai). Berdasarkan status konservasinya, beberapa jenis tumbuhan yang khas dan mendominasi di wilayah PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka yang dijumpai pada pemantauan semester 1 tahun 2023 menggunakan data dari *International Union for Conservation of Nature Red List of Threatened Species (IUCN), Convention*

on *International Trades On Endangered Species of Wild flora and fauna* (CITES), sifat endemiknya di Sulawesi, dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.106/MENLHK//SETJEN/KUM.1/12/2018 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.20/MENLHK//SETJEN/KUM.1/6/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang di Lindungi. Daftar beberapa jenis tumbuhan yang masuk dalam keempat klasifikasi konservasi tersebut secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Jenis tumbuhan khas dan mendominasi di wilayah Antam.

No	Jenis	Nama Spesies	Famili	Status Konservasi			Ket
				IUCN	CITES	P 106	
1	Tirotasi	<i>Alstonia spectabilis</i> R.Br	Apocynaceae	LC	-	-	-
2	Cemara gunung	<i>Casuarina junghuhniana</i> Miq.	Casuarinaceae	LC	-	-	-
3	Cemara laut	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	LC	-	-	-
4	Dengen	<i>Dillenia serrata</i> Thunb.	Dilleniaceae	LC	-	-	E
5	Mangga-mangga	<i>Buchanania arborescens</i> (Blume)	Anacardiaceae	LC	-	-	-
6	Kayu besi	<i>Xanthostemon aurantiacus</i>	Myrtaceae	LC	-	-	-
7	Knema	<i>Knema celebica</i> de Wilde.	Myrtaceae	VU	-	-	E
8	Bitti	<i>Vitex cofasssus</i>	Lamiaceae	LC	-	-	-
9	Belimbing hutan	<i>Sarcotheca celebica</i> Veldkamp.	Oxalidaceae	LC	-	-	E
10	Kersen hutan	<i>Trema orientale</i> (L.) Blume	Cannabaceae	LC	-	-	-
11	Nyamplung	<i>Calophyllum inophyllum</i>	Calophyllaceae	LC	-	-	-
12	Kantong Semar	<i>Nepenthes</i> sp.	Nepenthaceae	-	App II	*	-

Sumber: Database Flora darat, Agustus 2023

Keterangan:

LC : Least Concern (Risiko Rendah)

VU : Vulnerable (Rentan)

E : Endemik Sulawesi

App II : Appendix II

* : Dilindungi

P 106 : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.106/MENLHK//SETJEN/KUM.1/12/2018

Jenis tumbuhan tersebut diatas dapat dijumpai pada seluruh lokasi pemantauan dan lebih rincinya dapat dilihat pada Lampiran 1. Khusus pada jenis tumbuhan Knema *Knema celebica* yang memiliki status IUCN (*Vulnerable*) dan

endemik di Sulawesi dijumpai pada di area Bukit III (Revegetasi 2015), WTU. Sedangkan jenis tumbuhan Kantong semar *Nepenthes* sp. termasuk tumbuhan yang dilindungi berdasarkan status perlindungannya yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.106/MENLHK//SETJEN/KUM.1/12/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang dilindungi dijumpai pada di area Bukit III (Revegetasi 2015), WTU. Oleh karena itu, selain kedua jenis tumbuhan ini yang harus dilindungi oleh perusahaan, juga perlu dipertimbangkan perlindungan dan perbanyakan (penanamannya) pada beberapa jenis tumbuhan lain khususnya pada jenis tumbuhan yang khas, mendominasi dan memiliki sifat endemik di Sulawesi.

Variasi distribusi tanaman pada masing-masing area dipengaruhi oleh kemampuan tumbuhan untuk bertahan hidup dan bereproduksi secara maksimum karena kompetisi spesies menyebabkan dominansi dan mempengaruhi spesies tumbuhan yang rentan terhadap persaingan antar spesies (Hailu, 2017). Perbedaan jumlah, spesies, famili, total luas bidang dasar, dan komposisi vegetasi disebabkan karena perbedaan pengaruh lingkungan lokal seperti gradien gangguan dan karakteristik vegetasi (Bhatt and Khanal, 2010). Penyebaran luasan suatu famili juga dapat ditentukan oleh jumlah benih, kemampuan penyebaran, dan berbagai toleransi ekologi. Jika suatu ekosistem memiliki variasi tumbuhan atau keberanekaragaman tumbuhan pada suatu kawasan akan menunjukkan tingkat kestabilan suatu ekosistem, yang pada akhirnya akan merangsang banyaknya satwa yang akan menjadikan kawasan tersebut sebagai habitatnya (Odum, EP 1993; Primack, RB *et al.*, 1998).

Indeks Nilai Penting (INP) menggambarkan besarnya pengaruh yang diberikan oleh suatu spesies dalam komunitas. Jika nilai INP suatu spesies tinggi menunjukkan bahwa spesies tersebut merupakan jenis yang dominan, menyebar luas dan menguasai suatu hutan. Nilai indeks rendah menunjukkan bahwa terdapat tekanan ekologi tinggi, baik yang berasal dari faktor biotik atau faktor abiotik. Tekanan ekologi yang tinggi menyebabkan sebagian jenis tumbuhan tidak dapat bertahan hidup di suatu lingkungan (Nizar *et al.*, 2016). Walaupun demikian bahwa bisa saja terdapat tumbuhan yang memiliki nilai INP tinggi pada tingkat semai dan pancang, tetapi tumbuhan tersebut kurang mampu bersaing pada

generasi tingkat habitus tiang dan pohon selanjutnya, karena itu juga bergantung pada modus hidup habitus (pohon, perdu, semak, herba, liana dll), dari setiap jenis tumbuhan.

Indeks nilai penting jenis tumbuhan merupakan salah satu parameter yang menunjukkan peranan jenis tumbuhan tersebut dalam komunitasnya. Selain itu, nilai INP yang tinggi menunjukkan bahwa jenis tersebut mampu merebut zat hara sinar matahari dan ruang tumbuh lebih banyak dari jenis lainnya, sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan diameter pohon. Spesies tumbuhan yang memiliki indeks nilai penting yang lebih tinggi dari yang lainnya dikarenakan spesies tumbuhan tersebut cukup mendominasi dan menyebar pada seluruh stasiun penelitian sehingga nilai dominasinya tinggi. Selain karena tumbuhan tersebut mendominasi, tingginya nilai INP suatu jenis tumbuhan disebabkan karena tumbuhan tersebut mempunyai daya adaptasi yang lebih baik dari jenis lainnya. Nilai INP dapat dijadikan sebagai parameter kuantitatif untuk menyatakan tingkat dominansi spesies-spesies dalam suatu komunitas tumbuhan. Spesies yang dominan memiliki nilai INP yang tinggi sehingga memiliki peranan yang paling penting di dalam kawasan tersebut. Sebaliknya, INP yang rendah mengindikasikan bahwa jenis-jenis tersebut sangat potensial untuk hilang dari ekosistem jika terjadi tekanan karena jumlahnya sangat sedikit, kemampuan reproduksi rendah dan penyebaran yang sempit (Nurlia dan Karim, 2020).

Untuk meningkatkan hasil revegetasi lebih lanjut, sebaiknya dilakukan pemilihan dan pengvariasian tumbuhan revegetasi yang diambil dari tumbuhan setempat yang sudah teradaptasi dengan faktor edafit (tanah) dan iklim setempat, baik itu tumbuhan penghasil bunga, buah, dan kayu yang memiliki arti ekonomi penting.

Tumbuhan pioner atau tumbuhan perintis yang tumbuh secara alami pada area revegetasi dan merupakan tumbuhan endemik Sulawesi yang khas dengan kondisi tempat tumbuh pada tanah bersifat ultrabasa dan tanahnya mengandung nikel dan besi yaitu dari tumbuhan Belimbing hutan (nama lokal) atau Belimbing bajo *Sarcotecha celebica* Veldkamp. Selain itu terdapat pula jenis tumbuhan Kersen hutan *Trema Orientale* L. (Blume) yang juga sering dijumpai di area revegetasi. Menurut Mangopang (2016), jenis tumbuhan lokal yang diketahui

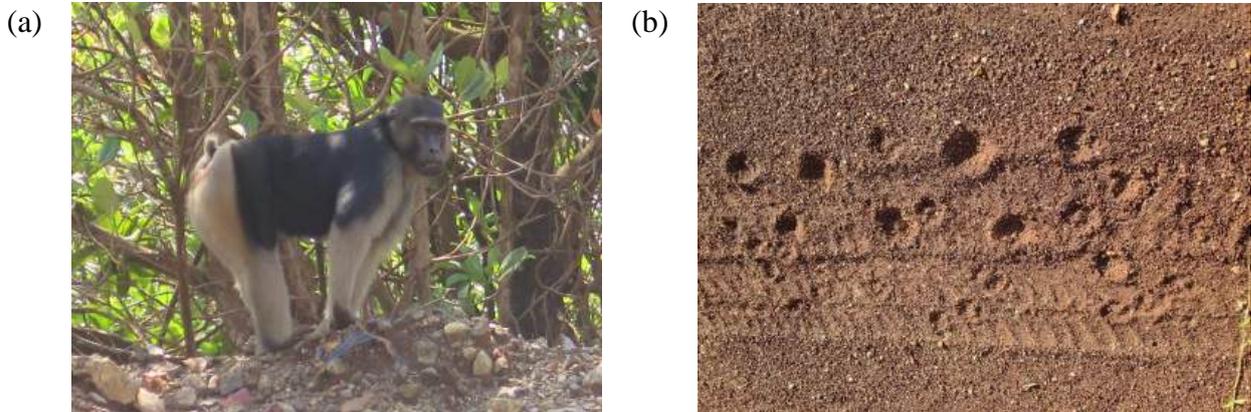
tumbuh secara alami disekitar areal penambangan nikel di Sulawesi adalah Kersen hutan *Trema Orientale* L. (Blume). Tumbuhan ini merupakan tumbuhan pionir yang adaptif dan bersifat katalitik untuk rehabilitasi lahan pascatambang karena tumbuh relatif cepat dan tidak memerlukan perawatan yang intensif. Tumbuhan jenis ini mampu tumbuh berasosiasi dengan tanaman revegetasi yang lain di area revegetasi.

Beberapa jenis tumbuhan lainnya yang perlu dipertimbangkan untuk ditanam, karena sifatnya tumbuh pada daerah ultrabasa dan endemik Sulawesi, walaupun dalam pemantauan belum terdeteksi keberadaanya di lokasi Tambang Perusahaan, yaitu Majegau *Dysoxylum* sp. (hidup di tanah ultrabasa), *Gironniera subaequalis* Planch. (tanah ultra-basa), *Kalappia celebica* Kosterm (endemik Sulawesi pada tanah mengandung besi), *Macadania heldebrandii* Steen (endemik Sulawesi pada tanah mengandung nikel), *Hopea celebica* Burck (Endemik Sulteng dan Sultra), *Manilkara fasciculata* (Warb) (endemik Sulawesi pada tanah ultrabasa) dan *Deplanchea bancana* (Scheff) Steenis. Sedangkan jenis lainnya yang dapat dipertimbangkan sebagai tanaman reboisasi misalnya *Eucalyptus deglupta* Blume. (cepat tumbuh dan biasanya banyak digunakan untuk reforestrasi di daratan rendah dan basah) dan Gaisel *Homalanthus populreus* (sebagai tumbuhan pioner dalam kegiatan reboisasi karena cepat tumbuh). Demikian pula perlu pertimbangan mendalam pada jenis tumbuhan Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* A. Cunn, exBth, Kirinyuh *Chromolaena odorata* L., Tembelekan *Lantana camara*, Putri malu, *Mimosa pudica*, Lamtoro *Leucaena* sp., Alang-alang *Imperata cylindrica* L. (penghasil zat allelopati pada akar), karena tumbuhan ini sangat invasif, sehingga jika sudah tumbuh dalam jumlah banyak akan susah dalam mengendalikannya.

4.1.2 Fauna Darat

Pengamatan fauna darat dilakukan untuk memperoleh data fauna (baik Mamalia, Burung, maupun Reptilia) yang ada di wilayah pertambangan yang mencakup jumlah jenis, jumlah individu, status perlindungan dan konservasi, indeks keanekaragaman jenis, serta analisis habitat yang dimanfaatkan oleh fauna darat. Keberadaan fauna darat sangat dipengaruhi oleh keadaan habitat pada suatu wilayah. Oleh karena itu, kondisi fauna darat dapat dijadikan sebagai bioindikator

lingkungan dari suatu wilayah, yang digunakan oleh fauna darat sebagai tempat untuk berlindung, mencari makan, dan bersarang. Jenis-jenis fauna yang berada di sekitar wilayah PT Antam Tbk dapat dilihat pada Lampiran VIII.1.



Gambar 4.18 (a) Monyet Digo yang dijumpai di Bukit Oscar, WTS (b) Jejak kaki Babi Hutan yang sering dijumpai di wilayah pengamatan

Fauna dari kelas Reptilia yang tercatat adalah Sulawesi Mangrove Snake (*Boiga dendrophila gemmicincta*), Biawak (*Varanus salvator*), Kadal (*Eutropis* sp.) dan Cecak Terbang (*Draco* sp.). Fauna dari kelas Mamalia yang dijumpai secara langsung adalah Monyet Digo (*Macaca ochreata*, Gambar 4.18 a), Anjing (*Canis* sp. dan Kucing (*Felis catus*). Sementara mamalia lainnya yaitu, Babi hutan (*Sus* sp., Gambar 4.18 b), dan Sapi (*Bos* sp.). Berdasarkan daftar merah IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), Monyet Digo (*Macaca ochreata*) tergolong jenis mamalia yang rentan terhadap kepunahan (*Vulnerable*, VU) dan tergolong ke dalam status Appendix II dalam pengawasan perdagangan internasional (CITES). Jenis ini merupakan jenis endemik di Sulawesi Tenggara.

Pada pemantauan 2023 semester I ini, intensitas perjumpaan dengan Monyet Digo di lokasi pengamatan cukup tinggi, baik di hutan virgin, area revegetasi, ataupun di jalan-jalan di sekitarnya. Aktivitas satwa liar mencari sumber pakan lain di luar habitat aslinya yang diduga sebagai akibat perubahan habitat (*habitat change*) dan iklim (*climate change*), dapat memicu peningkatan konflik manusia-hewan (*humanwildlife conflicts*) maupun ancaman zoonosis (perpindahan penyakit dari hewan ke manusia atau sebaliknya (Wolfe et al. 2005).

Aktivitas mendapatkan pakan secara langsung dan mengunyah pakan dengan tenang yang ditunjukkan oleh kawanan Monyet Digo seperti yang sering

dijumpai di sekitar TPA menunjukkan bahwa mereka telah terbiasa dengan kehadiran manusia yang berada di sekitar TPA, seperti petugas sampah maupun masyarakat yang hendak membuang sampah. Kemampuan adaptasi monyet terhadap lingkungan di luar habitatnya perlu diperhatikan, karena semakin tinggi interaksi antara manusia dengan satwa liar, maka resiko penyebaran zoonosis semakin besar (Wolfe et al. 2005).

Peristiwa monyet yang turun untuk mendapatkan pakan di hamparan sampah, memungkinkan tingginya interaksi antara monyet dengan manusia. Beberapa penelitian telah menyebutkan bahwa monyet dapat menjadi host terhadap berbagai penyakit zoonosis, seperti tularemia (MatzRensing et al. 2007), tuberkulosis (McMurray 2000), dan hepatitis (Dupinay et al. 2013). Penelitian Karim et al. (2014) menunjukkan bahwa monyet positif terinfeksi *Enterocytozoon bieneusi* dan berpotensi menular pada manusia.

Jenis fauna darat yang dijumpai di wilayah pertambangan umumnya berasal dari kelas Aves (burung). Hal ini dapat disebabkan oleh fauna burung umumnya hidup secara liar dan memiliki mobilitas yang tinggi. Pada wilayah pertambangan PT Antam Tbk terdapat berbagai macam habitat yang meliputi area bervegetasi alami (hutan virgin), area pasca tambang yang telah direvegetasi, area bervegetasi yang telah terganggu oleh aktivitas tambang, dan sekitar aktivitas pertambangan (area perkantoran dan pemukiman).

4.1.2.1 Fauna Burung di WTU, WTT, WTS PT Antam Tbk

Analisis komponen biotik terutama fauna burung di dalam ekosistem penting dilakukan untuk mengetahui respon biologi terhadap perubahan lingkungan terutama akibat degradasi kualitas lingkungan. Menurut Magguran (1983), analisis struktur komunitas dapat memberikan gambaran komposisi atau keanekaragaman suatu komunitas, sehingga dapat diperkirakan keadaan komunitas di suatu habitat.

Pengamatan fauna burung di area pertambangan dilakukan berdasarkan 9 (sembilan) kategori habitat, yaitu area terganggu (N0), revegetasi 2022 (N1), revegetasi 2021 (N2), revegetasi 2020 (N3), revegetasi 2019 (N4), revegetasi 2018 (N5), revegetasi 2017 (N6), revegetasi 2016 (N7), revegetasi 2015 (N8), dan

area virgin. Pengamatan yang dilakukan pada kesembilan habitat tersebut ditujukan untuk melihat perbedaan struktur populasi dan keanekaragaman fauna burung pada masing-masing habitat, berdasarkan jenis dan usia vegetasi. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *point count* ditemukan sebanyak 38 jenis fauna burung dengan total 1308 individu, dengan rincian masing-masing habitat yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTU, WTT, dan WTS.

Uraian	Lokasi									Area Virgin	Jumlah Akumulasi
	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8		
Total Jenis	2	11	16	20	21	16	16	20	18	29	38
Total Individu	2	48	118	151	134	101	117	146	151	340	1308
Endemik Sulawesi	1	5	6	5	2	6	4	4	1	9	10
Status Perdagangan:											
Appendix I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Appendix II	-	-	1	-	1	-	1	-	1	4	5
Status Perlindungan RI:											
Dilindungi	-	-	1	-	1	-	1	-	1	4	5

Berdasarkan Tabel 4.3, dari total 38 jenis fauna burung yang dijumpai, terdapat lima jenis (13.15%) yang dilindungi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, yaitu burung Elang sulawesi (*Nisaetus lanceolatus*), Elang flores (*Nisaetus floris*, Gambar 4.19), Elang bondol (*Haliastur indus*), Kangkareng sulawesi (*Rhabdotorrhinus exarhatus*), dan Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*). Kelima jenis burung tersebut juga termasuk ke dalam kategori Appendix II dalam peraturan perdagangan internasional (CITES, 2022).



Gambar 4.19 Elang flores (*Nisaetus floris*), burung berstatus *Critically Endangered/CR*, yang dijumpai di area virgin, Wilayah Tambang Tengah.

Berdasarkan daftar merah *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN-red list)* (IUCN, 2022), terdapat dua jenis yang tergolong ke dalam kategori terancam, yaitu Elang flores (*Nisaetus floris*) dengan kategori *Critically Endangered/CR*, dan Kangkareng sulawesi (*Rhabdotorrhinus exarhatus*) dengan kategori *Vulnerable/VU*.



Gambar 4.20 Kadalan sulawesi (*Rhamphococcyx calyorhynchus*), burung endemik sulawesi yang sering dijumpai di beberapa wilayah pertambangan.

Selain itu, terdapat sepuluh jenis (26.31%) yang merupakan burung endemik Sulawesi yaitu Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*), Kehicap sulawesi (*Hypothymis puella*), Pelanduk sulawesi (*Pellorneum celebense*), Cabai panggul-kelabu (*Dicaeum celebicum*), Cabai panggul-kuning (*Dicaeum aureolimbatum*),

Kangkareng sulawesi (*Rhabdotorrhinus exarhatus*), Kepudang-sungu sulawesi (*Edolisoma morio*), Caladi sulawesi (*Yungipicus temminckii*), Elang sulawesi (*Nisaetus lanceolatus*), dan Kadalan sulawesi (*Rhamphococcyx calyrorhynchus*, Gambar 4.20).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dijumpai tiga spesies Elang yang ada di lokasi pengamatan. Sebagai burung pemangsa atau predator, elang berfungsi dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Elang memangsa hewan-hewan kecil yang cepat berkembangbiak, seperti tikus, kadal dan bajing. Perburuan elang akan berdampak buruk bagi penurunan populasi satwa langka yang reproduksinya lambat ini. Hilangnya elang juga akan merugikan petani dan masyarakat secara umum akibat ledakan populasi hama tikus.

Selain itu, pada pemantauan ini tercatat Kangkareng Sulawesi (*Rhabdotorrhinus exarhatus*), yang diamati secara tidak langsung, yaitu dengan suara yang terdengar. Suara tersebut terdengar di dua lokasi, yaitu di Bukit TLE-TLF (area revegetasi 2015, WTT), dan Bukit VI (area virgin, WTU). Sebagai salah satu jenis rangkong dari famili Bucerotidae atau burung *hornbill*, Kangkareng Sulawesi tergolong jenis rangkong berukuran kecil, dan menurut Hadiprakarsa dan Winarni (2007), beberapa jenis rangkong yang berukuran tubuh kecil dan bersifat teritorial memiliki tingkat kepekaan yang tinggi terhadap gangguan habitat seperti adanya perluasan tanaman perkebunan yang menyebabkan terjadinya fragmentasi habitat. Keberadaan pohon sebagai sarang dan sumber pakan merupakan dua hal yang penting bagi kelestarian burung rangkong (Himmah, Utami dan Baskoro, 2010).

Ketersediaan pakan dalam suatu tipe habitat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberadaan burung rangkong (Mangangantung, Deidy, Saroyo dan Maabaut, 2015). Ketersediaan sumber pakan bagi burung rangkong sangat didukung dengan keberadaan jenis *Ficus* yang menjadi sumber pakan utamanya. Burung rangkong menghabiskan waktunya di bagian atas tajuk hutan dengan makanan utama buah-buahan, serangga, reptil kecil, hewan pengerat, dan burung-burung kecil (Widjojo, 2011). Oleh karena itu, peran ekologi burung rangkong sebagai pemancaran biji sangat penting bagi keberlanjutan dan penyeimbang ekosistem hutan. Biji dari buah yang dikonsumsi burung rangkong

yang tidak hancur ketika dicerna akan tumbuh dan berkembang dan menjadi individu baru. Hubungan timbal balik antara tumbuhan sebagai produsen dengan konsumen yaitu burung rangkong memiliki keterkaitan yang erat sehingga jika salah satunya mengalami kepunahan akan berpengaruh terhadap keberlanjutan ekosistem hutan (Mangangantung dkk., 2015).



Gambar 4.21 Burung-madu sriganti (*Leptocoma aspasia*) yang memiliki kelimpahan relatif yang tinggi pada beberapa habitat di area pertambangan.

Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi pada masing-masing habitat dapat dilihat pada Tabel 4.4. Masing-masing habitat yang ada di area pertambangan menunjukkan kelimpahan relatif fauna burung yang cukup seragam. Umumnya, jenis dengan kelimpahan relatif tertinggi ditunjukkan oleh jenis Burung-madu sriganti (*Cinnyris jugularis*) (Gambar 4.21), Burung-madu hitam (*Leptocoma aspasia*), dan Cucak kutilang (*Pycnonotus aurigaster*), yang ditemukan melimpah di beberapa habitat. Menurut Mackinnon (2010), burung Madu Sriganti merupakan burung madu yang paling umum di daerah dataran rendah terbuka. Hal tersebut dapat disebabkan oleh jenis vegetasi yang ada di beberapa habitat sangat mendukung keberadaan jenis-jenis tersebut, baik untuk mencari makan ataupun bersarang.

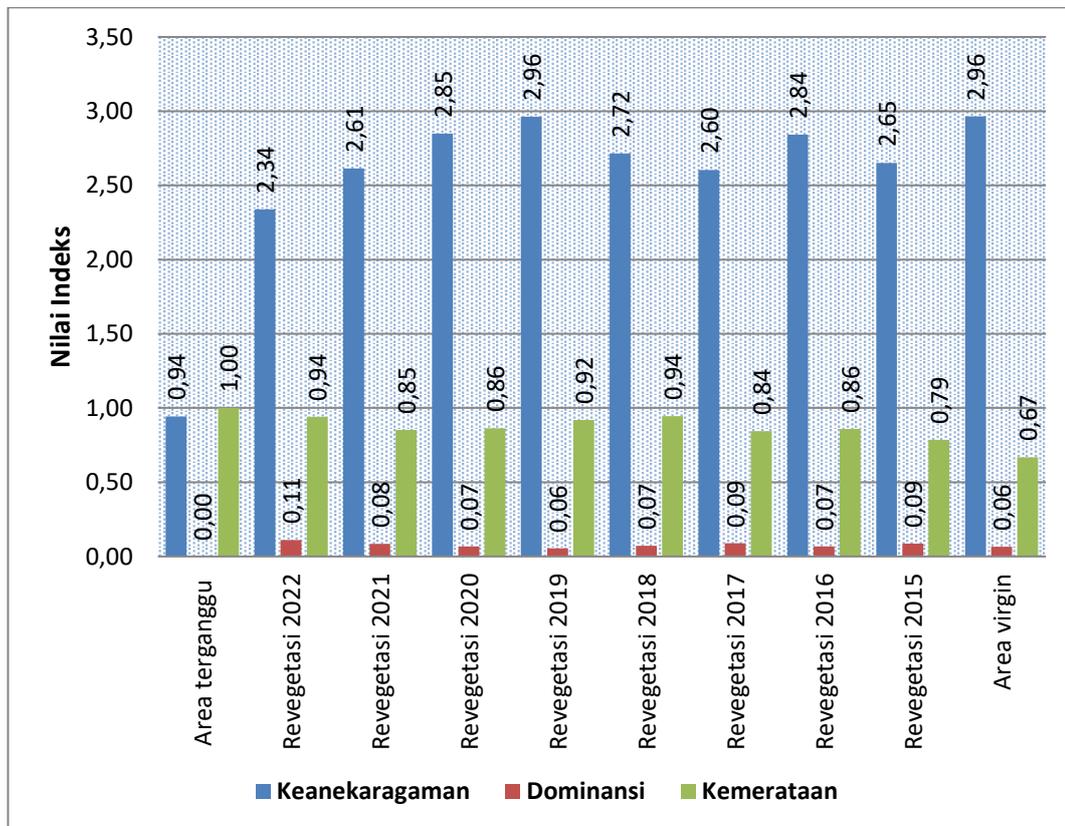
Tabel 4.4 Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi di setiap habitat.

Nama Lokal	Nama Latin	Kelimpahan Relatif
------------	------------	--------------------

Area Terganggu		
Cabai panggul-kuning	<i>Dicaeum aureolimbatum</i>	50%
Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	50%
Rehabilitasi 2022		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	20,8%
Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	18,8%
Rehabilitasi 2021		
Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	16,1%
Kirik-kirik australia	<i>Merops ornatus</i>	12,7%
Revegetasi 2020		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	13,2%
Kacamata laut	<i>Zosterops chloris</i>	11,3%
Wiwik uncuung	<i>Cacomantis sepulcralis</i>	11,3%
Revegetasi 2019		
Wiwik uncuung	<i>Cacomantis sepulcralis</i>	11,2%
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	9%
Revegetasi 2018		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	14,9%
Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	12,9%
Revegetasi 2017		
Kacamata laut	<i>Zosterops chloris</i>	20,5%
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	11,1%
Revegetasi 2016		
Kapasan sayap-putih	<i>Lalage sueurii</i>	14,4%
Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	11,6%
Revegetasi 2015		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	17,9%
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	13,3%
Area Virgin		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	12,4%
Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	11,2%

Analisis keanekaragaman fauna burung pada masing-masing habitat meliputi indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), indeks dominansi Simpon (D), dan indeks pemerataan Pielou (E). Histogram perbandingan nilai indeks pada masing-masing habitat dapat dilihat pada Gambar 4.22. Indeks keanekaragaman spesies burung pada semua lokasi tergolong kategori keanekaragaman sedang ($1 < H' < 3$), kecuali di area terganggu yang memiliki keanekaragaman rendah ($1 > H'$). Nilai keanekaragaman yang berkisar antara 0,94 – 2,96. Keanekaragaman

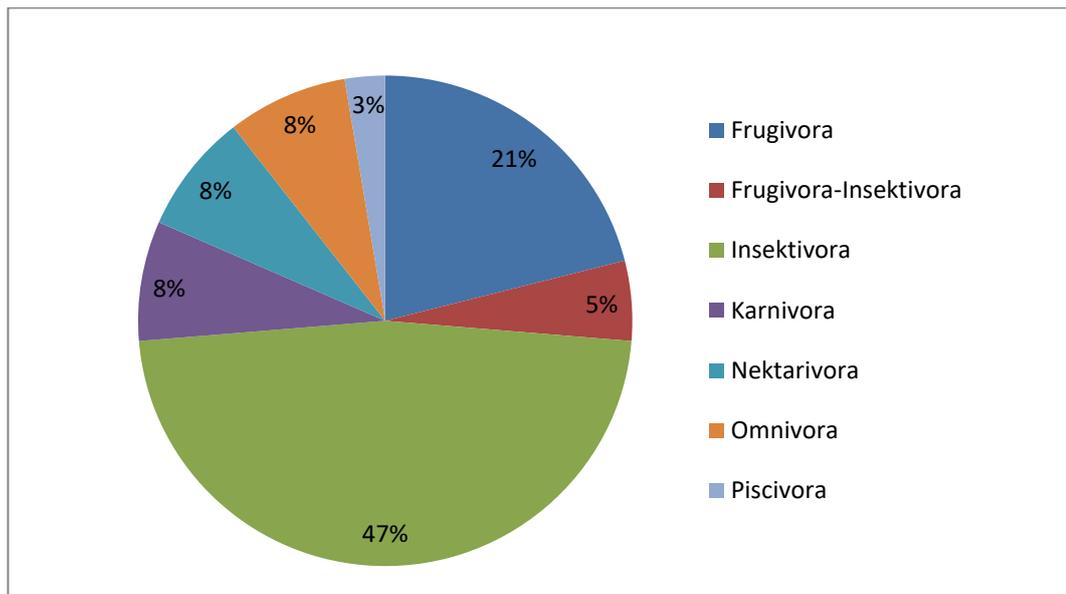
terendah terdapat pada area terganggu dan tertinggi terdapat pada area virgin dan aera revegetasi 2019.



Gambar 4.22 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan kemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di PT. Antam Tbk.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, nilai indeks keanekaragaman yang diperoleh tidak mewakili usia vegetasi. Hal itu dapat dilihat dari nilai indeks pada area revegetasi 2019 yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan usia vegetasi yang lebih tua (2018 – 2015), dan memiliki indeks keanekaragaman yang sama dengan area virgin (2,96). Perbedaan nilai indeks keanekaragaman dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kondisi vegetasi, waktu pengamatan, dan kondisi cuaca (seperti hujan dan matahari yang terik). Meskipun demikian, semua habitat pada area revegetasi tergolong dalam kategori sedang ($1 < H' \leq 3$), yang berarti bahwa habitat yang ada tergolong baik bagi kehidupan spesies-spesies satwa yang ada di dalamnya, termasuk burung, melalui ketersediaan kebutuhan hidup burung yang mencakup pakan, tempat bersarang, dan tempat beraktivitas (Dewi *et al.*, 2007).

Indeks dominansi yang diperoleh di seluruh habitat memiliki nilai yang mendekati 0 (berkisar antara 0,00 – 0,11), yang berarti bahwa tidak terdapat spesies tertentu yang mendominasi di habitat tersebut. Sejalan dengan Indeks pemerataan di seluruh habitat menunjukkan nilai yang mendekati 1, dengan nilai yang berkisar antara 0,67 – 1. Habitat dengan nilai indeks pemerataan yang mendekati 1 dianggap memiliki persebaran fauna burung yang merata pada setiap titik pengamatan.



Gambar 4.23 Proporsi jumlah jenis berdasarkan *feeding guild* pada masing-masing habitat di PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka.

Berdasarkan hasil analisis, burung yang ditemukan pada semua habitat di area pertambangan sangat beragam, yaitu terbagi ke dalam tujuh jenis *feeding guild* (kelompok pakan) dengan proporsi masing-masing *guild* yang dapat dilihat pada Gambar 4.23. Diantara kesembilan jenis tersebut, kelompok burung insektivora (pemakan serangga) yang mendominasi dengan proporsi sebesar 47%, yang kemudian diikuti oleh kelompok burung frugifora (pemakan buah) dengan proporsi sebesar 21%.

Komposisi *guild* merupakan kumpulan spesies yang memanfaatkan suatu sumber daya dengan cara yang sama (Morin, 1999). Pengamatan terhadap komposisi *guild* di suatu daerah sangat baik dijadikan sebagai indikator. Hal ini dikarenakan komposisi *guild* bisa memberikan gambaran aliran energi dan makanan dalam suatu ekosistem. Selain itu, kajian mengenai *guild* pakan

komunitas burung khususnya pada masing-masing habitat di kawasan pertambangan PT Antam Tbk diperlukan untuk memberikan gambaran mengenai kemampuan masing-masing habitat dalam mendukung kehidupan burung, khususnya sumberdaya pakan.



Gambar 4.24 Wivik uncuwing (*Cacomantis sepulcralis*) dari Famili Cuculidae, salah satu burung insektivora yang sering dijumpai di wilayah pengamatan.

Burung insektivora (pemakan serangga) yang mendominasi dengan proporsi sebesar 47% terdiri dari famili Apodidae, Campephagidae, Cuculidae, Dicuridae, Hemiprocnidae, Hirundinidae, Meropidae, Monarchidae, Muscicapidae, dan Timaliidae. Tingginya persentase burung insektivora yang ada di wilayah pengamatan disebabkan oleh tingginya populasi serangga sebagai sumber pakan utamanya. Hal tersebut terjadi di beberapa lokasi pengamatan, dimana terdapat banyak Ulat bulu di ranting dan dedaunan pohon Cemara laut di area reveetasi. Pada lokasi-lokasi tersebut, dijumpai banyak burung insektivora yang melakukan aksi *Foraging* (makan) di pepohonan cemara.

Menurut Ramdhani (2006), melimpahnya serangga yang ada di suatu habitat dapat disebabkan oleh berbagai hal seperti banyaknya jenis pohon tua dan besar yang kulit batangnya dihuni oleh berbagai jenis serangga. Tingginya aktivitas manusia di sekitar kawasan pertambangan, fragmentasi habitat, dan berkurangnya jumlah areal semak belukar membuat sebagian besar jenis burung pemakan serangga beraktivitas dan mencari pakan di kanopi pohon. Selain itu, serangga di daun atau ranting pohon yang berukuran kecil jumlahnya tidak

terpengaruh oleh aktivitas manusia (Seress dan Liker 2015), sehingga serangga selalu tersedia di ranting.

Setelah insektivora, *guild* terbesar kedua adalah frugivora (pemakan buah) sebesar 21%, yang terdiri atas famili Columbidae, Dicaeidae, Psittacidae, dan Zosteropidae. Cukup melimpahnya burung frugivora dapat mengindikasikan ketersediaan pohon berbuah pada area pertambangan PT Antam Tbk. Menurut Nathaniel dan Wheelwright (1985), tumbuhan penghasil buah yang berukuran kecil lebih menarik bagi burung pemakan buah, sebagaimana dijumpainya beberapa tumbuhan seperti Belimbing Hutan (*Sarcotheca celebica* Veldkamp) yang memiliki buah berukuran kecil di area pertambangan PT Antam Tbk.

Kehadiran burung frugivora dinilai sangat penting, karena merupakan salah satu agen yang efektif dalam proses membantu pelepasan daging buah dan kulit buah, serta dapat mempermudah germinasi biji dalam saluran cernanya (Whelan, *et al.*, 2008). Buah yang dimakan oleh burung memiliki biji yang tidak dapat dicerna oleh burung, kemudian dibuang bersama kotoran pada saat pergerakan burung pada habitatnya, hal tersebut dapat membantu proses regenerasi vegetasi dan persebaran tumbuhan pada habitat (Muhammad, *et al.*, 2018).

4.1.2.2 Fauna Burung di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM)

Pengamatan fauna burung di WTPM dilakukan berdasarkan dua kategori habitat, yaitu *Stockyard* (area terganggu) dan *Hauling Road* (area virgin). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *point count* ditemukan sebanyak 14 jenis fauna burung yang tergolong ke dalam 11 famili, dengan total 137 individu, dengan rincian masing-masing habitat yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTPM.

Uraian	Lokasi		Jumlah Akumulasi
	Stockyard (area terganggu)	Hauling Road (area virgin)	
Total Spesies	4	12	12
Total Individu	14	64	78
Endemik Sulawesi	-	4	4
Status Perdagangan:			

Appendix I	-	-	-
Appendix II	-	1	1
Status Perlindungan RI:			
Dilindungi	-	1	1

Jenis burung endemik sulawesi yang tercatat sebanyak empat jenis (33,3%), yaitu Kehicap sulawesi (*Hypothymis puella*, Gambar 4.25), Kepudang-sungu sulawesi (*Edolisoma morio*), Pelanduk sulawesi (*Pellorneum celebense*), dan Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*). Selain itu, terdapat satu jenis burung yang termasuk kategori Appendix II dalam peraturan perdagangan internasional (CITES) dan juga dilindungi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, yaitu Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*).



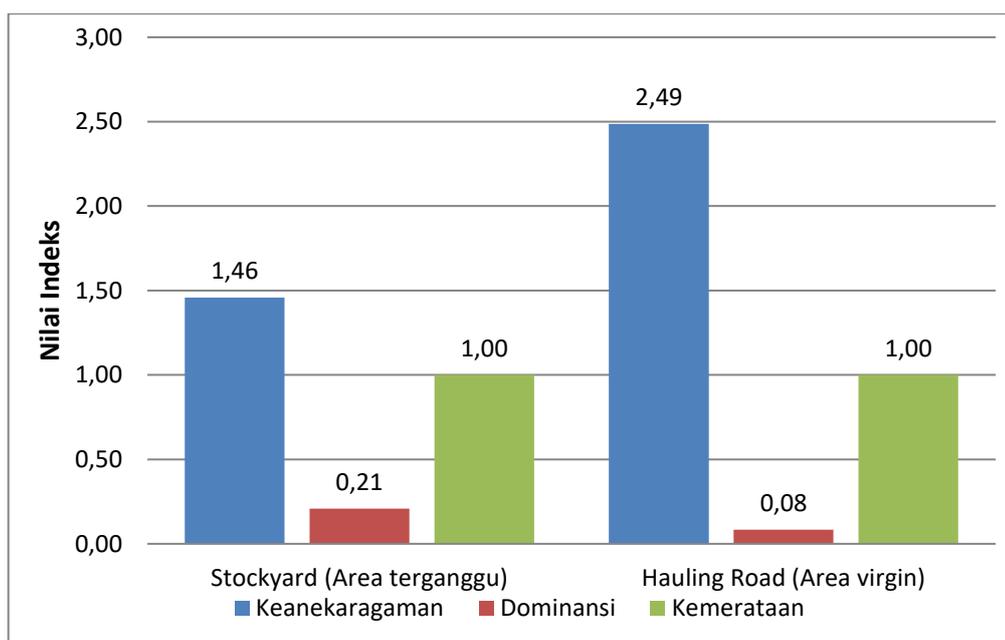
Gambar 4.25 Kehicap sulawesi (*Hypothymis puella*), salah satu burung endemik yang dijumpai di *Hauling Road* (area virgin), Pulau Maniang.

Kelimpahan relatif tertinggi pada masing-masing habitat dapat dilihat pada Tabel 4.6. Masing-masing habitat yang ada di WTPM menunjukkan kelimpahan fauna burung yang didominasi oleh jenis dari famili Nectariniidae. Jenis burung dengan kelimpahan relatif tertinggi baik di *Hauling Road* maupun di *Stockyard* adalah Burung-madu hitam (*Leptocoma aspasia*). Hal tersebut dapat disebabkan oleh banyaknya jenis vegetasi yang menghasilkan nektar sehingga sangat mendukung keberadaan jenis tersebut, baik untuk mencari makan ataupun bersarang.

Tabel 4.6 Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada masing-masing habitat di WTPM.

Nama Lokal	Nama Latin	Kelimpahan Relatif
Stockyard (area terganggu)		
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	28,6%
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	28,6%
Burung-madu kelapa	<i>Anthreptes malacensis</i>	28,6%
Hauling Road (area Virgin)		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	17,2%
Burung-madu hitam	<i>Cinnyris jugularis</i>	10,9%
Kehicap sulawesi	<i>Hypothymis puella</i>	10,9%

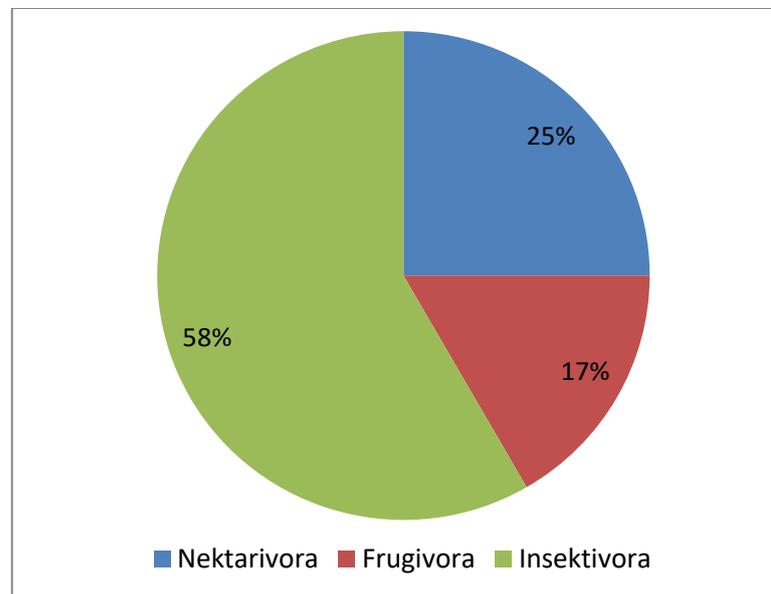
Hasil analisis keanekaragaman pada masing-masing habitat dapat dilihat pada Gambar 4.26, yang mencakup indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan. Indeks keanekaragaman terendah terdapat pada *Stockyard* (area terganggu) dengan nilai H' sebesar 1,38, yang tergolong kategori keanekaragaman sedang ($1 < H' \leq 3$). Indeks keanekaragaman pada *Hauling Road* (area virgin) menunjukkan nilai H' sebesar 2,64 yang juga tergolong keanekaragaman sedang. Nilai indeks keanekaragaman yang diperoleh di kedua habitat menunjukkan bahwa habitat tersebut tergolong baik bagi kehidupan fauna burung yang ada di dalamnya, baik untuk bersarang ataupun mencari makan.



Gambar 4.26 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di WTPM.

Indeks dominansi yang diperoleh dari kedua habitat menunjukkan nilai dominansi yang mendekati 0 (berkisar antara 0,08 – 0,21). Nilai dominansi yang mendekati 0 mengindikasikan bahwa tidak terdapat spesies tertentu yang mendominasi di kedua habitat tersebut. Sejalan dengan hal tersebut, nilai indeks pemerataan yang diperoleh di kedua habitat juga menunjukkan nilai pemerataan yang bernilai 1 yang bahwa kedua habitat memiliki persebaran fauna burung yang merata (stabil) pada area pengamatan.

Berdasarkan *feeding guild* (kelompok pakan), burung yang ditemukan di WTPM terbagi ke dalam tiga *guild*, dengan proporsi masing-masing *guild* yang dapat dilihat pada Gambar 4.27. Jenis *guild* yang mendominasi adalah insektivora (pemakan serangga) dengan proporsi sebesar 58% kemudian nektarivora sebesar 25%. Nektarivora yang dijumpai di WTPM adalah Burung-madu sriganti (*Cinnyris jugularis*), Burung-madu kelapa (*Anthreptes malacensis*), dan Burung-madu hitam (*Leptocoma aspasia*).



Gambar 4.27 Proporsi jumlah jenis berdasarkan *feeding guild* di seluruh habitat WTPM.

4.2 Insekta

Kegiatan pertambangan memiliki dampak bagi lingkungan yang nantinya akan mempengaruhi keanekaragaman hayati (Sharma dan Mishra 2011). Adanya

perubahan ekosistem akan berkontribusi besar terhadap diversitas dan kelimpahan makhluk hidup. Kegiatan pemulihan pasca-tambang di suatu area tambang sangat perlu dilakukan. Salah satu kegiatan pemulihan lahan pasca tambang adalah dengan melakukan rehabilitasi lahan. Dengan dilakukannya rehabilitasi lahan diharapkan nantinya keanekaragaman hayati yang tadinya hilang dapat dikembalikan secara perlahan. Perkembangan keanekaragaman spesies selama proses pemulihan lahan akan memengaruhi ekosistem. Sebagai contoh, keberadaan atau perubahan komposisi spesies seperti masuk atau hilangnya spesies akan memengaruhi ekosistem yang berdampak terhadap siklus nutrisi (Wardle et al. 2011). Selain itu, siklus nutrisi dan energi pada suatu ekosistem tidak lepas dari peranan fungsional organisme pada ekosistem tersebut (Speight et al. 2008). Keberadaan peranan fungsional organisme yang essential bagi ekosistem merupakan indikator keberhasilan jangka panjang suatu ekosistem yang stabil atau mapan (Ruiz-Jane dan Aide 2005a). Hal tersebut dapat diketahui juga dengan melihat respon dari organisme pada ekosistem tersebut terutama dari kelompok serangga (Wike et al. 2010). Evaluasi keberhasilan rehabilitasi lahan umumnya hanya dinilai berdasarkan pemulihan vegetasi saja (Ruiz-Jane dan Aide 2005b), sedangkan penggunaan indikator lain seperti serangga masih kurang diminati. Namun pada kenyataannya serangga memiliki peran penting di ekosistem yaitu sebagai bioindikator lingkungan.

Pada suatu ekosistem, habitat setiap serangga berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan makanannya. Sehingga, metode pengamatan serangga juga sangat beragam dan memiliki target serta batasan yang berbeda. Contohnya penggunaan perangkap dengan metode *malaisenet* biasanya menarget serangga terbang nokturnal dengan batasan bahwa penggunaan metode ini tidak memungkinkan penangkapan serangga tanah. Selain itu pengaplikasian metode ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk pemasangan trap sedangkan waktu yang dimiliki serta akses lokasi pengamatan sangat terbatas. Oleh karena itu, metode ini tidak dipilih pada pemantauan Semester I tahun 2023. Namun, untuk studi awal sekaligus memaksimalkan pengamatan serangga yang dilakukan pada semester ini, diaplikasikanlah tiga metode pengamatan yang meliputi *Pitfall trap*, *Pan trap*, dan *Visual Sensus*.

Pemantauan Serangga dilakukan pada 10 lokasi yang mewakili area Virgin, Terganggu, dan masing-masing area Rehabilitasi (N+1 sampai N+8). Penentuan lokasi yang berbeda dimaksudkan untuk dapat melihat perbedaan kekayaan jenis dan keanekaragaman serangga pada tiap area. Secara teori, Speight et al. (2008) mengemukakan bahwa semakin tua umur reklamasi maka keanekaragaman dan kekayaan jenis akan semakin tinggi. Namun terkhusus pada kondisi keanekaragaman serangga dapat berubah dan terkadang ada spesies yang tergantikan dikarenakan struktur vegetasi yang berubah (Schowalter 2011). Seperti yang terjadi pada beberapa area rehabilitasi yang tutupan tanahnya didominasi oleh rumput. Rumput merupakan habitat utama bagi belalang namun ketika musim kemarau tiba dan rerumputan menjadi kering, keberadaan belalang pada lokasi tersebut akan sulit ditemukan. Begitupun sebaliknya, ketika musim penghujan dimulai dan rerumputan tumbuh kembali keberadaan belalang pada lokasi ini akan dengan mudah dijumpai. Kondisi ini biasanya ditemui pada area rehabilitasi N+1 hingga N+3 yang memiliki tutupan tajuk yang masih sedikit. Keberadaan tajuk juga akan mempengaruhi suhu di suatu area rehabilitasi. Suhu mempengaruhi aktivitas serangga, penyebaran, pertumbuhan, dan perkembangbiakan serangga. Selain itu, cahaya diperlukan untuk memberikan energi sehingga dapat menaikkan suhu tubuh, metabolisme menjadi lebih cepat serta mempercepat perkembangan larva (Akutsu et al. 2007). Menurut Suratmo (1974) keragaman jenis serangga dipengaruhi oleh faktor kualitas dan kuantitas makanan, antara lain banyaknya tanaman inang yang cocok, kerapatan tanaman inang, umur tanaman inang dan komposisi tegakan. Sehingga keberadaan. Namun perlu diingat bahwa hasil yang diperoleh juga dipengaruhi oleh jenis metode yang digunakan.

Secara keseluruhan, ditemukan 94 jenis dari kelas Insekta dan 4 jenis dari kelas selain Insekta pada pemantauan Serangga tahun 2023. Jenis serangga yang ditemukan berasal dari 12 Ordo (+3 ordo non-insekta), antara lain Blattodea, Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera, Odonata, Orthoptera, Phasmatodea, dan Thysanoptera dari Kelas insekta. Tiga ordo dari kelas lainnya adalah Chilopoda, Arachnida, dan Julida (Tabel 2).

Tabel 2. Daftar ordo dan jenis serangga yang ditemukan pada pemantauan antam 2023.

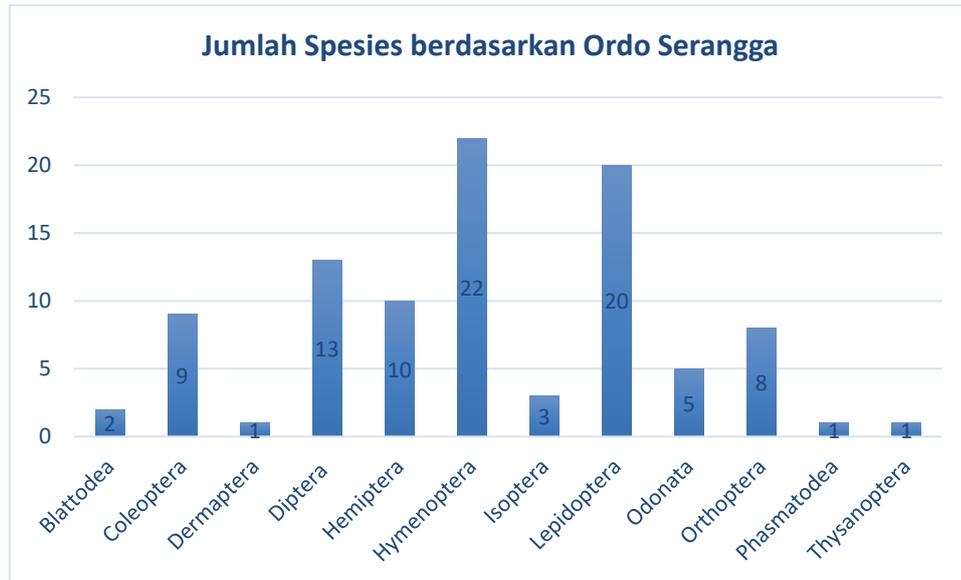
No	Ordo	Nama Spesies	Nama Ilmiah
1	Blattodea	Kecoa belang	<i>Blatella</i> sp.
2	Blattodea	Kecoa bening	<i>Ectobius vittivernis</i>
3	Coleoptera	Coleoptera	<i>Otiorhynchus</i> sp.
4	Coleoptera	Cryptocephalus labiatus	<i>Cryptocephalus labiatus</i>
5	Coleoptera	Kepik	<i>Coccinella</i> sp.
6	Coleoptera	Kepik polos	<i>Rentonium</i> sp.
7	Coleoptera	Kepik garis emas (Tortoise Beetle)	<i>Caridotella</i> sp.
9	Coleoptera	Kumbang coklat	
10	Coleoptera	Nicrophorus pustulatus	<i>Nicrophorus pustulatus</i>
11	Coleoptera	Tiger beetle	<i>Tricondyla pulchripes</i>
12	Dermaptera	Earwig	<i>Euborellia annulipes</i>
13	Diptera	Diptera	<i>Sarcophaga</i> sp.
14	Diptera	Diptera	<i>Ormia</i> sp
15	Diptera	Diptera	<i>Chrysomya megacepala</i>
16	Diptera	Diptera	<i>Diarreghma</i> sp.
17	Diptera	Lalat	<i>Musca</i> sp.
18	Diptera	Lalat bulu	<i>Thricops diaphanus</i>
19	Diptera	Lalat belang	<i>Pales</i> sp.
20	Diptera	Nyamuk	<i>Uniden</i>
21	Diptera	Robber fly	<i>Laphria thoracica</i>
22	Diptera	Robber fly	<i>Ommatius tibius</i>
23	Diptera	Robberfly syap putih	
24	Hemiptera	Acinopterus sp.	<i>Acinopterus</i> sp.
25	Hemiptera	Anggang-anggang	<i>Gerris</i> sp.
26	Hemiptera	Stenodemini	<i>Stenodemini</i>
27	Hemiptera	Ttrue bugs	<i>Mictis profana</i>
28	Hemiptera	Ttrue bugs polos	<i>Mictini</i> sp.
29	Hemiptera	Walang sangit hitam	<i>Rhyparochromus</i>
30	Hemiptera	Walang sangit	<i>Leptocorisa oratorius</i>
31	Hemiptera	Wereng	<i>Cixius</i> sp.
32	Hemiptera	Wereng hijau	<i>Siphanta</i> sp.
33	Hemiptera	Wereng kuning	<i>Siphanta</i> sp2.
34	Hymenoptera	Lebah Apis cerana	<i>Apis cerana</i>
35	Hymenoptera	Lebah bulat	<i>Xylocopa</i> sp

36	Hymenoptera	Aleiodes nolophanae	<i>Aleiodes nolophanae</i>
37	Hymenoptera	Camponotus sp.	<i>Camponotus</i> sp.
38	Hymenoptera	Megascolia procer	<i>Megascolia procer</i>
39	Hymenoptera	Asian mud-dauber wasp	<i>Sceliphron curvatum</i>
40	Hymenoptera	Semut	<i>Monomorium</i> sp.
41	Hymenoptera	Semut	<i>Camponotus</i> (<i>Tanaemyrmex</i>) <i>festinus</i>
42	Hymenoptera	Semut besar duri	<i>Polyrhachis illaudata</i>
43	Hymenoptera	Semut	<i>Camponotus</i> sp.
44	Hymenoptera	Semut	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>
45	Hymenoptera	Semut	<i>Odontoponera</i> sp.
46	Hymenoptera	Semut	<i>Odontomachus</i> sp.
47	Hymenoptera	Semut Rang-rang	<i>Oecophylla smaragdina</i>
48	Hymenoptera	Stingless bee	<i>Eurytoma</i> sp.
49	Hymenoptera	Tawon	<i>Ropalidia</i> sp.
50	Hymenoptera	Tawon	<i>Chlorocryptus purpuratus</i>
51	Hymenoptera	Tawon	<i>Evania</i> sp.
52	Hymenoptera	Tawon	<i>Helorus anomalipes</i>
53	Hymenoptera	Tawon	<i>Specchodes</i> sp.
54	Hymenoptera	Tawon	<i>Ammophila sabulosa</i>
55	Hymenoptera	Tawon	<i>Aporus</i> sp.
56	Hymenoptera		<i>Evania appendigaster</i>
57	Hymenoptera	Vespa affinis	<i>Vespa affinis</i>
58	Isoptera	Rayap tanah	<i>Isoptera</i> sp.
59	Isoptera	Rayap kayu basah	<i>Isoptera</i> sp.
60	Isoptera	Rayap kayu kering	<i>Isoptera</i> sp.
61	Lepidoptera	Abisara echerius	<i>Abisara echerius</i>
62	Lepidoptera	Arthropala sp.	<i>Arthropala</i> sp.
63	Lepidoptera	Bindahara mores	<i>Bindahara mores</i>
64	Lepidoptera	Catopsilla pomana	<i>Catopsilla pomana</i>
65	Lepidoptera	Kupu-kupu kuning coklat	<i>Eurema alitha</i>
66	Lepidoptera	Ideopsis juvena	<i>Ideopsis juvena</i>
67	Lepidoptera		<i>Danaus affinis</i>
68	Lepidoptera	Kupu-kupu coklat	<i>Parantica</i> sp.
69	Lepidoptera	Kupu-kupu kuning	<i>Catopsilla pomana</i>
70	Lepidoptera	Kupu-kupu merah	<i>Lepidoptera</i> sp1.
71	Lepidoptera	Kupu-kupu orange	<i>Lepidoptera</i> sp2.
72	Lepidoptera	Kupu-kupu putih	<i>Lepidoptera</i> sp3.
73	Lepidoptera	Moth	<i>Cyrcia</i> sp.

74	Lepidoptera	Ngengat	
75	Lepidoptera	Ngengat putih	
76	Lepidoptera	Ngengat tawon	<i>Amata huebneri</i>
77	Lepidoptera	Phaedyma columella	<i>Phaedyma columella</i>
78	Lepidoptera	Lesser dart	<i>Potanthus omaha</i>
79	Lepidoptera	Skipper	
80	Lepidoptera	Skipper biru metalik	<i>Nacaduba sp.</i>
81	Neuroptera	Undur-undur	<i>Myrmeleon</i>
82	Odonata	Capung merah	<i>Neurothemis terminata</i>
83	Odonata	Capung coklat	<i>Neurothemis stigmatizans</i>
84	Odonata	Capung biru	<i>Diploides trifialis</i>
85	Odonata	Capung sabina	<i>Orthetrum sabina</i>
86	Orthoptera	Belalang hijau	<i>Mesagraecia bicolor</i>
87	Orthoptera	Belalang padi	<i>Oxya sp.</i>
88	Orthoptera	Belalang runcing	<i>Atractomorpha psittacina</i>
89	Orthoptera	Belalang	<i>Chortippus paralleus</i>
90	Orthoptera	Giyllus assimilis	<i>Gryllus assimilis</i>
91	Orthoptera	Jangkrik	<i>Gryllus sp.</i>
92	Orthoptera	Jangkrik merah	<i>Gryllus sp2.</i>
93	Orthoptera	Xabea sp.	<i>Xabea sp.</i>
94	Phasmatodea	Belalang ranting	<i>Ramulus sp.</i>
95	Thysanoptera	Thripidae	<i>Thripidae sp.</i>
Kelas Lainnya			
1	Chilopoda	Lipan tanah	<i>Cryptops sp.</i>
2	Arachnida	Arachnida	<i>Banyak Spesies</i>
3	Arachnida	Slender crab spider	<i>Tibellus sp.</i>
4	Julida	Kaki seribu	<i>Julus sp.</i>

*Pengolahan data selanjutnya hanya menggunakan data Kelas Insekta

Jika dikelompokkan berdasarkan ordo serangga yang disampling maka dapat diketahui bahwa 2 jenis berasal dari ordo Blattodea (keluarga kecoa), 9 jenis dari Coleoptera (Kumbang), 1 jenis dari ordo Dermaptera, 11 jenis dari Diptera, 10 jenis dari ordo Hemiptera, 24 jenis dari ordo Hymenoptera, 3 jenis dari Isoptera, 20 jenis dari ordo Lepidoptera, 5 jenis dari ordo Odonata, 8 jenis dari ordo Orthoptera, 1 Jenis dari ordo Phasmatodea, 1 jenis dari ordo Neuroptera dan 1 jenis dari ordo Thysanoptera (Grafik 1).



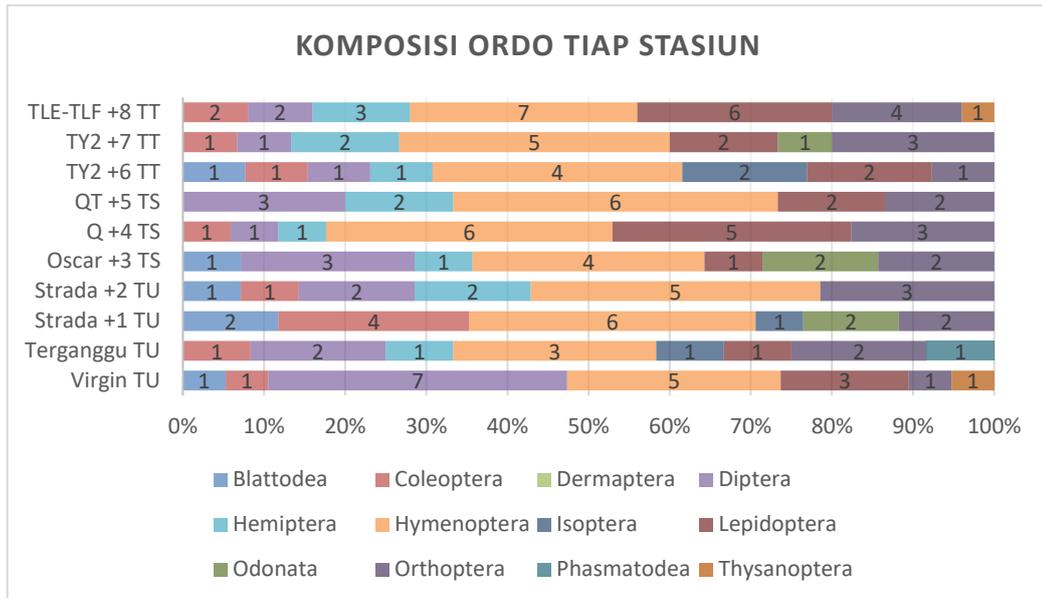
Gambar 4.28 Histogram perbandingan jumlah spesies serangga berdasarkan ordo serangga pada pemantauan 2023.

Berdasarkan pengamatan, ordo Coleoptera, Hymenoptera, dan Orthoptera dapat ditemukan disetiap lokasi (Gambar. 4.28). Keberadaan ketiga ordo serangga ini dapat dipengaruhi oleh kemampuan kelompok ini untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan. Selain itu ketiga ordo ini memiliki kemampuan berpindah tempat dengan didukung oleh sayap yang mereka miliki. Kemampuan berpindah ini juga berhubungan dengan penyebaran secara alami oleh individu atau kelompok dari suatu lokasi yang mematikan bagi mereka menuju lokasi dimana mereka dapat berkembang biak (Scholwater 2006).

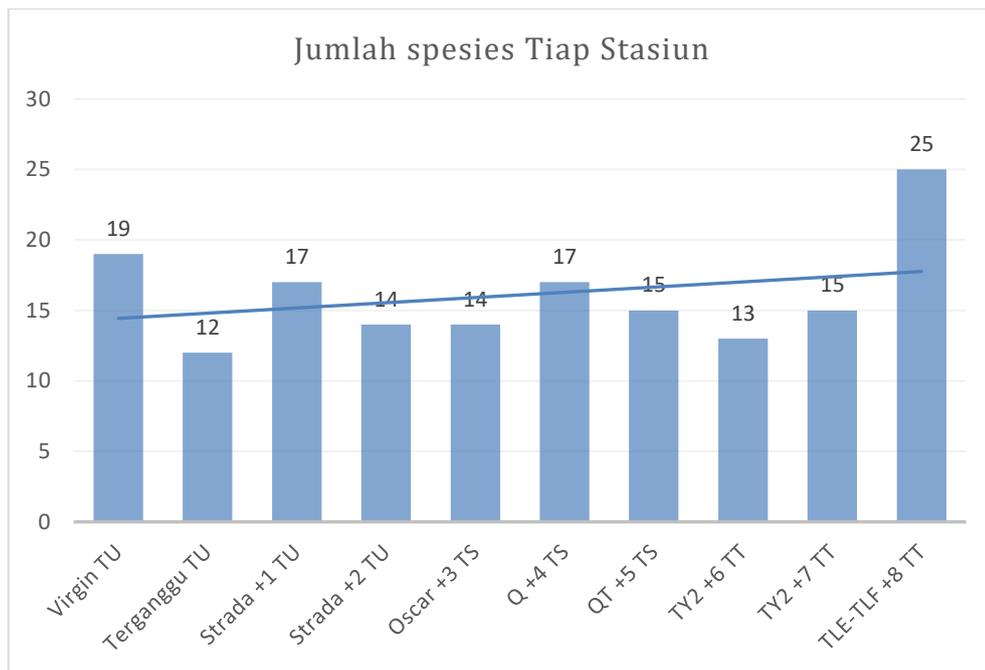
Secara keseluruhan ordo hymenoptera merupakan ordo dengan jenis terbanyak (22 spesies). Ordo Hymenoptera merupakan bioindicator potensial untuk melihat perubahan ekologi pasca tambang setelah penambangan pada area hutan hujan tropis (Stoll *et al*, 2022). Jika berdasarkan data yang diperoleh (lih. Grafik 2), dapat dilihat bahwa area revegetasi N+8 memiliki jumlah spesies hymenoptera yang lebih banyak (2 spesies) dibanding area virgin yang dapat dikatakan sebagai daerah kontrol. Area terganggu merupakan area dengan jumlah jenis hymenoptera paling sedikit (3 spesies). Kondisi area terganggu yang terbuka serta tekstur tanah yang keras berbatu menyulitkan serangga dari ordo hymenoptera untuk hidup pada lokasi ini. Ketiga jenis hymenoptera yang

ditemukan pada lokasi ini adalah Semut *Camponotus* sp. yang ditemukan pada perangkap *pitfall*, serta *Chlorocryptus purpuratus* dan *Helorus anomalipes* yang ditemukan pada perangkap *pan*. Ketiga jenis serangga ini tidak ditemukan pada saat pengamatan langsung (*Visual sensus*) di Siang hari yang dapat diartikan bahwa mereka aktif di malam hari untuk menghindari suhu panas akibat tidak adanya tumbuhan peneduh pada area ini.

Terdapat 3 ordo dengan jumlah jenis paling sedikit pada pengamatan ini, yaitu dermaptera, Phasmatodea dan Thysanoptera yang masing-masing hanya memiliki satu spesies. Dermaptera atau Cocopet kebanyakan merupakan serangga nocturnal yang ketika siang bersembunyi dibawah batu, celah tanah, dibawah batang pohon, diantara daun atau disela-sela buah dan bunga (Sousa 2009). Serangga dari ordo ini ditandai dengan ujung abdomen yang menyerupai taring. Mayoritas Dermaptera bersifat predator, hanya sedikit yang bersifat herbivor, dan ada pula yang bersifat sebagai saprofaga atau pemakan bahan organik yang melapuk. Ordo Phasmatodea biasa juga dikenal dengan istilah *walking stick* atau ranting berjalan karena bentuk tubuhnya yang mirip ranting. Ordo ini hanya diwakili oleh *Ramulus* sp. Yang hanya ditemukan pada area virgin. Ordo Phasmatodea bersifat herbivora dan dapat ditemukan disemua benua kecuali antartika. Ordo Thysanoptera terkenal dengan mayoritas anggotanya sebagai serangga hama. Walaupun ketiga ordo ini sangat sedikit ditemui pada lokasi pengamatan, namun ketiga ordo ini merupakan ordo yang terdistribusi luas secara global (IUCN) non-redlist.



Gambar 4.29 Histogram komposisi Ordo tiap stasiun, Angka dalam blok grafik merupakan jumlah spesies dari ordo/blok tersebut.



Gambar 4.30 Histogram Perbandingan jumlah spesies serangga pada pemantauan 2023. Trendline menunjukkan adanya kenaikan jumlah spesies.

Area revegetasi N+8 Bukit TLE-TLF memiliki jumlah jenis serangga terbanyak yaitu sebanyak 25 spesies, jumlah ini lebih banyak 6 jenis dibanding area virgin. Pada kedua lokasi ini juga terdapat perbedaan jumlah ordo Diptera dan Lepidoptera, dimana ordo diptera lebih banyak ditemukan pada area Virgin

sedangkan Lepidoptera lebih banyak ditemukan pada area revegetasi N+8 Bukit TLE-TLF.

Hasil pemantauan serangga pada Bukit TLE-TLF area rehabilitasi tahun 2015 Tambang Tengah ditemukan beberapa ordo meliputi Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera, dan Orthoptera (Grafik 2). Jika dibandingkan dengan lokasi lain (termasuk virgin), sejauh ini TLE-TLF memiliki jumlah jenis serangga terbanyak. Hal ini didukung oleh keberagaman vegetasi yang dapat ditemukan di lokasi ini. Kondisi vegetasi di area rehabilitasi TLE-TLF telah dapat ditemui beberapa jenis semak berbunga yang menjadi daya tarik bagi beberapa serangga terbang dari ordo Lepidoptera (Kupu-kupu dan Ngengat). Sedangkan pada area virgin Tambang Utara yang diamati, tidak ditemukan adanya semak berbunga ataupun tumbuhan lain yang dapat menjadi daya Tarik bagi ordo Lepidoptera. Tumbuhan yang teramati sering dihinggapi oleh Lepidoptera pada lokasi ini antara lain Kirinyu, Melastoma dan *Lantana camara* yang menjadi sumber makanan bagi ordo ini. Selain itu daun Tirotasi *Alstonia* sp. menjadi tempat hinggap favorit bagi kupu-kupu. Keberadaan kupu-kupu *Ideopsis juventa* dilapangan berbanding lurus dengan keberadaan tanaman Kirinyu disetiap lokasi. Bunga dari tanaman kirinyu merupakan salah satu sumber makanan bagi kupu-kupu jenis ini. Keberadaan beberapa jenis semak seperti *Lantana camara* menjadi penarik bagi ordo lepidoptera terutama “skipper”. Lepidoptera diketahui secara umum sebagai salah satu serangga yang membantu proses pembuahan pada tumbuhan berbunga.



Gambar 4.31 Kupu-kupu *Neptis columella* yang hinggap di daun Tirotasi.

Keberadaan semut (Hymenoptera) dapat ditemukan disetiap lokasi pengamatan. Semut merupakan serangga yang dapat ditemukan disetiap habitat dan keberadaannya dominan di permukaan tanah (Alonso dan Agosti 2000). Semut diketahui juga memiliki berbagai jenis spesies dan termasuk serangga sosial serta kosmopolitan (Goulet dan Huber 1993), sehingga mudah ditemukan dalam jumlah yang banyak. Jenis semut yang teramati pada tiap lokasi juga berbeda-beda, dan banyak diantaranya dijumpai pada batang pohon di area revegetasi terutama pada tanaman Sengon.

Pada beberapa lokasi pengamatan sering ditemui pohon sengon yang mati dengan koloni semut pada batangnya. Tidak diketahui pasti hubungan semut dengan kematian sengon. Apakah semut memiliki peran dalam kematian sengon atau tidak. Pertanyaan ini hanya dapat terjawab dengan melakukan penelitian khusus mengenai topik ini. Berdasarkan literatur yang ada, salah satu serangga yang dapat menyebabkan kematian pada sengon adalah rayap (Mulyana dan Ceng, 2012). Rayap merupakan hama berukuran 3mm yang hidup di dalam tanah dengan kandungan kayu yang telah mati dan atau tunggak pohon yang masih hidup. Hama ini dapat menyerang sengon di bagian akar dan merusak jaringan hidup hingga menyebabkan tanaman sengon itu mati (Mulyana dan Ceng, 2012). Disatu sisi kematian sengon akan menyebabkan pengaruh negative bagi nilai tutupan tajuk pada area revegetasi. Tetapi, dari sudut pandang ekologi batang sengon yang mati akan menjadi habitat bagi serangga baru seperti Kumbang (Coleoptera), Rayap (Isoptera), dan Ekor pegas (Collembola). Bagi ketiga serangga ini lapukan kayu dapat bermanfaat sebagai sumber makanan, sarang/tempat tinggal ataupun sebagai nursery bagi telur mereka.

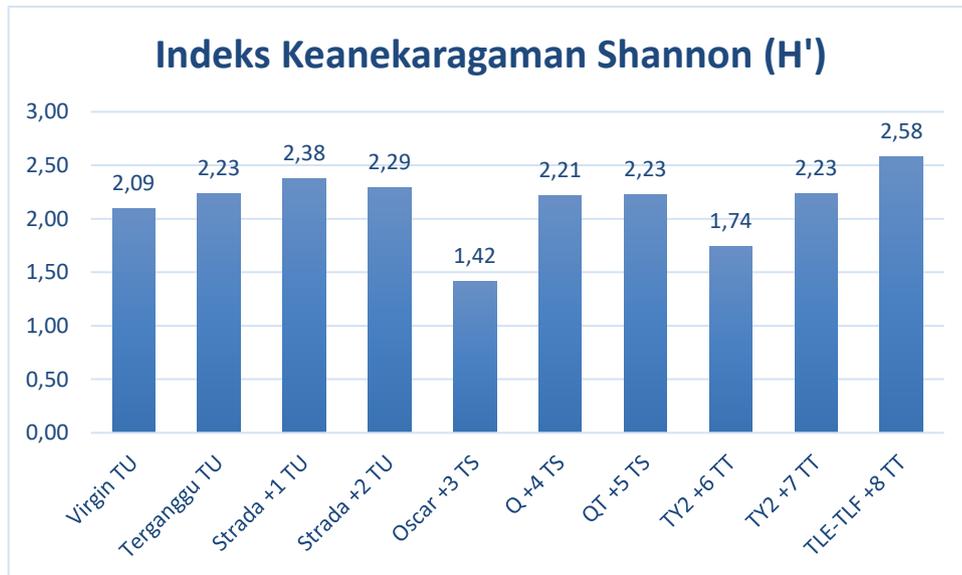


Gambar 4.32 Eksoskeleton Kumbang (Coleoptera) yang ditemukan pada lapukan kayu sengon.

Hasil perhitungan indeks keanekaragaman untuk masing-masing lokasi (Gambar 4.33) menunjukkan bahwa mayoritas area revegetasi memiliki tingkat keanekaragaman serangga yang lebih tinggi dibandingkan area virgin ($H' = 2,09$). Area terganggu yang secara hipotesis harusnya memiliki tingkat keanekaragaman yang lebih rendah dari area virgin justru memiliki nilai keanekaragaman yang lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi karena pada area terganggu ditemukan adanya kolam air tawar yang terbentuk akibat galian pasca tambang, sehingga beberapa jenis spesies capung (odonata) dan anggang-anggang (*Gerris sp*) dapat ditemukan pada lokasi ini. Anggang-anggang juga hanya ditemukan pada area ini. Keberadaan serangga pada ekosistem air tawar telah dijadikan sebagai bioindicator alami (da Rocha et al. 2010; Abhijna et al. 2013; Dijkstra et al. 2014; Barman and Gupta 2015). Keberadaan serangga terbang pada ekosistem air seperti capung juga berfungsi sebagai bioindicator alami bagi kualitas air (Nair et al. 2015), sekaligus sebagai pengontrol populasi nyamuk dengan menjadi predator alami mereka (Saha et al 2012).

Hanya ada dua lokasi pengamatan yang memiliki indeks keanekaragaman <math> < 2,09 </math> yaitu area revegetasi N+3 bukit Oscar (1,42) dan area revegetasi N+6 bukit TY2 (1,74). Kurangnya tingkat keanekaragaman serangga pada revegetasi N+3 bukit Oscar dipengaruhi oleh kondisi area pengamatan yang berangin dan cuaca yang panas. Kondisi berangin ini menyebabkan mayoritas serangga aerial tidak dapat keluar, cuaca yang panas juga menyebabkan banyak tanaman berbunga

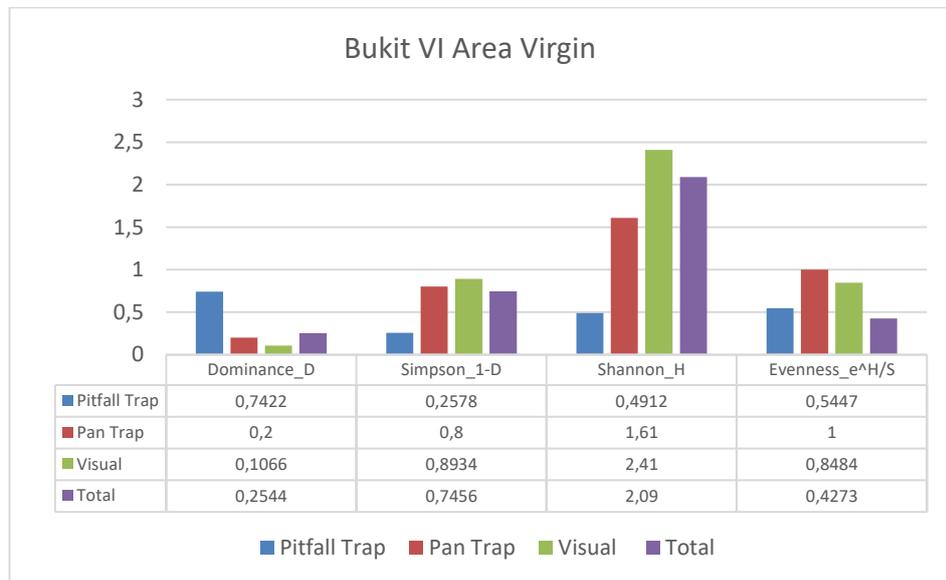
yang menjadi penarik bagi serangga mengering. Kondisi yang sama juga ditemukan pada area revegetasi N+6 bukit TY2 dengan angin kencang pada saat pengamatan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Moller (2013) bahwa Kelimpahan serangga terbang akan sangat menurun Ketika kecepatan angin meningkat.



Gambar 4.33 Histogram Indeks Keanekaragaman tiap stasiun. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data keseluruhan (gabungan hasil pengamatan dengan menggunakan tiga metode).

Nilai dari masing-masing indeks keanekaragaman menunjukkan penggolongan kondisi serangga pada masing-masing lokasi pengamatan. Penggolongan untuk keanekaragaman adalah $H' < 1,0$ (diversitas rendah); $1,0 < H' < 3,322$ (diversitas sedang); $H' > 3,322$ (diversitas tinggi). Penggolongan untuk dominansi adalah $0,00 < D < 0,50$ (Dominansi Rendah); $0,50 < D < 0,75$ (Dominansi Sedang); $0,75 < D < 1,00$ (Dominansi Tinggi). Pada masing-masing titik pengamatan juga dilakukan perhitungan nilai indeks keanekaragaman area untuk masing-masing metode dan secara keseluruhan. Nilai indeks ekologi bagi lokasi-lokasi tersebut adalah sebagai berikut.

a. Area Virgin (Bukit VI)



Gambar 4.34 Histogram Indeks Keanekaragaman tiap stasiun.

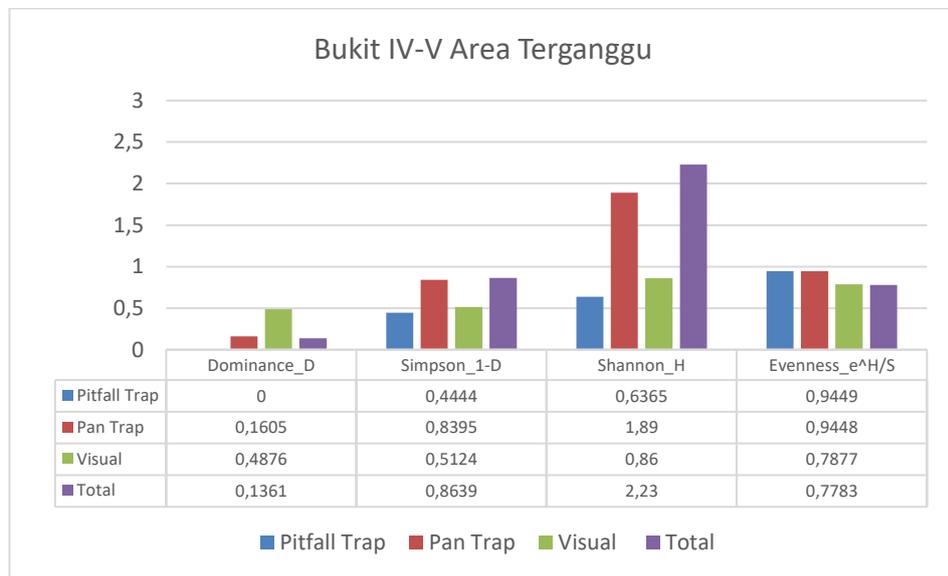
Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data keseluruhan (gabungan hasil pengamatan dengan menggunakan tiga metode).

Dominansi pitfall sedang, Dominansi pantrap, visual dan Total dominansi rendah. Keanekaragaman Pitfall rendah, Keanekaragaman Pan, visual, dan Total Keanekaragaman sedang. Tingkat dominansi tertinggi ditemukan pada pengamatan dengan metode pitfall. Dominansi ini dipengaruhi banyaknya semut *Monomorium* sp. yang terperangkap pada pitfall. Tingkat keanekaragaman serangga tertinggi diperoleh pada metode visual sensus (2,41). Tingkat keanekaragaman yang tinggi dipengaruhi banyaknya jenis serangga yang ditemukan (14 spesies) dengan metode ini. Selain itu jumlah serangga yang ditemukan tidak jauh berbeda sehingga tidak terjadi dominansi pada lokasi ini. Pada lokasi ini juga ditemukan serangga non-insekta yaitu laba-laba (Arachnida).



Gambar 4.35 Semut dari spesies *Monomorium* sp. (Kiri) dan Capung *Neurothemis terminata*

b. Area Terganggu (Bukit IV-V)



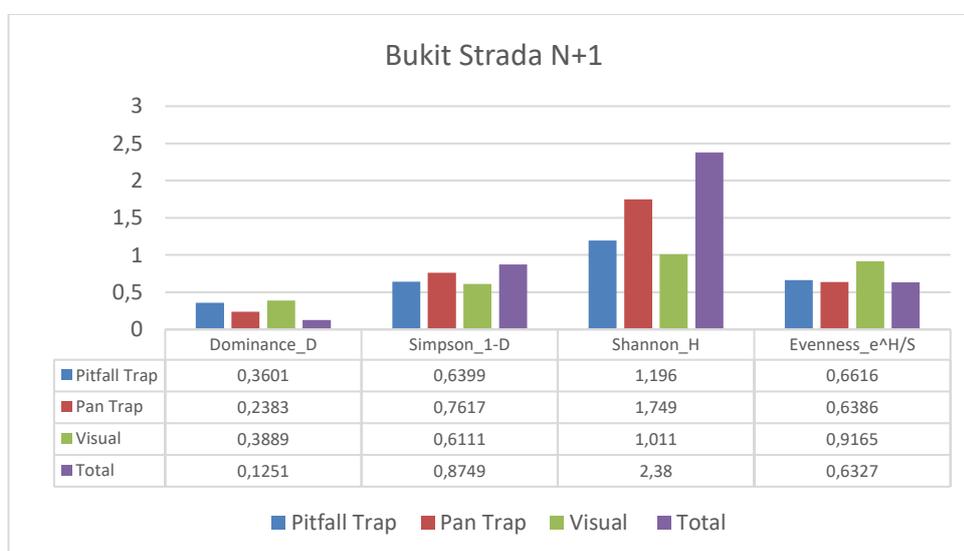
Gambar 4.36 Histogram Indeks Keanekaragaman pada Bukit IV.V Area Terganggu.

Dominansi Pitfall sedang, Dominansi Pan, Visual, dan Total rendah. Keanekaragaman Pitfall dan Visual rendah, Keanekaragaman pan dan total sedang. Nilai indeks keanekaragaman area terganggu tergolong rendah. Kondisi ini terjadi karena area terganggu bukan merupakan habitat yang tepat bagi kebanyakan jenis serangga. Pada lokasi ini ditemukan anggang-anggang *Gerris* sp. yang tidak ditemukan di lokasi lain. serangga ini beraktifitas pada permukaan air di kolam bekas galian tambang.



Gambar 4.37 Capung *Diploides trifialis* dan Anggang-anggang *Gerris* sp. yang ditemukan pada kolam bekas galian di area terganggu

c. N+1 (Bukit Strada)



Gambar 4.38 Histogram Indeks Keanekaragaman Bukit Strada N+1.

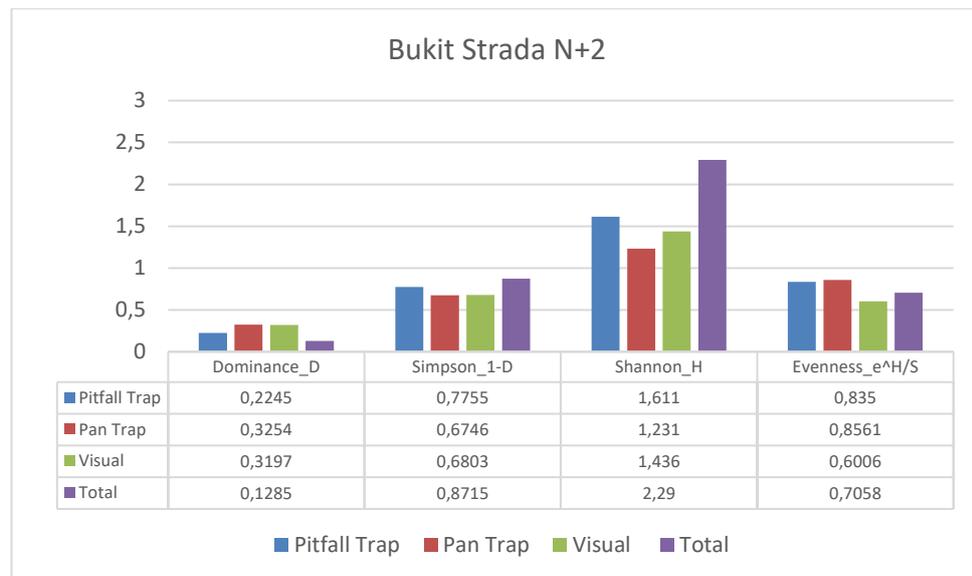
Dominansi Pitfall, pan, visual dan total tergolong rendah. Keanekaragamana pitfall, pan, visual dan total tergolong sedang. Tingkat dominansi spesies pada lokasi ini tergolong rendah, hal ini menunjukkan bahwa jumlah individu spesies yang ditemukan tidak berbeda jauh satu sama lain. Tingkat keanekaragaman serangga dengan metode pantrap lebih tinggi dibandingkan dengan visual sensus. Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman serangga nocturnal pada lokasi ini lebih beragam dibanding pada siang hari. Kurangnya keanekaragaman serangga pada saat visual sensus dapat disebabkan kurang beragamnya jenis tumbuhan terutama golongan semak berbunga di lokasi ini. Mayoritas tutupan tanah di lokasi ini didominasi oleh rerumputan yang menjadi habitat bagi

belalang Orthoptera. Pada lokasi ini juga dijumpai Capung *Neurothemis stigmatizans*. Lokasi ini memiliki nilai keanekaragaman tertinggi ke-2 pada pemantauan kali ini.



Gambar 4.39 Capung spesies *Neurothemis stigmatizans*

d. N+2 (Bukit Strada)



Gambar 4.40 Histogram Indeks Keanekaragaman Bukit Strada N+2

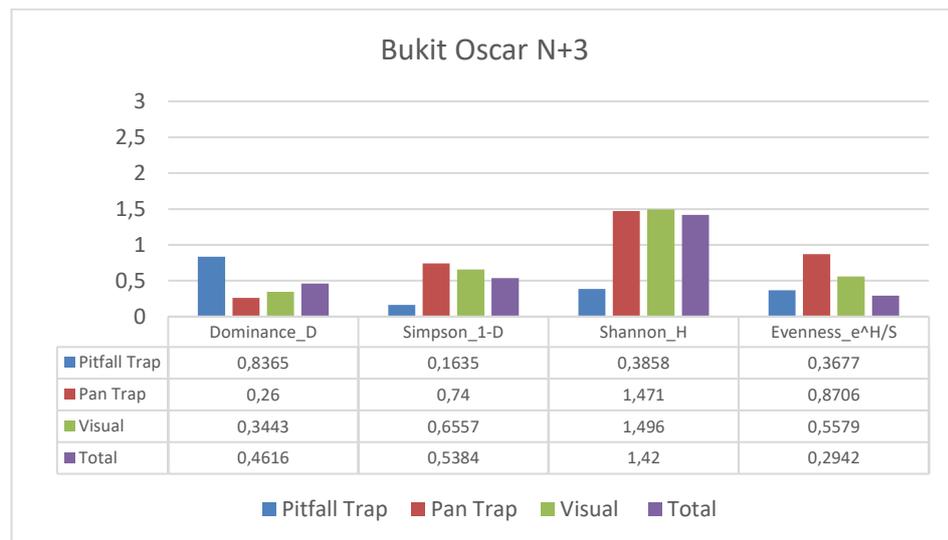
Dominansi ketiga metode dan total tergolong rendah. Keanekaragaman ketiga metode dan total tergolong sedang. Tidak ditemukan adanya satuspesies yang mendominasi pada ketiga metode yang digunakan sehingga nilai indeks dominansi lokasi ini tergolong rendah. Tingkat keanekaragaman seluruh metode tergolong sedang karena jenis serangga yang dijumpai pada masing-masing metode beragam. Tiger

beetle *Tricondyla pulchripes* atau yang dalam Bahasa Indonesia disebut kumbang harimau hanya dijumpai pada lokasi ini.



Gambar 4.41 *Tricondyla pulchripes*

e. N+3 (Bukit Oscar)



Gambar 4.42 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area bukit Oscar N+3

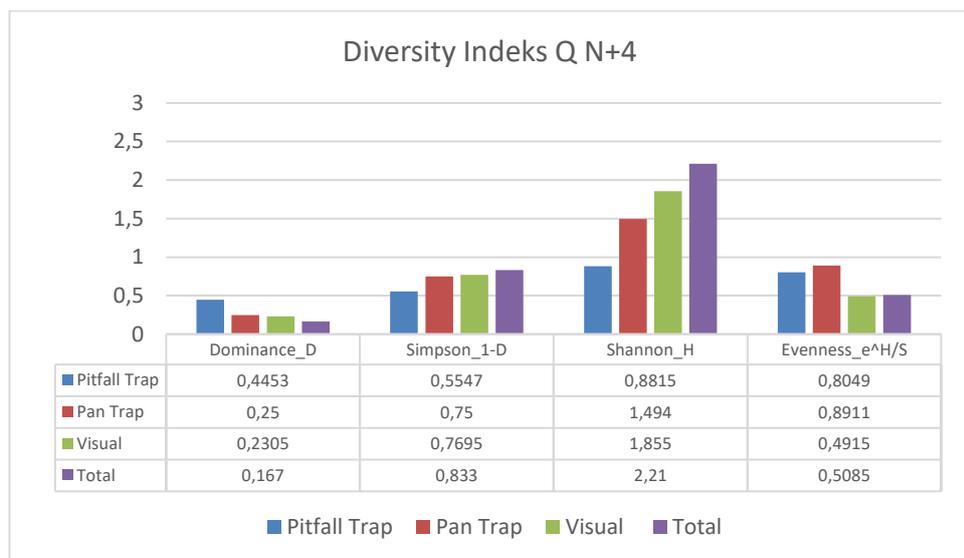
Dominansi pitfall sedang, dominansi pan,visual, dan total tergolong rendah. Keanekaragaman pitfall rendah, keanekaragaman pan, visual, dan total tergolong sedang. Tingginya tingkat dominansi pada metode pitfall dipengaruhi oleh banyaknya semut *Camponotus pennsylvanicus* yang ditemui pada lokasi ini. Jika dibandingkan dengan lokasi lainnya, Bukit Oscar N+3 memiliki tingkat keanekaragaman paling rendah dibandingkan dengan lokasi lainnya. kondisi ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan saat pengamatan yang berangin dan kering sehingga

menyulitkan serangga dan sumber makanannya hidup di area ini. Pada saat pengamatan juga terlihat beberapa ekor burung pemakan serangga yang melintas di area ini. Pada lokasi ini dijumpai dua jenis capung yaitu *Neorothemis stigmatizans* dan *Othetrum sabina*.



Gambar 4.43 *Orthetrum sabina*

f. N+4 (Bukit Q)



Gambar 4.44 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Q N+4.

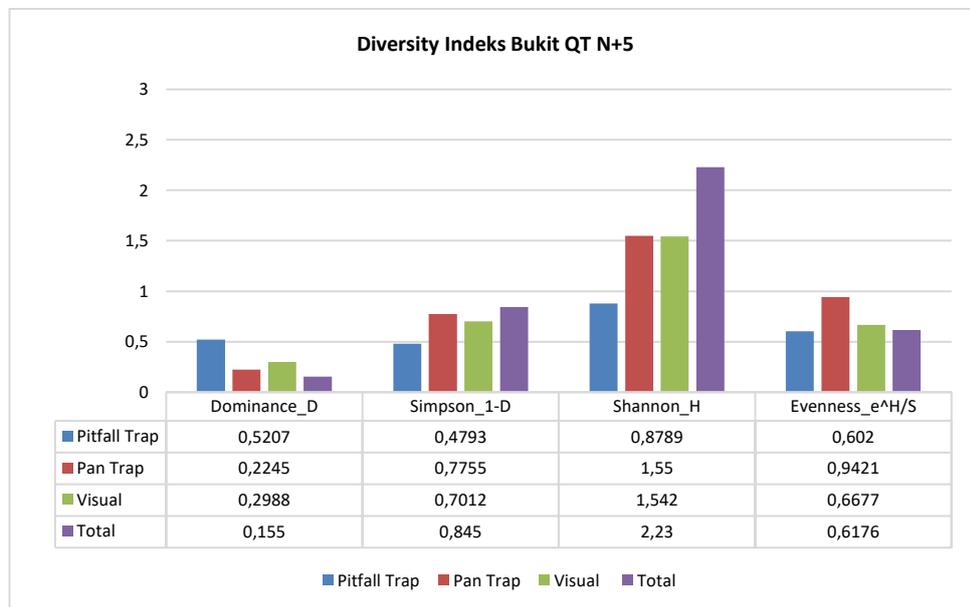
Dominansi ketiga metode dan total tergolong rendah. Keanekaragaman pitfall rendah, keanekaragaman pan, visual, dan total tergolong sedang. Tingkat keanekaragaman serangga dengan metode visual lebih banyak dibandingkan metode lainnya karena jumlah serangga yang ditemukan pada lokasi ini lebih banyak dibandingkan dua metode lainnya. Pada lokasi ini ditemukan eksoskeleton Tawon besar *Megascolia procer* yang tergolong salah satu tawon terbesar di asia dengan rentang

sayap yang dapat mencapai 11 cm. Selain itu di bukit Q dapat ditemukan 5 jenis Lepidoptera, *Ideopsis juvena*, *Catopsilla pomana*, *Eurema alitha*, *Amata huebneri* dan kupu-kupu skipper dengan total jumlah individu terbanyak dibandingkan dengan wilayah pengamatan lainnya. Keberadaan kupu-kupu ini didukung dengan dijumpai banyaknya semak berbunga yang menjadi sumber makanan kupu-kupu di lokasi ini. Pada lokasi ini juga dijumpai 2 jenis arthropoda non-serangga dengan jenis Kaki seribu *Julus sp* dan Arachnida.



Gambar 4.45 *Megascolia procer*

g. N+5 (Bukit QT)



Gambar 4.46 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit QT N+5

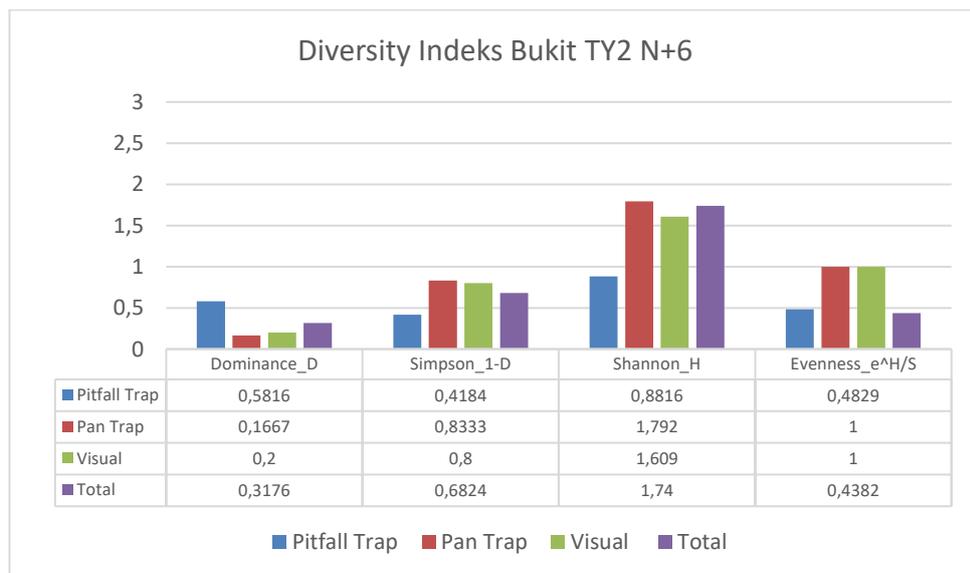
Dominansi pitfall sedang, dominansi pan,visual dan total tergolong rendah. Kenaekaragaman pitfall rendah, keanekaragaman pan,visual, dan

total tergolong sedang. Lokasi ini merupakan salah satu lokasi dengan tingkat keanekaragaman diatas 2 poin. Tingkat dominansi serangga pada metode pitfaal dipengaruhi oleh banyaknya semut *Camponotus sp* yang terperangkap pada trap yang dipasang. Tingkat keanekaragaman serangga pada metode pantrap dan visual sensus hampir serupa.



Gambar 4.47 *Camponotus sp.*

h. N+6 (Bukit TY2)



Gambar 4.48 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TY2 N+6

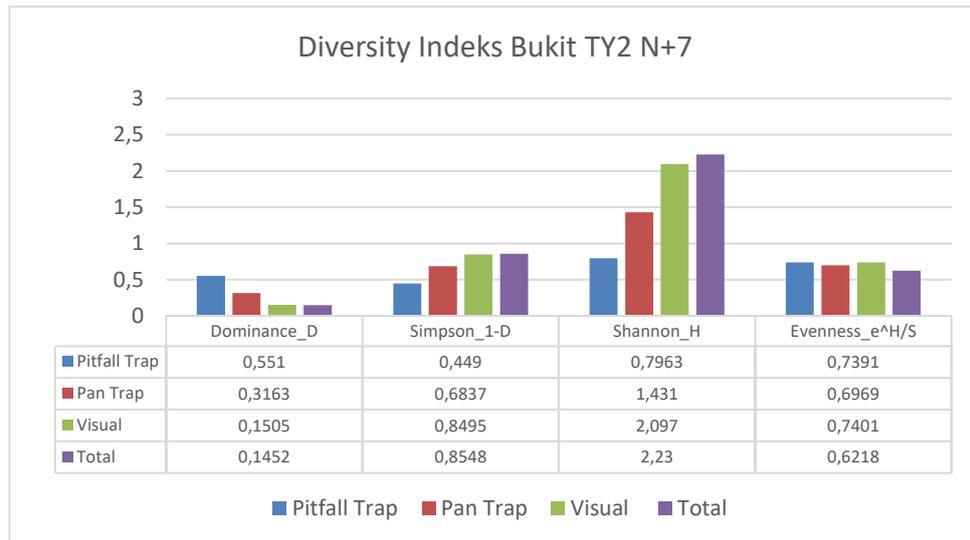
Dominansi pitfall sedang, dominansi pan, visual, dan total tergolong rendah. Keanekaragaman pitfall rendah, keanekaragaman pan, visual, dan total sedang. Dominansi yang tinggi pada metode pitfall trap dipengaruhi oleh banyaknya jumlah semut *Camponotus sp* yang terperangkap pada trap yang dipasang pada lokasi ini. Dibanding dengan lokasi pemantauan dengan waktu penanaman yang lebih muda pada lokasi

ini mulai ditemukan adanya rayap (Isoptera). Di lokasi ini juga ditemukan adanya wereng *Cixius* sp. yang dikenal sebagai hama tanaman. Pada masing-masing metode pengamatan yang digunakan berhasil ditemukan beberapa jenis non-insekta berupa laba-laba (Arachnida).



Gambar 4.49 Wereng *Cixius* sp.

i. N+7 (Bukit TY2)



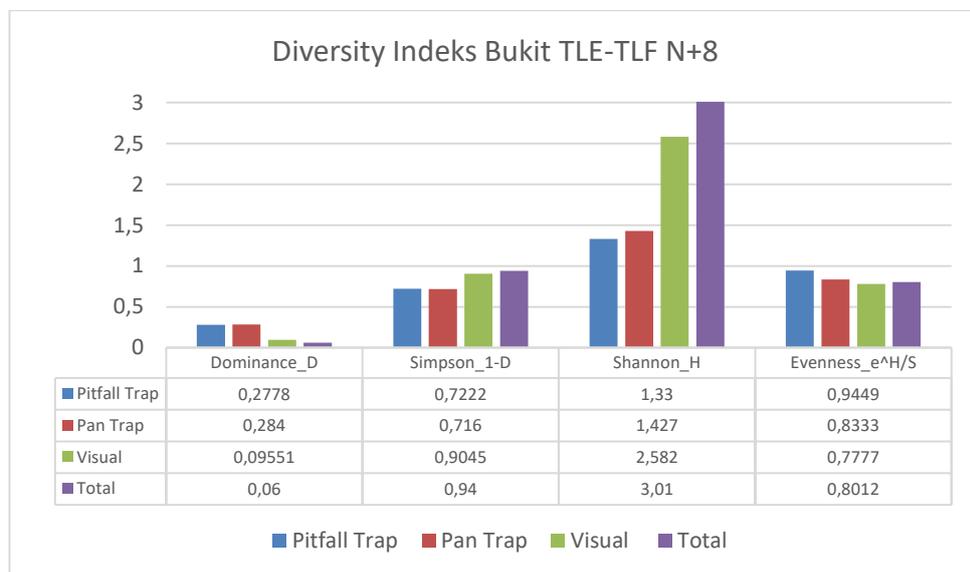
Gambar 4.50 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TY2
N+7

Dominansi pitfall sedang, dominansi pan, visual, dan total tergolong rendah. Keanekaragaman pitfall rendah, keanekaragaman pan, visual, dan total sedang. Dominansi yang tinggi pada pitfall disebabkan banyaknya jumlah semut *Camponotus pennsylvanicus* yang terjebak pada trap di lokasi ini. Di lokasi ini ditemukan beberapa jenis semut lainnya seperti Semut rang-rang *Oecophylla smaragdina*, *Odontomachus* sp. dan Semut duri *Polyrhachis ilaudentis*. Pada lokasi ini juga ditemui Lebah bulat *Xylocopa* sp yang juga ditemukan pada are virgin



Gambar 4.51 Dua jenis semut, Semut rang-rang *Oecophylla smaragdina* (kiri) dan semut *Odontomachus* sp.

j. N+8 (Bukit TLE-TLF)



Gambar 4.52 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TLE-TLF N+8

Dominansi ketiga metode dan total tergolong rendah. Keanekaragaman ketiga metode dan total tergolong sedang. Lokasi ini memiliki tingkat dominansi yang seimbang antar metode Pitfall dan Pantrap dengan metode visual yang memiliki nilai dominansi terendah (0,09). Tingkat keanekaragaman pada lokasi ini merupakan tingkat keanekaragaman tertinggi dibanding seluruh wilayah pengamatan termasuk serangga. Jumlah jenis serangga terbanyak juga ditemukan di wilayah ini. Pada lokasi ini juga ditemui banyak Lepidoptera. Keberadaan lepidoptera ini didukung dengan dijumpai banyaknya semak berbunga yang menjadi sumber makanan lepidoptera di lokasi ini. Di lokasi ini ditemukan Kupu-kupu *Danaus affinis* yang tidak ditemukan di lokasi

lainnya. Berdasarkan i-naturalist *Danaus affinis* termasuk hewanlangka dengan status vulnerable (<https://www.inaturalist.org/taxa/149346-Danaus-affinis>).



Gambar 4.53 *Danaus affinis*

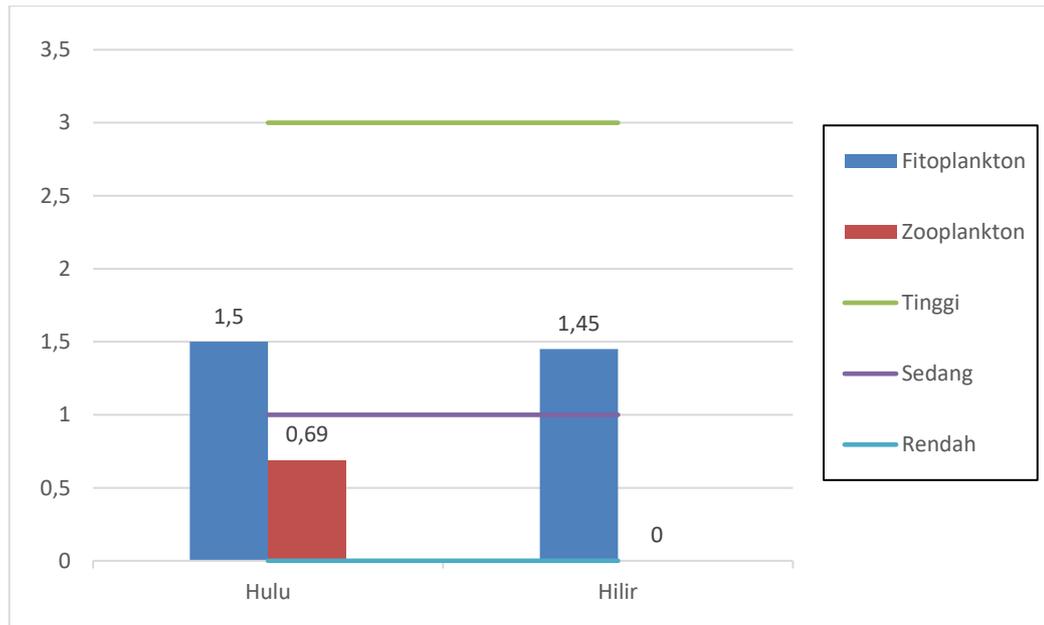
4.3 Biota Sungai

4.3.1 Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Sungai di Area PT Antam

Nilai indeks keanekaragaman dan kelimpahan plankton yang berada di hulu dan hilir aliran sungai kawasan sekitar PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka diperoleh dari hasil akumulatif pada beberapa lokasi pengambilan sampel air sungai. Lokasi pemantauan di hulu sungai terdiri dari beberapa titik sungai yaitu pemantauan pada titik Huko-Huko hulu, Oko-Oko hulu, Kumoro Hulu, Pelambua hulu, Tonggoni hulu, dan Pesouha hulu. Selanjutnya pada lokasi pemantauan di hilir sungai terdiri dari beberapa titik sungai yaitu Huko-Huko hilir, Oko-Oko hilir, Kumoro hilir, Pelambua hilir, Tonggoni hilir, dan Pesouha hilir. Namun setelah melakukan pemantauan pada lokasi sungai Tonggoni hilir dan sungai Pelambua hulu tidak dilakukan pengambilan sampel air sungai pada kedua sungai tersebut karena pada sungai Tonggoni hilir dan sungai Pelambua hulu mengalami kekeringan air sungai.

Hasil analisis dari indeks keanekaragaman Shannon-Wiener plankton sungai di sekitaran kawasan pertambangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka secara umum menyatakan nilai keanekaragaman pada fitoplankton pada kategori yang sedang berdasarkan dari kriteria indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Shannon dan Wiener, 1963). Nilai rata-rata keanekaragaman fitoplankton tertinggi didapatkan pada lokasi hulu sungai dengan nilai keanekaragaman 1,50 sedangkan nilai rata-rata keanekaragaman fitoplankton terendah pada lokasi hilir

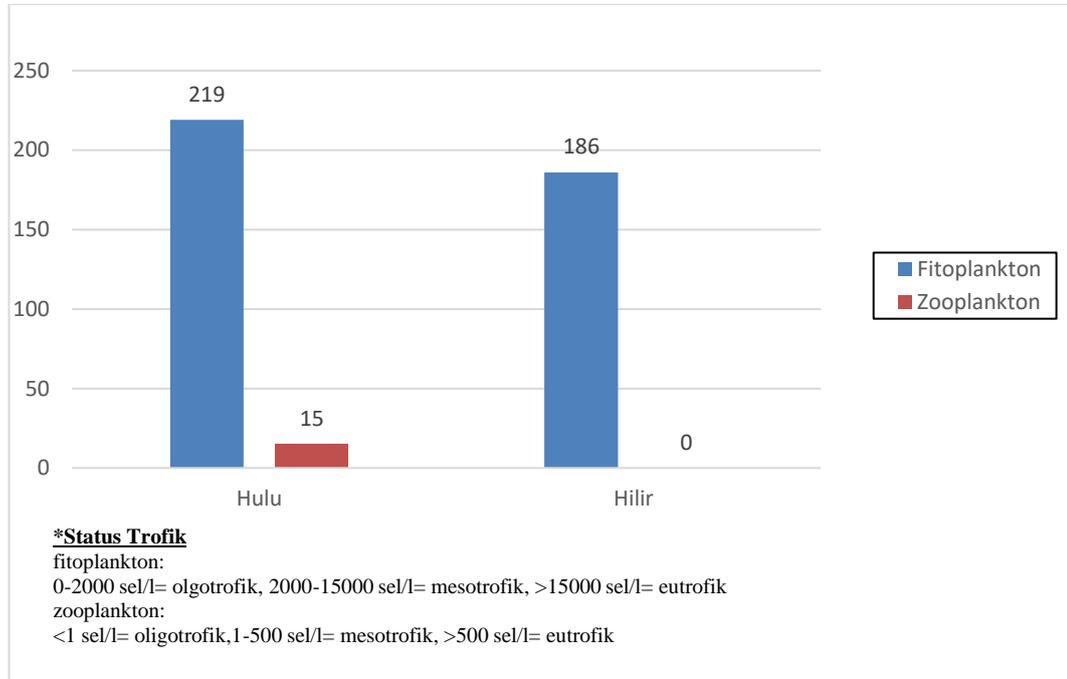
sungai memiliki nilai keanekaragaman 1,45. Selanjutnya nilai rata-rata yang didapatkan pada keanekaragaman zooplankton terdapat pada lokasi hulu sungai dengan nilai keanekaragaman 0,69 sedangkan pada lokasi hilir sungai tidak memiliki nilai keanekaragaman karena tidak adanya ditemukan zooplankton pada bagian hilir sungai. Berikut gambar dari nilai keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton yang dapat dilihat sebagai berikut pada Gambar 4.54.



Gambar 4.54 Keanekaragaman plankton sungai pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka Semester I 2023

Hasil analisis dari nilai kelimpahan fitoplankton yang berada pada setiap lokasi di area sekitar aktivitas Antam menunjukkan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan rendah (oligotrofik) berdasarkan kategori atas pendugaan status trofik mengacu pada Lander (1978) dalam Suryanto (2009) sedangkan nilai kelimpahan zooplankton pada setiap lokasi di area sekitar aktivitas Antam menunjukkan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan sedang (mesotrofik) berdasarkan dari kategori pendugaan status trofik mengacu pada Golongan dan Horne (1994) dalam Suryanto (2009). Nilai rata-rata kelimpahan fitoplankton tertinggi ditemukan pada lokasi hulu sungai dengan nilai kelimpahan yakni 219 sel/liter sedangkan pada lokasi hilir sungai didapatkan nilai rata-rata kelimpahan fitoplankton terendah yakni dengan nilai kelimpahan 186 sel/liter. Selanjutnya nilai rata-rata kelimpahan zooplankton didapatkan pada lokasi hulu sungai dengan

nilai kelimpahan 15 sel/liter sedangkan pada lokasi hilir sungai tidak adanya ditemukan zooplankton sehingga tidak memiliki nilai rata-rata kelimpahan zooplankton dan disajikan dalam bentuk gambar sebagai berikut Gambar 4.55.



Gambar 4.55 Kelimpahan Plankton pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka Semester I 2023.

Kondisi lingkungan pada lokasi pengamatan dan pengambilan sampel plankton sungai dapat digambarkan melalui hasil data yang diperoleh yaitu suhu, dan pH perairan. Pengukuran suhu perairan yang dilakukan di lokasi aliran sungai sekitaran area Antam sebesar 26-28°C ditemukan suhu perairan tertinggi pada daerah lokasi hulu sungai. Selanjutnya pengukuran pH air sungai yang telah diukur didapatkan yakni berkisar antara 7,1-7,7 dan ditemukan nilai pH tertinggi pada daerah lokasi hilir sungai.

Pemantauan biota sungai sungai pada sepuluh lokasi area aliran sungai selain ditemukan plankton, juga dijumpai biota sungai lainnya. Adapun biota sungai yang ditemukan yakni ikan-ikan yang masih berukuran kecil. Lokasi ditemukan ikan ini yaitu berada pada sungai Huko-Huko hilir. Berdasarkan dari keberadaan biota sungai dapat mengindikasikan sungai yang telah masuk ke dalam area lokasi pemantauan telah dijadikan sebagai tempat berlangsung hidup dan mencari makan bagi biota sungai.

4.4 Mangrove

4.4.1 Vegetasi Mangrove

Interaksi antara vegetasi hutan mangrove dengan lingkungan perairan membuat ekosistem ini memiliki fungsi ekologi dan ekonomi yang penting untuk kawasan pesisir. Hutan mangrove menjadi habitat, tempat mencari makan (feeding ground) dan memijah (nursery ground) bagi berbagai jenis ikan, udang dan kepiting. Selain itu dengan kandungan bahan organik yang tinggi, hutan mangrove berperan penting dalam rantai makanan di lingkungan perairan dan pesisir (Harefa et al., 2022). Melalui sistem perakarannya yang kuat dan ekstensif, hutan mangrove berfungsi melindungi garis pantai dari abrasi bahkan mampu menahan ancaman gelombang tsunami. Hutan mangrove juga berperan sebagai elemen penting dalam meminimalisir dampak perubahan iklim dan pemanasan global. Kemampuan hutan mangrove dalam menyerap karbondioksida (CO₂) dan melepaskan oksigen (O₂) lebih baik dibandingkan dengan tipe hutan daratan lainnya. Vegetasi mangrove yang beradaptasi pada lingkungan an-aerob menghasilkan kemampuan menyimpan karbon dalam jangka waktu yang Panjang (Hidayah, dkk., 2023)

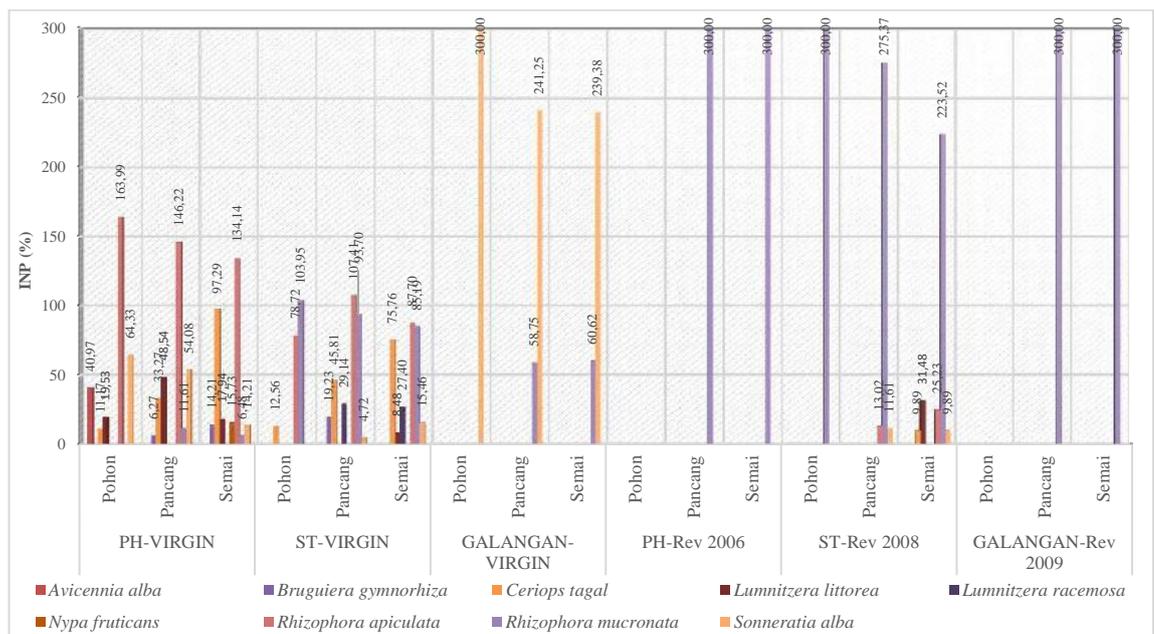
Monitoring atau pemantauan kondisi ekosistem mangrove merupakan salah satu proses yang diperlukan untuk mensukseskan pengembalian kondisi hutan mangrove ke kondisi semula setelah dilakukannya rehabilitasi lahan. Membandingkan antara kawasan mangrove hasil rehabilitasi dengan ekosistem mangrove yang telah ada secara alami (virgin) dapat dijadikan dasar untuk menilai seberapa berhasil rehabilitasi lahan mangrove yang telah dilakukan.

Pengamatan Mangrove dilakukan untuk memperoleh data yang mencakup Indeks Nilai Penting (INP), jumlah jenis serta hasil analisis tinggi vegetasi mangrove. Analisis vegetasi digunakan untuk mengetahui komposisi jenis dan struktur vegetasi dalam suatu ekosistem (Ahsan, dkk., 2021). Analisis vegetasi merupakan metode untuk mempelajari susunan atau komposisi vegetasi berdasarkan bentuk (struktur) vegetasi dari tumbuhan. Analisis vegetasi diperlukan untuk mendapatkan data-data kuantitatif sebagai dasar untuk menghitung Indeks Nilai Penting sehingga dapat diperoleh informasi distribusi vegetasi dalam suatu ekosistem (Hapsari, dkk., 2022).

Struktur komunitas mangrove ditunjukkan dengan menggunakan Indeks Nilai Penting (INP). Nilai INP menunjukkan seberapa penting suatu jenis tumbuhan terhadap ekosistemnya. Spesies mangrove yang memiliki INP yang tinggi berarti memiliki peranan yang sangat besar terhadap ekosistem mangrove habitatnya, begitupun sebaliknya jika INP suatu spesies kecil, maka keberadaannya tidak memberikan pengaruh yang terlalu besar terhadap ekosistem tersebut.

4.4.1.1 Analisis INP Vegetasi Mangrove di Pesisir Pantai Harapan, Pantai Sitado dan Pesisir Galangan

Berikut pada Gambar 4.56 memperlihatkan hasil analisis vegetasi mangrove pada pemantauan tahun 2023, semester 1 pada masing-masing area virgin dan rehabilitasi di Kawasan mangrove Pantai Harapan (PH), Sitado (ST) dan Pesisir Galangan (PG), Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka.



Gambar 4.56 Histogram Indeks Nilai Penting (%) jenis mangrove pada Pantai Harapan (PH), Sitado (ST) dan Pesisir Galangan (PG) di lokasi tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka tahun 2023, Semester 1.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.56 dapat dilihat terkait hasil analisis INP (Indeks Nilai Penting) dari setiap kategori yaitu kategori pohon, pancang, dan semai. Pada pemantauan semester I, tahun 2023 tidak ada perubahan yang signifikan terkait hasil analisis INP. Untuk seluruh area virgin dari ketiga wilayah

pemantauan masih dijumpai ketiga habitus (pohon, pancang, semai). Pantai Harapan Virgin, INP tertinggi yaitu mangrove jenis *Rhizophora apiculata* pada habitus pohon yakni sebesar 163,99%. Area Sitado Virgin juga didapatkan INP tertinggi pada mangrove jenis *Rhizophora apiculata* sebesar 107,41, sedangkan area Virgin Pesisir Galangan didapatkan INP tertinggi pada mangrove jenis *Sonneratia* sp. habitus pohon, yakni sebesar 300%.

Pada area revegetasi didapatkan nilai INP tertinggi dimiliki oleh mangrove jenis *Rhizophora mucronata* dengan nilai INP sebesar 300% di area rehabilitasi Pantai harapan dan mangrove jenis *Sonneratia* sp. di area rehabilitasi pesisir galangan, sedangkan untuk area Sitado telah tercatat bahwa telah terdapat kategori habitus pohon, pancang dan semai. Pada area Pantai Harapan tidak ditemukan jenis mangrove selain *Rhizophora mucronata* atau dapat dikatakan komposisi vegetasi yang Menyusun ekosistem mangrove di area ini bersifat homogen.

Jenis mangrove yang teridentifikasi di area virgin mangrove Pantai Harapan berjumlah 8 jenis yang didominasi oleh mangrove jenis *Rhizophora apiculata*, di area virgin mangrove Sitado berjumlah 7 jenis yang didominasi oleh mangrove jenis *Rhizophora apiculata* untuk kategori habitus pohon dan pancang serta *Rhizophora mucronata* untuk kategori habitu semai dan area virgin pesisir Galangan berjumlah 1 jenis yaitu hanya mangrove jenis *Sonneratia* sp. Sedangkan pada area revegetasi baik di area Pantai Harapan, Sitado dan Pesisir Galangan mayoritas ditanami oleh mangrove jenis *Rhizophora mucronata* pada kegiatan rehabilitasi, namun ditemukan pula mangrove jenis *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia* sp. dan *Lumnitzera littorea* yang kemungkinan besar tumbuh alami di area tersebut.

Jenis-jenis mangrove yang terpantau tumbuh di area pemantauan Pantai Harapan, Sitado dan Pesisir Galangan, Wilayah Tambang PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka tahun 2023, Semester I disajikan pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Daftar jenis mangrove yang terpantau tumbuh di area Pantai Harapan, Sitado dan Pesisir Galangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka tahun 2023 Semester I.

JENIS	PH-VIRGIN	ST-VIRGIN	PG-VIRGIN	PH-Rev 2006	ST-Rev 2008	PG-Rev 2009
<i>Avicenia alba</i>	☑					
<i>Bruguiera</i> sp.	☑	☑				
<i>Ceriops tagal</i>	☑	☑				
<i>Lumnitzera littorea</i>	☑	☑			☑	
<i>Nypa fruticans</i>	☑					
<i>Rhizophora apiculata</i>	☑	☑			☑	
<i>Rhizophora mucronata</i>	☑	☑	☑	☑	☑	☑
<i>Lumnitzera</i> sp.		☑				
<i>Sonneratia</i> sp.	☑	☑	☑		☑	
<i>Excoecaria agalloca</i> *				☑	☑	
Jumlah	8	7	2	1	4	1

Ket:

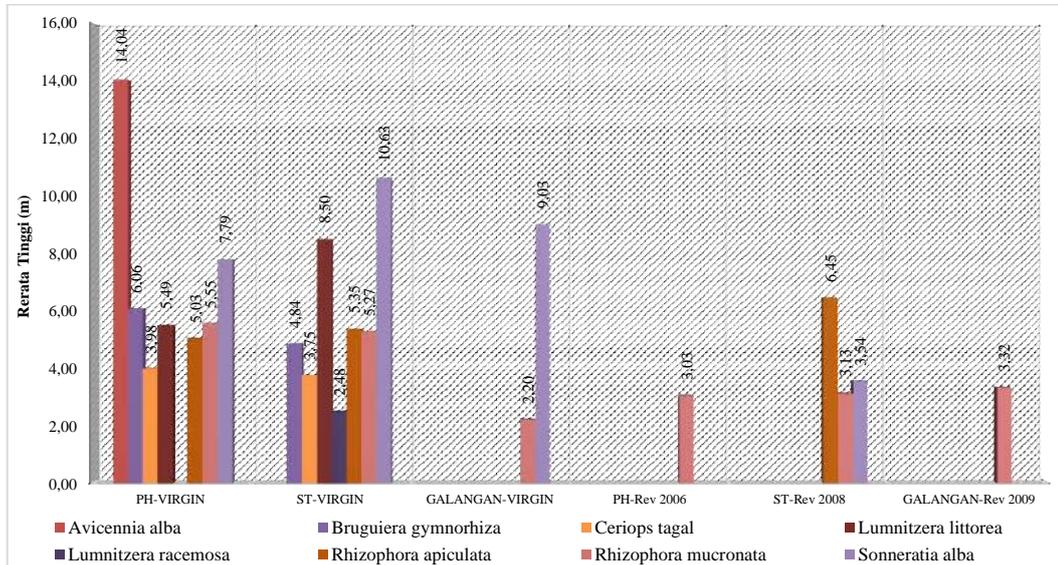
*= Outplot

Berdasarkan Tabel 4.7 diatas, dapat dilihat bahwa mangrove jenis *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia* sp. merupakan jenis mangrove yang hampir dijumpai diseluruh wilayah. Hal ini membuktikan bahwa mangrove jenis ini merupakan salah satu mangrove asli yang di jumpai di area virgin maupun area rehabilitasi. Selain itu, masih dijumpai pula beberapa semaian alami mangrove jenis *Ceriops tagal* di Area Virgin Pantai Harapan.

4.4.1.2 Analisis Tinggi Vegetasi Mangrove di Pesisir Pantai Harapan dan Pantai Sitado

Rerata tinggi vegetasi mangrove di Pantai Harapan, Sitado dan Pesisir Galangan pada pemantauan tahun 2023, Semester I dapat dilihat pada Gambar 4.57. Area revegetasi tahun 2006 pantai harapan hanya ditemukan 1 jenis mangrove, yaitu jenis *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 3,03 m. Area revegetasi Sitado tahun 2008 ditemukan 3 jenis mangrove, yaitu *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 3,13 m, *Rhizophora apiculata* dengan rerata tinggi 6,45 m, dan *Sonneratia* sp. dengan rerata tinggi 3,54 m. Sedangkan pada area

revegetasi pesisir Galangan tahun 2009 hanya ditemukan 1 jenis mangrove pada kategori habitus pancang yang tumbuh di area pemantauan yaitu *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 3,32 m.



Gambar 4.57 Rerata tinggi jenis vegetasi di kawasan Mangrove Pantai Harapan, Sitado, dan Pesisir Galangan pada pemantauan 2023 Semester I.

Area virgin Pantai Harapan ditemukan 7 jenis mangrove dengan rerata tertinggi yaitu pada mangrove jenis *Avicennia alba* dengan tinggi 14,04 m dan hanya ditemukan 1 individu (1 pohon). Selain itu terdapat mangrove *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 5,55 m, *Rhizophora apiculata* dengan rerata tinggi 5,03 m, *Sonneratia* sp. dengan rerata tinggi 7,79 m, *Lumnitzera littorea* dengan rerata tinggi 5,49 m, *Ceriops tagal* dengan rerata tinggi 3,98 m, dan *Bruguiera* sp. dengan rerata tinggi 6,06 m. Pada area virgin Sitado ditemukan 7 jenis mangrove dengan jenis yang paling tinggi yaitu pada mangrove jenis *Sonneratia* sp. dengan rerata tinggi 10,63 m. Adapun mangrove jenis lainnya yaitu *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 5,27 m, *Rhizophora apiculata* dengan rerata tinggi 5,35 m, *Lumnitzera littorea* dengan rerata tinggi 8,50 m, *Ceriops tagal* dengan rerata tinggi 3,75 m, dan *Bruguiera* sp. dengan rerata tinggi 4,84 m. Pada area virgin Pesisir galangan ditemukan 2 jenis mangrove dengan jenis yang paling tinggi yaitu mangrove jenis *Sonneratia* sp. dengan rerata tinggi 9,03 m dan juga mangrove jenis ini merupakan mangrove yang paling mendominasi di area virgin Pesisir Galangan. Selain itu terdapat mangrove jenis *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 2,20 m.

4.4.2 Fauna Mangrove

4.4.2.1 Makrozoobentos Mangrove

Ekosistem mangrove merupakan kawasan hutan yang hidup di sepanjang garis pantai dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem alamiah yang unik dan mempunyai nilai ekologis dan ekonomis yang tinggi. Fungsi ekosistem mangrove antara lain sebagai pelindung pantai dari angin, arus dan ombak dari laut, habitat (tempat tinggal), tempat mencari makan (*feeding ground*), dan tempat pemijahan (*spawning ground*) bagi biota perairan (Taluke dkk., 2019). Bagi biota perairan, ekosistem mangrove menjadi tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat asuhan dan pembesaran (*nursery ground*), dan tempat pemijahan telur (*spawning ground*) seperti berbagai jenis ikan, udang, kerang, dan berbagai jenis fauna invertebrata lainnya, termasuk makrozoobentos.

Makrozoobenthos adalah kelompok hewan yang hidup di dasar perairan, baik di permukaan perairan (epifauna) maupun membenamkan diri pada sedimen (infauna). Kelompok penyusun makrozoobenthos di sungai terdiri atas moluska (bivalvia, gastropoda), krustase, dan polychaeta. Hewan-hewan ini umumnya hidup menetap dengan pergerakan terbatas. Atas dasar inilah biasanya makrozoobenthos dijadikan sebagai bioindikator kerusakan ekosistem yang ada di perairan (Apriadi dkk., 2020).

Bioindikator kualitas perairan merupakan komponen biotik meliputi tanaman, hewan, dan microbial yang dapat dijadikan indikator kualitas perairan dari waktu ke waktu. Bioindikator dikatakan dapat digunakan sebagai pengukur kualitas air karena bioindikator memberikan respon secara spesifik terhadap perubahan-perubahan yang terjadi misalnya suhu, pH dan sebagainya. Makrobenthos merupakan organisme yang melekat pada dasar atau hidup pada sedimen dasar. Perairan yang tercemar akan mempengaruhi kelangsungan hidup makrobenthos karena makrobenthos merupakan organisme air yang mudah terpengaruh oleh adanya bahan pencemar, baik pencemar fisik maupun kimia (Ali dan Rosyadi, 2020).

Pemantauan makrozoobentos dilakukan di 6 titik, yakni di Pantai Harapan (Area Virgin), Pantai Harapan (Area Rehabilitasi 2006), Sitado (Area Virgin),

Sitado (Area Rehabilitasi), Pesisir Galangan (Area Virgin), dan Pesisir Galangan (Area Rehabilitasi). Pemantauan makrozoobentos pada keenam habitat tersebut ditujukan untuk melihat perbedaan struktur populasi dan keanekaragaman makrozoobentos pada tiap-tiap lokasi pemantauan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *purposive sampling*, ditemukan sebanyak 16 species makrozoobentos yang tergolong dalam kelas kelas Gastropoda, Bivalvia, dan Malacostraca di mana 9 spesies berasal dari kelas Gastropoda, 3 spesies dari kelas Bivalvia dan 4 spesies dari kelas Malacostaca dengan total 919 individu yang berasal dari 12 familia. Hasil pemantauan makrozoobentos pada tiap-tiap lokasi pemantauan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jumlah dan Species Makrozoobentos Mangrove yang Ditemukan di Enam Lokasi Pemantauan.

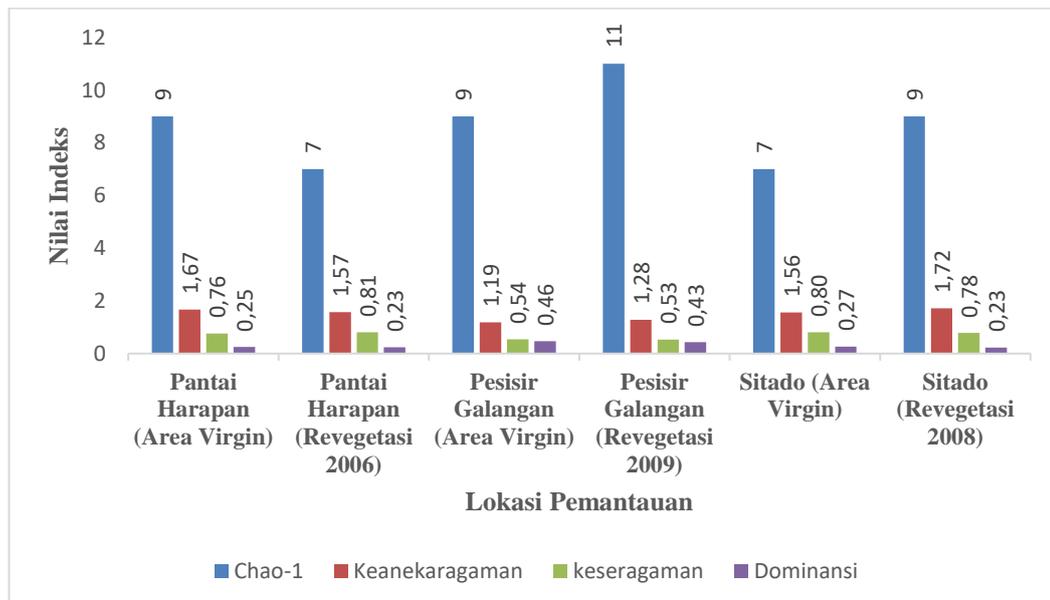
Jenis	Area						Jumlah
	PH Virgin	PH-Rev. 2006	Sitado Virgin	Sitado-Rev. 2009	Galangan Virg	Galangan Rev.	
<i>Alpheus</i> sp.	3	0	0	0	0	0	3
<i>Aratus</i> sp.	12	1	8	3	11	2	37
<i>Chicoreus capucinus</i>	1	0	3	7	0	0	11
<i>Clypeomorus</i> sp.	0	0	0	0	157	195	352
<i>Euchelus</i> sp.	0	0	0	0	1	1	2
<i>Gafrarium</i> sp.	0	0	0	7	7	7	21
<i>Isognomon</i> sp.	0	0	0	0	0	6	6
<i>Littorina melanostoma</i>	5	0	5	1	7	2	20
<i>Littorina scabra</i>	20	14	7	21	13	32	107
<i>Nerita costata</i>	13	6	23	0	4	26	72
<i>Pagurus</i> sp.	1	1	3	3	1	1	10
<i>Saccostrea</i> sp.	0	21	0	2	0	3	26
<i>Scylla</i> sp.	0	0	0	1	0	0	1
<i>Telescopium</i> sp.	14	0	0	0	0	0	14
<i>Terebralia</i> sp.	0	26	0	0	0	0	26
<i>Terebralia sulcata</i>	53	33	34	21	38	32	211
Total	122	102	83	66	239	307	919

Sumber: Hasil Pemantauan Benthos Maangrove, Agustus 2023.

Berdasarkan Tabel 4.8, Pada area Pantai Harapan (Area Virgin) dijumpai 122 individu yang terdiri dari familia Potamididae, Neritidae, Paguridae, Littorinidae, Sesarmidae, Alpheidae, Paguroidea dan Muricidae. Di wilayah Pantai Harapan (Rehabilitasi) dijumpai 102 individu yang berasal dari familia

Potamididae, Littorinidae, Sesarmidae, Neritidae, Paguroidea dan Ostreidae. Di wilayah Sitado (Area Virgin) dijumpai 83 individu makrozoobentos dari familia Potamididae, Paguridae, Littorinidae, Sesarmidae, Muricidae, dan Neritidae. Di wilayah Sitado (Rehabilitasi) dijumpai 83 makrozoobentos dari familia Littorinidae, Veneridae, Paguroidea, Potamididae, Muricidae, Sesarmidae dan Portunidae. Di wilayah Pesisir Galangan (Area Virgin) dijumpai 239 individu yang berasal dari familia Potamididae, Cerithiidae, Veneridae, Neritidae, Paguroidea, Littorinidae, Sesarmidae dan Chilodontadae. Di Wilayah Pesisir Galangan (Rehabilitasi) dijumpai 307 individu dari familia Neritidae, Veneridae, Potamididae, Littorinidae, Paguroidea, Cerithiidae, Chilodontadae, Isognomonidae, Ostreidae dan Sesarmidae.

Clypeomorus sp. merupakan species yang paling banyak dijumpai di lokasi pemantauan, yaitu sejumlah 253 individu. Disusul oleh *Terebralia sulcata* sebanyak 211 individu. Sementara, species *Scylla* sp., *Euchelus* sp., *Alpheus* sp., dan *Isognomon* sp. merupakan spesies yang paling sedikit dijumpai di lokasi pemantauan. Dari keseluruhan spesies yang ditemukan, *Aratus* sp., *Pagurus* sp., *Littorina scabra* dan *Terebralia sulcata* merupakan spesies yang ditemukan di seluruh lokasi pemantauan.



Gambar 4.58 Histogram Perbandingan Nilai Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos pada Lokasi Pemantauan PT. Antam Tbk. Semester I 2023.

Analisis keanekaragaman makrozoobentos mangrove disajikan melalui data indeks keanekaragaman Shannon-Weiner (H'), indeks dominansi Simpson (D), dan indeks pemerataan Pielou (Eveness) yang tersaji pada Gambar 4.58. Indeks keanekaragaman menggambarkan kestabilan, produktivitas maupun tekanan oleh ekosistem. Berdasarkan estimasi Chao-1, masing-masing lokasi pemantauan memiliki jumlah jenis makrozoobentos sebanyak 7-11 spesies total dari 16 spesies makrozoobentos yang ditemukan di seluruh lokasi pemantauan.

Nilai indeks keanekaragaman Shannon Weiner dipengaruhi oleh faktor jumlah spesies dan distribusi individu masing-masing spesies (Bai'un 2021). Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman Shannon Weiner yang didapatkan, tiap-tiap lokasi pemantauan memiliki indeks keanekaragaman pada angka 1,19-1,72. Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman jenis makrozoobentos berada pada kategori sedang. Dari 6 lokasi pemantauan, nilai keanekaragaman terendah didapatkan pada lokasi Galangan (Area Virgin), sementara itu nilai keanekaragaman tertinggi berada di Sitado (Revegetasi) dengan nilai indeks 1,72 yang termasuk dalam kategori sedang. Keanekaragaman jenis yang tergolong tinggi dikarenakan banyak jumlah spesies yang menempati daerah tersebut serta banyaknya jenis individu-individu yang menempati habitat tersebut bersifat khas. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman jenis tinggi jika komunitas itu disusun oleh banyak jenis dengan kelimpahan jenis yang sama atau hampir sama (Sulistiyani dkk., 2014).

Keseimbangan penyebaran suatu jenis dalam komunitas dapat diketahui dari indeks keseragaman. Nilai indeks keseragaman akan berbanding terbalik dengan nilai indeks keanekaragaman. Berdasarkan nilai indeks keseragaman Eveness yang terdapat pada masing-masing lokasi pemantauan, nilai keseragaman yang diperoleh berkisar antara 0,54-0,81 yang. Hal ini menunjukkan bahwa komunitas tersebut dalam kategori labil-stabil. Nilai indeks keseragaman tertinggi berada di wilayah Pantai Harapan (Area Revegetasi) dengan nilai 0,81. Hal ini dikarenakan species yang ditemukan di lokasi tersebut cenderung seragam dibandingkan dengan lokasi pemantauan yang lain. Sementara, nilai indeks keseragaman Eveness terendah diperoleh di lokasi Pesisir Galangan (Revegetasi 2009) dengan nilai 0,53. Pada Pesisir Galangan (Virgin) dan Pesisir Galangan

(Revegetasi 2009), *Clypeomorus* sp. Merupakan spesies yang mendominasi dengan jumlah 157 dari 239 individu dan 195 dari 307 individu yang ditemukan. Nilai indeks keseragaman yang rendah pada dua lokasi tersebut mengindikasikan bahwa terdapat spesies yang mendominasi, sehingga komunitas makrozoobentos berada pada kategori labil. Hal ini sejalan dengan Munandar *et.al* (2016), di mana komunitas stabil memiliki penyebaran jumlah individu tiap jenis sama dan tidak ada kecenderungan didominasi oleh jenis individu tertentu.

Indeks dominansi Simpson digunakan untuk mengetahui tingkat dominansi spesies pada suatu komunitas. Nilai indeks dominansi di semua lokasi pemantauan berada pada kategori rendah (0,23-0,46) yang mengindikasikan bahwa dominansi spesies rendah pada lokasi pemantauan. Nilai indeks dominansi pada Pesisir Galangan (Virgin) memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya, yaitu sebesar 0,46. Nilai ini didasarkan pada rendahnya nilai keanekaragaman species yang ada di lokasi tersebut dan komunitas tersebut didominasi oleh species *Clypeomorus* sp. dengan jumlah 157 individu dari total 239 individu yang ditemukan. Sementara, nilai indeks dominansi terendah diperoleh di area Sitado (Revegetasi) dengan nilai 0,23. Nilai indeks dominansi yang rendah menunjukkan bahwa tidak terdapat dominansi spesies pada area tersebut dan spesies yang ditemukan berada pada komposisi yang seragam.

4.4.2.2 Fauna Burung Mangrove

Pengamatan fauna burung pada kawasan mangrove dilakukan pada dua tipe habitat, yaitu pada area virgin dan area rehabilitasi, dengan masing-masing kategori habitat dilakukan pada dua lokasi, yaitu kawasan mangrove Pantai Harapan, Sitado, dan Pesisir Galangan. Perbedaan tipe habitat serta jenis vegetasi pada masing-masing habitat dapat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap keberadaan fauna burung. Dengan demikian, dapat diperoleh gambaran dari hasil program rehabilitasi kawasan mangrove yang dilakukan dalam menyokong kehidupan berbagai jenis komunitas biotik di dalamnya, terutama fauna burung.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *Point Count* ditemukan sebanyak 32 jenis (Lampiran X.7), dengan total 437 individu, dengan rincian masing-masing habitat yang dapat dilihat pada Tabel 4.9 Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat tiga jenis burung yang dilindungi berdasarkan Permen

Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*), Elang sulawesi (*Nisaetus lanceolatus*), dan Alap-alap sapi (*Falco moluccensis*).

Tabel 4.9 Jumlah dan status konservasi fauna burung kawasan mangrove.

Uraian	Area Virgin			Area Rehabilitasi			Jumlah Akumulasi
	Pantai Harapan	Sitado	Pesisir Galangan	Pantai Harapan	Sitado	Pesisir Galangan	
Total Spesies	15	15	13	19	9	7	32
Total Individu	112	70	13	116	28	38	437
Endemik Sulawesi	3	3	1	-	3	1	6
Status Perdagangan							
Appendix I	-	-	-	-	-	-	0
Appendix II	-	1	-	1	1	-	3
Status Perlindungan RI							
Dilindungi	-	1	-	1	1	-	3

Selain itu terdapat enam jenis (18,7 %) burung endemik Sulawesi, yaitu Serindit Sulawesi (*Loriculus stigmatus*), Pelanduk Sulawesi (*Pellorneum celebense*), Cabai panggul-kelabu (*Dicaeum celebicum*), Cabai panggul-kuning (*Dicaeum aureolimbatum*), Elang sulawesi (*Nisaetus lanceolatus*), dan Kipasan sulawesi (*Rhipidura teysmannii*). Berdasarkan peraturan perdagangan internasional CITES, terdapat tiga spesies burung yang termasuk kategori Appendix II, yaitu Elang sulawesi (*Nisaetus lanceolatus*), Alap-alap sapi (*Falco moluccensis*), dan Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*). Selain itu, terdapat satu jenis burung yang tergolong ke dalam status “hampir terancam” (*Near Threatened/NT*) dalam IUCN-red list, yaitu Itik benjut (*Anas gibberifrons*).

Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi pada masing-masing habitat dapat dilihat pada Tabel 4.10. Masing-masing habitat yang ada di kawasan mangrove menunjukkan kelimpahan relatif fauna burung yang berbeda-beda (Lampiran X.8). Perbedaan tersebut dapat disebabkan karena kawasan mangrove memiliki tipe vegetasi yang berbeda-beda di dalamnya, terlebih lagi bagi lokasi yang berbatasan langsung dengan lautan luas, sehingga mendukung kehidupan berbagai jenis burung air (*water bird*).



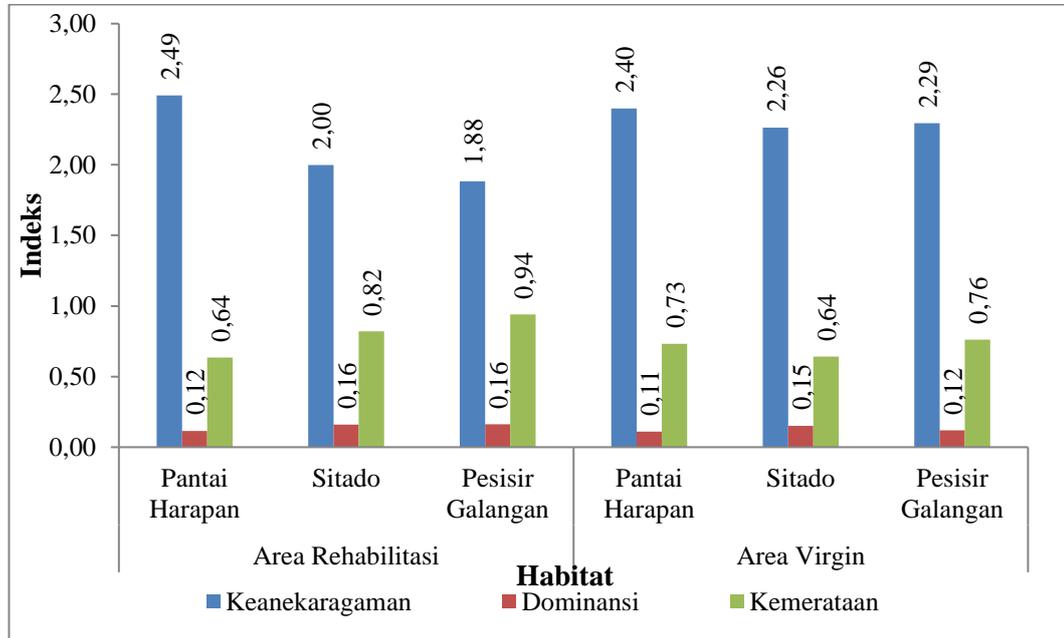
Gambar 4.59 Cangkak merah (*Ardea purpurea*), salah satu *water bird* yang sering dijumpai di kawasan mangrove PT. Antam, Tbk.

Tabel 4.10 Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada kawasan mangrove.

Nama Lokal	Nama Latin	Kelimpahan Relatif
Pantai Harapan Virgin		
Bondol coklat	<i>Lonchura atricapilla</i>	21,43%
Kirik-kirik australia	<i>Merops ornatus</i>	16,07%
Pantai Harapan Rehabilitasi		
Kirik-kirik australia	<i>Merops ornatus</i>	21,55%
Bondol coklat	<i>Merops ornatus</i>	16,07%
Sitado Virgin		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	28,57%
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	18,57%
Sitado Rehabilitasi		
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	28,57%
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	25,00%
Pesisir Galangan Virgin		
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	20,55%
Kacamata laut	<i>Zosterops chloris</i>	16,44%
Pesisir Galangan Rehabilitasi		
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	26,32%
Kacamata laut	<i>Zosterops chloris</i>	21,05%

Histogram perbandingan nilai indeks pada masing-masing habitat dapat dilihat pada Gambar 4.59. Indeks keanekaragaman yang diperoleh berkisar antara 1,88 – 2,49 dengan nilai H' tertinggi diperoleh pada area rehabilitasi Pantai Harapan. Indeks keanekaragaman dari keenam habitat tersebut tergolong keanekaragaman sedang ($1 < H' \leq 3$), yang berarti habitat tersebut tergolong baik

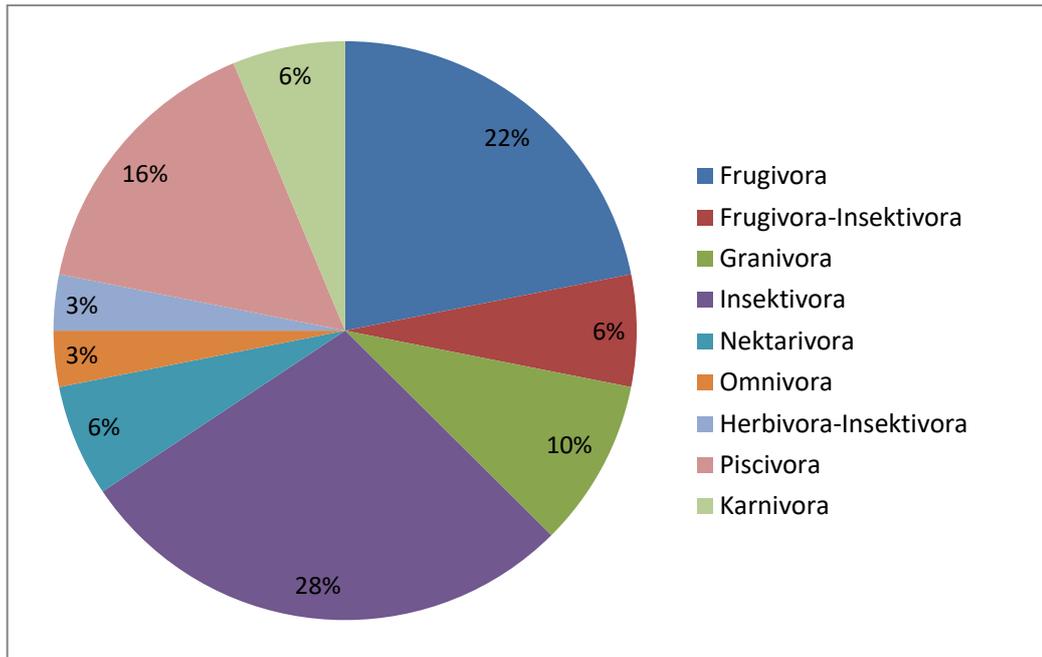
bagi kehidupan fauna burung yang ada di dalamnya, melalui ketersediaan kebutuhan hidup fauna burung yang mencakup pakan, tempat bersarang, dan tempat beraktivitas.



Gambar 4.60 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan kemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di kawasan mangrove.

Indeks dominansi yang diperoleh di seluruh habitat menunjukkan nilai dominansi mendekati 0 (0,11 – 0,16) yang berarti bahwa tidak terdapat spesies tertentu yang mendominasi atau sangat melimpah. Didukung oleh hasil indeks kemerataan yang diperoleh menunjukkan nilai mendekati 1 ($evenness = 0,64 - 0,94$), yang berarti bahwa persebaran fauna burung cukup merata (stabil) pada setiap titik pengamatan.

Berdasarkan *feeding guild* (jenis pakan), burung yang ditemukan di kawasan mangrove terbagi ke dalam sembilan *guild*, dengan proporsi masing-masing *guild* yang dapat dilihat pada Gambar 4.60. Bervariasinya *guild* yang ada di kawasan mangrove PT Antam Tbk mengindikasikan bahwa habitat yang ada mampu mendukung bermacam-macam variasi *guild* pakan burung dan layak dihuni oleh berbagai jenis burung. Jenis *guild* yang mendominasi adalah insektivora (pemakan serangga) dengan proporsi sebesar 28%, kemudian kelompok frugivora (pemakan buah) sebesar 22%.



Gambar 4.61 Proporsi jumlah jenis berdasarkan *feeding guild* di kawasan mangrove.

Berbeda dengan tipe habitat yang lain dalam pemantauan fauna burung di wilayah pertambangan PT Antam Tbk, pada kawasan mangrove terdapat tujuh jenis (21,9%) burung air sehingga *guild* piscivora memiliki proporsi yang cukup besar (16%). Hal ini berkaitan dengan fungsi kawasan mangrove sebagai penunjang aktivitas hidup burung air, baik sebagai tempat berlindung, mencari makan, dan berkembang biak. Kelompok ini dicirikan dengan paruh panjang dan kuat, kaki yang panjang, dan ekor pendek, yang umumnya berasal dari Famili Alcedinidae dan Ardeidae. Alcedinidae dapat dijadikan indikator suatu habitat karena memiliki kepekaan terhadap kesehatan lingkungan dalam habitatnya karena burung Alcedinidae hidup di daerah terbuka yang memiliki air bersih (Endah dan Partasmita, 2015).

4.5 Biota Laut

4.5.1 Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan ekosistem yang memiliki nilai yang penting bagi kehidupan masyarakat, baik dari aspek sosial, ekonomi dan budaya. Terumbu karang sebagai penunjang keanekaragaman hayati biota-biota laut karena memiliki peranan penting bagi organisme sekitarnya. Sebagian besar organisme

laut menjadikan ekosistem ini sebagai tempat tinggal, tempat mencari makan, berkembang biak dan sebagai tempat berlindung. Oleh karena itu, ekosistem terumbu karang mampu menyediakan sumber daya alam bagi masyarakat sekitarnya.

Terumbu karang dengan segala kompleksitasnya penting untuk dikaji secara berkelanjutan. Tekanan lingkungan yang terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia merupakan faktor utama yang dapat menurunkan kualitas lingkungan ekosistem terumbu karang. Untuk menjustifikasi kondisi terumbu karang, Coral Reef Information and Training Center (CRITC)-Coral Reef Rehabilitation and Management Program (COREMAP) LIPI menetapkan kriteria penilaian kondisi terumbu karang berdasarkan Gomez & Yap (1988) sebagai berikut:

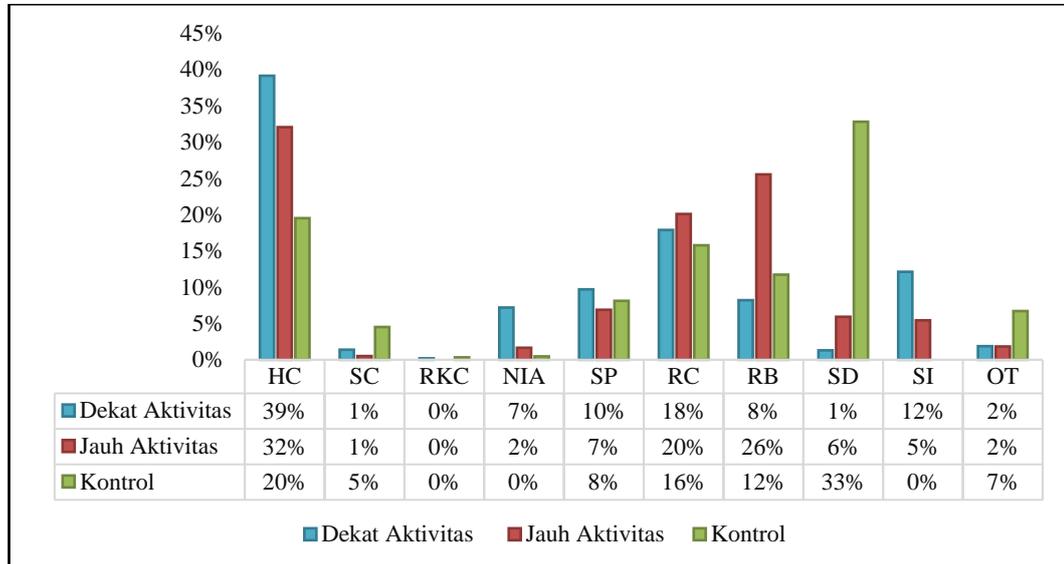
- **Rusak** apabila persen tutupan karang hidup antara **0-24,9%**.
- **Sedang** apabila persen tutupan karang hidup antara **25-49,9%**.
- **Baik** apabila persen tutupan karang hidup antara **50-74,9%**.
- **Sangat Baik** apabila persen tutupan karang hidup **75-100%**.

Secara umum, kondisi terumbu karang yang ada di perairan pomala mengalami tekanan aktivitas antropogenik yang cukup tinggi. Kebiasaan masyarakat dalam mencari ikan dengan metode yang tidak ramah lingkungan menjadi faktor yang paling mempengaruhi kondisi terumbu karang di Kawasan tersebut. Kawah bekas bom dijumpai hampir diseluruh stasiun pemantauan dengan jumlah yang tidak sedikit. Berdasarkan kondisi yang dijumpai, tercatat bahwa dari dua puluh lima stasiun yang dipantau, 33% diantaranya berada dalam kondisi rusak dan 50% dalam kondisi sedang, dan 17 % dalam kondisi baik.

4.5.1.1 Kondisi Terumbu Karang Area Pemantauan Dekat, Jauh Aktivitas Antam, dan Kontrol

Berdasarkan hasil pemantauan yang telah dilakukan, persentase tutupan karang hidup pada area pemantauan menggambarkan bahwa kondisi terumbu karang pada area pemantauan Dekat Aktivitas Antam dan Jauh Aktivitas Antam tergolong **Sedang** sedangkan kondisi terumbu karang pada area Kontrol tergolong **Rusak**. Tutupan karang hidup pada area pemantauan Dekat Aktivitas Antam adalah sebesar 39%. Pada area pemantauan Jauh Aktivitas Antam memiliki

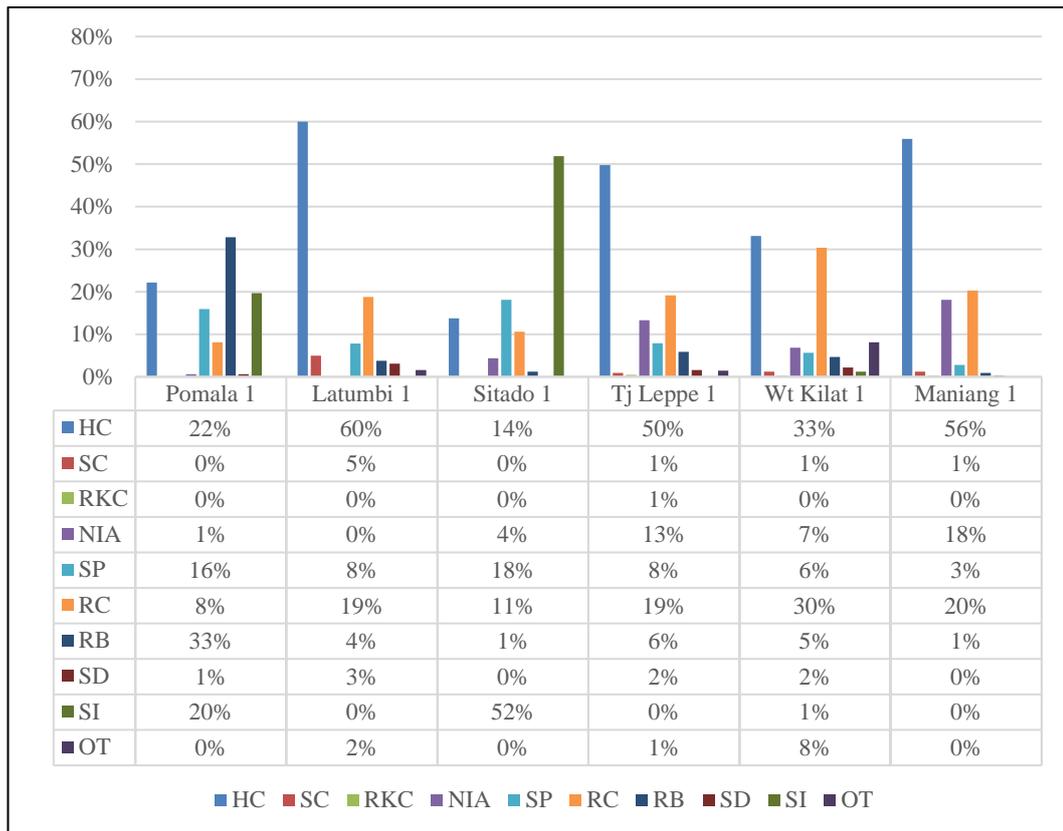
tutupan karang sebesar 32%. Sedangkan di area Kontrol hanya memiliki persentase karang hidup sebesar 20%. Kondisi tutupan substrat lainnya secara rinci dapat dilihat pada (Gambar 4.62).



Gambar 4.62 Kondisi tutupan substrat pada area pemantauan Dekat Aktivitas Antam, Jauh Aktivitas Antam dan Kontrol tahun 2023 semester I.

Tutupan substrat pada area pemantauan Dekat Aktivitas dan Jauh Aktivitas Antam didominasi oleh *Hard coral* (HC). Sementara pada area Kontrol didominasi oleh substrat *Sand* (SD). Substrat *Silt* (SI) hanya dijumpai pada area pemantauan Dekat Aktivitas Antam dan Jauh Aktivitas Antam. *Sponge* (SP) merupakan substrat kategori *living cover* yang memiliki persentase tertinggi kedua diseluruh area pemantauan dengan rentang tutupan 7% hingga 10%. Tutupan *Rubble* (RB) pada area pemantauan Jauh Aktifitas Antam memiliki tutupan hingga 26% sekaligus mengindikasikan bahwa area tersebut rentan terhadap bom dan tertabrak tongkang.

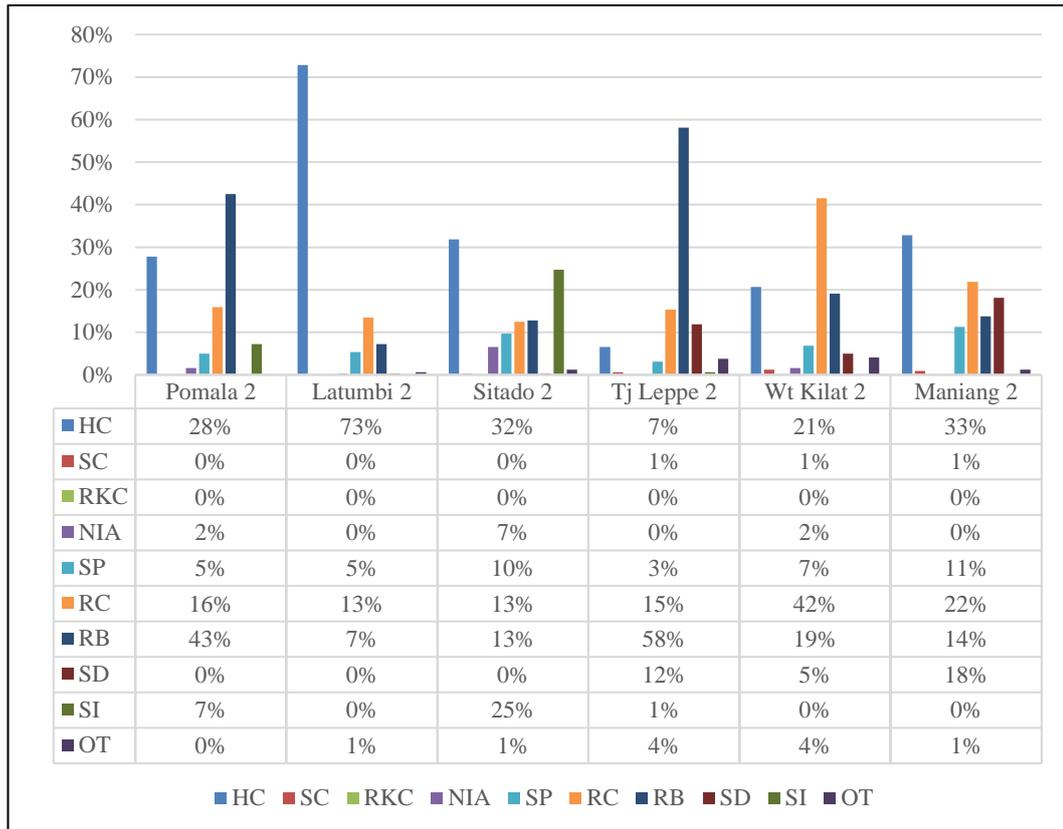
Pada area pemantauan Dekat Aktivitas Antam, lokasi dengan persentase tutupan karang hidup diatas 50% atau dengan kondisi terumbu karang tergolong **Baik** terdapat pada lokasi Latumbi 1 (60%), Tg Leppe 1 (50%) dan Maniang 1 (56%). Lokasi pemantauan dengan kondisi terumbu karang tergolong **Sedang** terdapat pada Watu Kilat 1 (33%) dan Pomala 1 (22%). Sedangkan kondisi terumbu karang yang tergolong **Rusak** Sitado 1 (14%) (Gambar 4.63).



Gambar 4.63 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan yang Dekat Aktivitas Antam tahun 2023 semester I.

Persentase tutupan *Sponge* (SP) tertinggi ditemukan pada lokasi pemantauan Sitado 1 (18%) dan Pomala 1 (16%). Selain itu, substrat *Nutrient Indicator Algae* (NIA) juga merupakan salah satu substrat *living cover* yang memiliki tutupan yang cukup tinggi pada lokasi pemantauan Tj Leppe 1 dan Maniang 1 (21%) (Gambar 4.62).

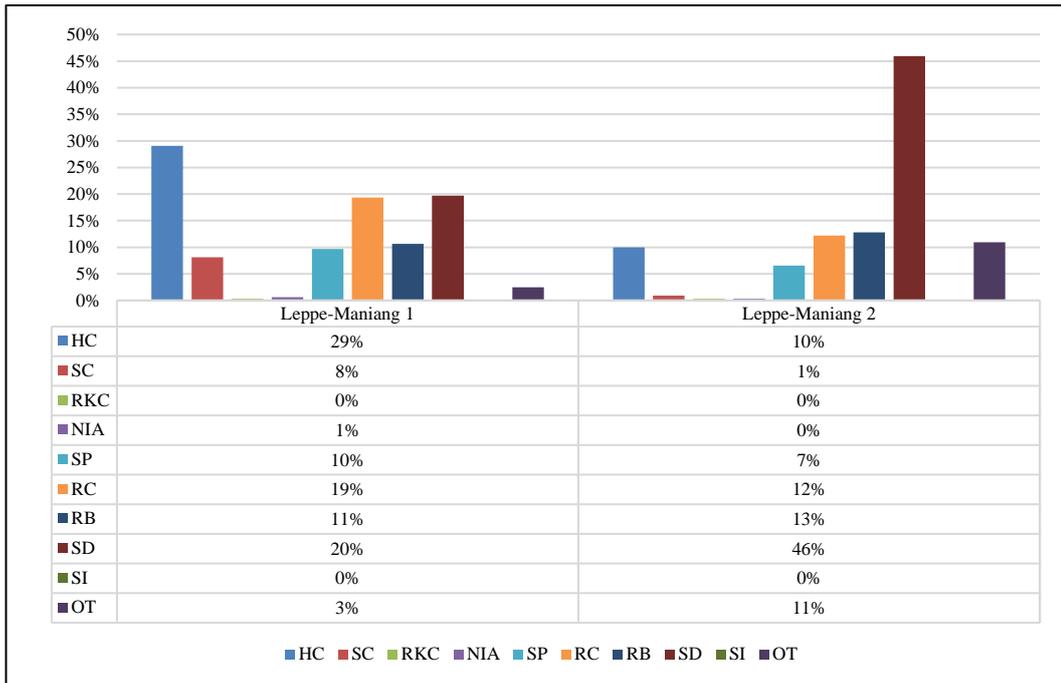
Kondisi area pemantauan Jauh Aktivitas Antam juga memiliki kondisi yang berbeda-beda. Lokasi dengan persentase tutupan karang tergolong **Baik** hanya terdapat pada lokasi Latumbi 2 (73%). Sedangkan stasiun pemantauan dengan kondisi terumbu karang tergolong **Sedang** terdapat pada Pomala 2 (28%), Sitado 2 (32%), Wt Kilat 2 (21%) dan Maniang 2 (33%). Kondisi terumbu karang yang tergolong **Rusak** terdapat pada stasiun Tg Leppe 2 (7%) (Gambar 4.63).



Gambar 4.64 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan Jauh Aktivitas Antam tahun 2023 semester I.

Rusaknya terumbu karang pada stasiun Tg Leppe 2 juga diakibatkan oleh faktor antropogenik, dimana pada stasiun ini memiliki hamparan rubble dengan tutupan mencapai 58% sebagai akibat dari penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan seperti bom ikan dan penggunaan potasium. Pada periode pemantauan tahun 2023 semester 1 ini, dijumpai kawah baru dengan ukuran besar berdiameter kurang lebih 6 meter dijalur transek area reef flate (Gambar 4.64).

Area pemantauan Kontrol yang terdiri dari stasiun Leppe-Maniang 1 dan Leppe-Maniang 2 cenderung di dominasi oleh *Death Cover* terutama substrat pasir (SD). Berdasarkan persentase tutupan karangnya (HC), kondisi terumbu karang pada stasiun pemantauan Leppe-Maniang 1 tergolong **sedang** persentase tutupan karang sebesar 29%. Sementara stasiun Leppe-Maniang 2 tergolong rusak dengan persentase tutupan karang 10%.



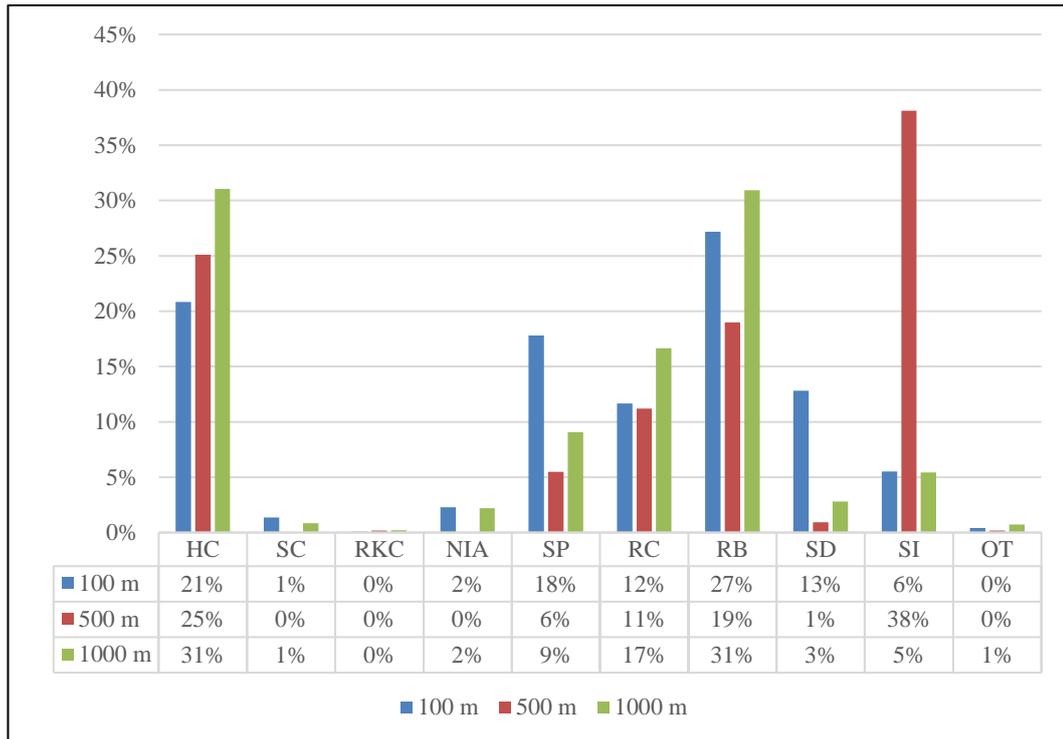
Gambar 4.65 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan area Kontrol tahun 2023 semester I.



Gambar 4.66 Kawah besar pada stasiun pemantauan Tj Leppe 2.

4.5.1.2 Kondisi Terumbu Karang Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

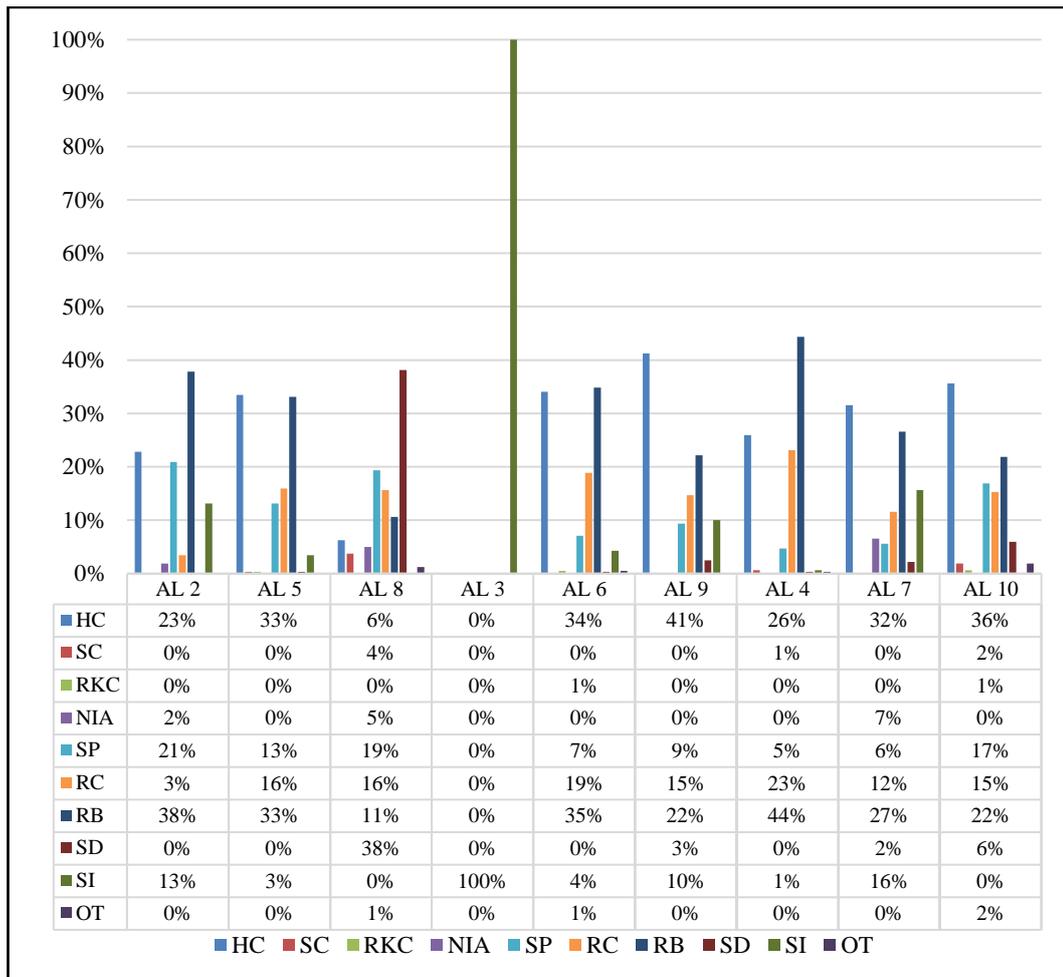
Berdasarkan hasil analisis data, kondisi terumbu karang area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada lokasi pemantauan 500 meter dan 1000 meter tergolong **Sedang** dengan tutupan karang hidup sebesar 25% dan 31%. Sedangkan tutupan karang hidup di lokasi pemantauan 100 meter hanya 21% dengan kondisi terumbu karang tergolong **Rusak** (Gambar 4.67).



Gambar 4.67 Penutupan substrat pada area pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tahun 2022 semester II.

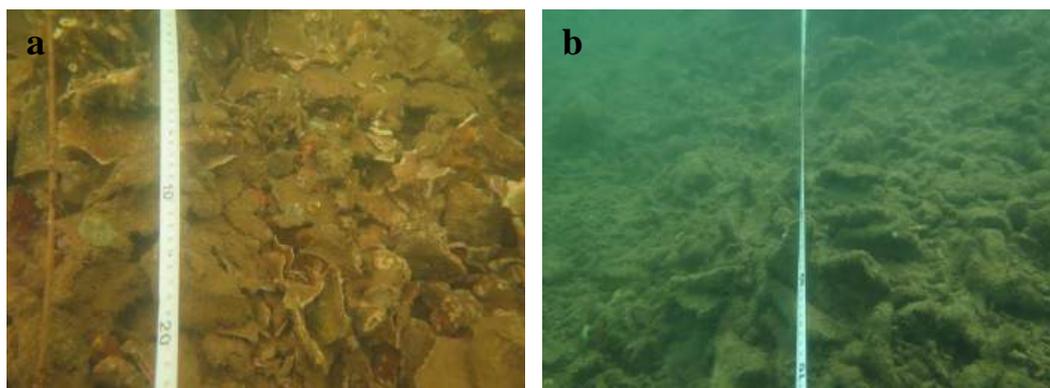
Substrat *Living Cover* tertinggi kedua adalah Spong (SP) dengan persentase tertinggi (18%) berada pada lokasi pemantauan 100 meter. Tutupan karang mati dalam bentuk substrat *rubble* (RB) merupakan substrat *dead cover* yang mendominasi di lokasi pemantauan 100 meter dan 1000 meter. Sedangkan pada lokasi pemantauan 500 meter, didominasi oleh tutupan lumpur *Silt* (SI). Tingginya tutupan lumpur pada lokasi tersebut disebabkan oleh titik pemantauan AL 3 yang memiliki tutupan lumpur 100 % (Gambar 4.67). Area tersebut merupakan jalur kapal tongkang yang mengangkut *ore* dan batu bara, kapal tangker maupun kapal pengangkut feronikel. Selain itu, tidak jauh dari lokasi tersebut terdapat aktivitas bongkar muatan *ore*.

Kondisi terumbu karang di lokasi pemantauan area PLTU yang tergolong **Rusak** terdapat pada AL 2 (23%), AL 8 (6%) dan AL 3 (0%). Sedangkan lokasi pemantauan yang kondisi terumbu karangnya tergolong **Sedang** adalah AL 4 (26%), AL 5 (33%) AL 6 (34%), AL 7 (32%), AL 9 (32%), dan AL 10 (36%) (Gambar 4.67).



Gambar 4.68 Penutupan substrat pada lokasi pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tahun 2023 semester I.

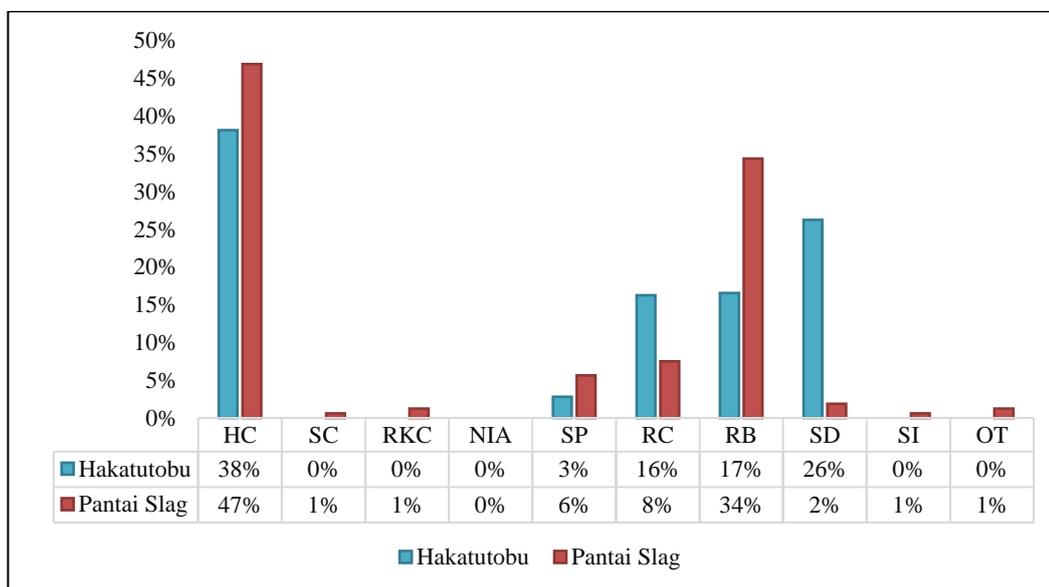
Stasiun pemantauan AL 4 merupakan salah satu stasiun yang mengalami penurunan tutupan karang secara drastis. Pecahan karang yang masih hidup dijumpai hampir disepanjang transek, kini berubah menjadi pecahan karang mati (*Rubble*). Kondisi ini menyebabkan stasiun pemantauan AL 4 yang awalnya memiliki status terumbu karang yang tergolong **baik** dari tahun 2020, berubah menjadi **sedang** dengan persentase tutupan hanya 26% atau mendekati kondisi rusak.



Gambar 4.69 Kondisi pecahan karang pada stasiun pemantauan AL 4 pemantauan tahun 2022 semester II (a), dibandingkan dengan periode pemantauan 2023 semester I (b).

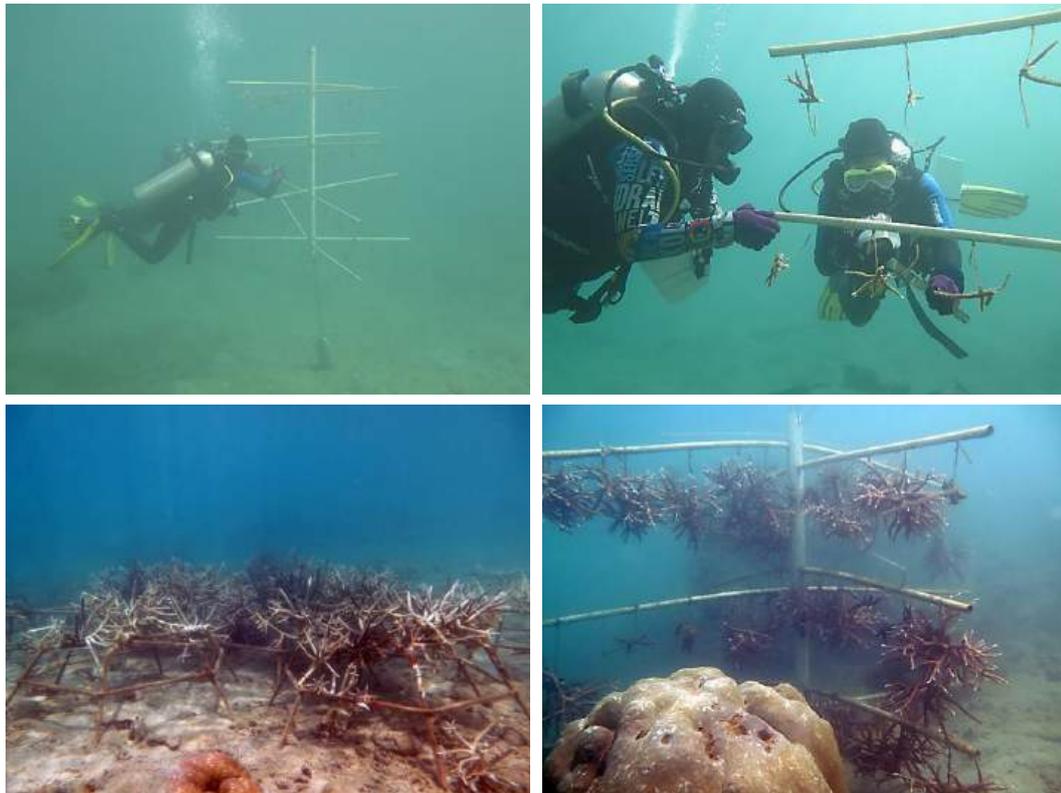
4.5.1.3 Kondisi Terumbu Karang Area Rehabilitasi

Area rehabilitasi merupakan area yang ditentukan secara khusus dalam rangka program upaya pemulihan ekosistem terumbu karang di perairan pomala. Berdasarkan hasil analisis data, kondisi terumbu karang pada area rehabilitasi tergolong **sedang**. Stasiun pemantauan Hakatutobi 1 memiliki persentase tutupan karang sebesar 38%, sedangkan Pantai Slag memiliki tutupan karang sebesar 47% (Gambar 4.70).



Gambar 4.70 Penutupan substrat wilayah rehabilitasi di Desa Hakatutobu pada lokasi pemantauan Dalam Keramba (Hakatutobu 1) dan Pantai Slag tahun 2023 semester I.

Pada lokasi pemantauan Hakatutobu 1, telah dilakukan program nursery menggunakan metode *vertical artificial reef* dan beberapa kali transplantasi karang dengan metode meja *spider*. Sedangkan lokasi Rehabilitasi Pantai Slag merupakan kawasan yang sedang dalam proses rehabilitasi menggunakan transplantasi karang dengan meja *spider* (Gambar 4.71).



Gambar 4.71 Kondisi nursery karang di area rehabilitasi Desa Hakatutobu pada lokasi pemantauan dalam Keramba (Hakatutobu 1).

4.5.2 Invertebrata

Keberadaan Invertebrata yang memiliki hubungan asosiasi dengan terumbu karang dinilai penting untuk memberi gambaran kondisi ekosistem terumbu karang di suatu kawasan. Beberapa jenis makroinvertebrata dari kelompok Ekhinodermata, Moluska dan Krustasea merupakan kelompok fauna bentik yang sering menjadi komponen penting dalam pemantauan terumbu karang (Giyanto, dkk., 2014). Dalam pemantauan ini, terdapat delapan kelompok Invertebrata yang menjadi target spesies pemantauan. Secara umum, jenis-jenis invertebrata ini di bedakan kedalam dua kelompok yaitu kelompok invertebrata indikator *reef check* dan invertebrata non indikator *reef check*. Target pemantauan

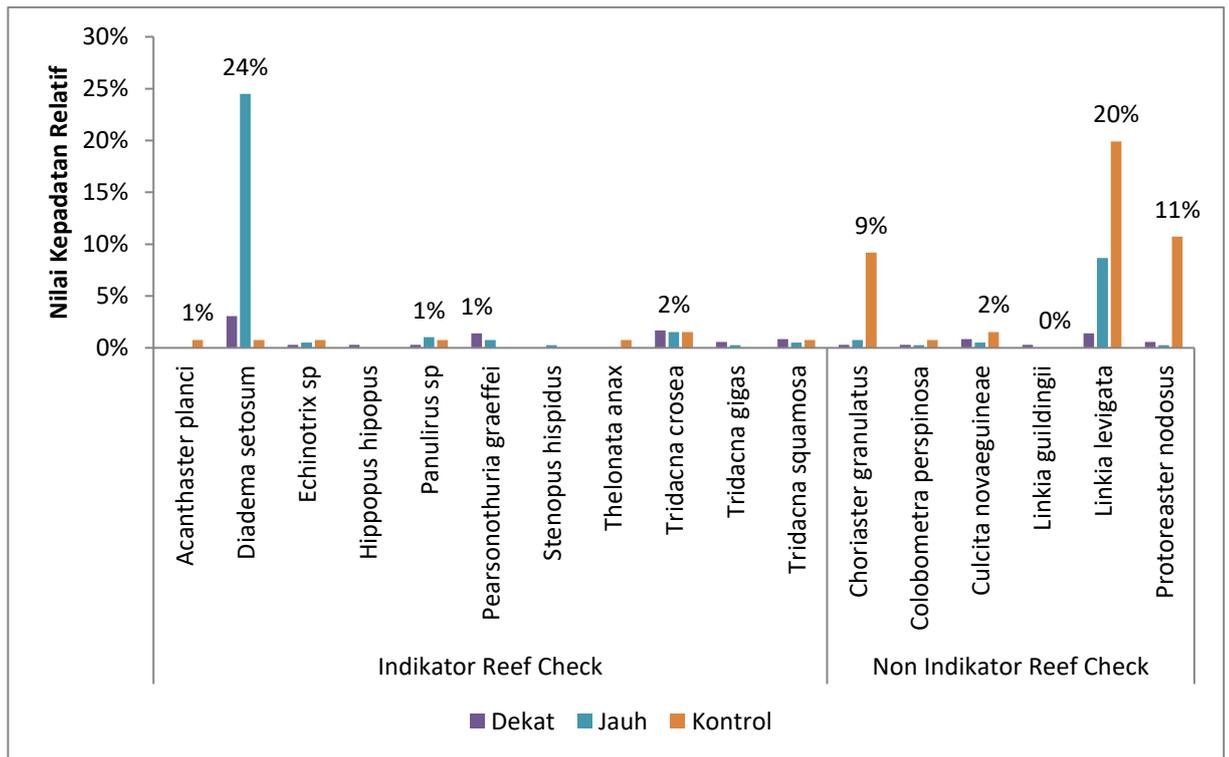
adalah invertebrata yang memiliki keterkaitan erat dengan kesehatan terumbu karang. Jenis-jenis invertebrata tersebut di tampilkan pada Tabel 11. berikut ini.

Tabel 4.11 Jenis jenis invertebrata indikator dan non indikator dalam metode *reef check*.

No.	Kelompok Invertebrata	Jenis/Familia
Invertebrata Indkator Reef Check		
1	Kima/ <i>Giant Clam</i>	<i>Tridacna spp., Hippopus hippopus</i>
2	Landak Laut/ <i>Diadema Urchin</i>	<i>Diadema setosum, Echinotrix sp.</i>
3	Bintang Laut / <i>Crown of Thorns</i>	<i>Acanthaster planci</i>
4	Teripang/ <i>Sea Cucumbers</i>	<i>Holothuroidea</i>
5	Lobster	<i>Pinularia sp.</i>
6	Udang Hias/ <i>Ornamental shrimp</i>	<i>Stenopus hispidus</i>
Invertebrata Non Indkator Reef Check		
7	Bintang laut	<i>Asteroidea</i>
8	Lili Laut	<i>Crinoidea</i>

4.5.2.1 Invertebrata di Area Perairan Sekitar Aktivitas Antam.

Pemantauan keberadaan jenis invertebrata di lakukan pada enam titik di area dekat aktivitas pertambangan, enam titik berada pada area yang jauh dari aktivitas pertambangan dan dua titik yang di anggap sebagai lokasi kontrol. Titik pemantauan dekat aktivitas PT Antam Kolaka terdiri atas Watukilat 1, Tanjung Leppe 1, Pelabuhan Pomalaa 1, Sitado 1, Latumbi 1, Pulau Maniang 1. Lokasi pemantauan jauh aktivitas PT Antam terdiri atas titik pemantauan Watukilat 2, Tanjung Leppe 2, Pelabuhan Pomalaa 2, Sitado 2, Latumbi 2 dan Pulau Maniang 2. Lokasi pemantauan sebagai area kontrol terdiri atas titik Tanjung Leppe- Pulau Maniang 1 dan Tanjung Leppe-Pulau Maniang 2.

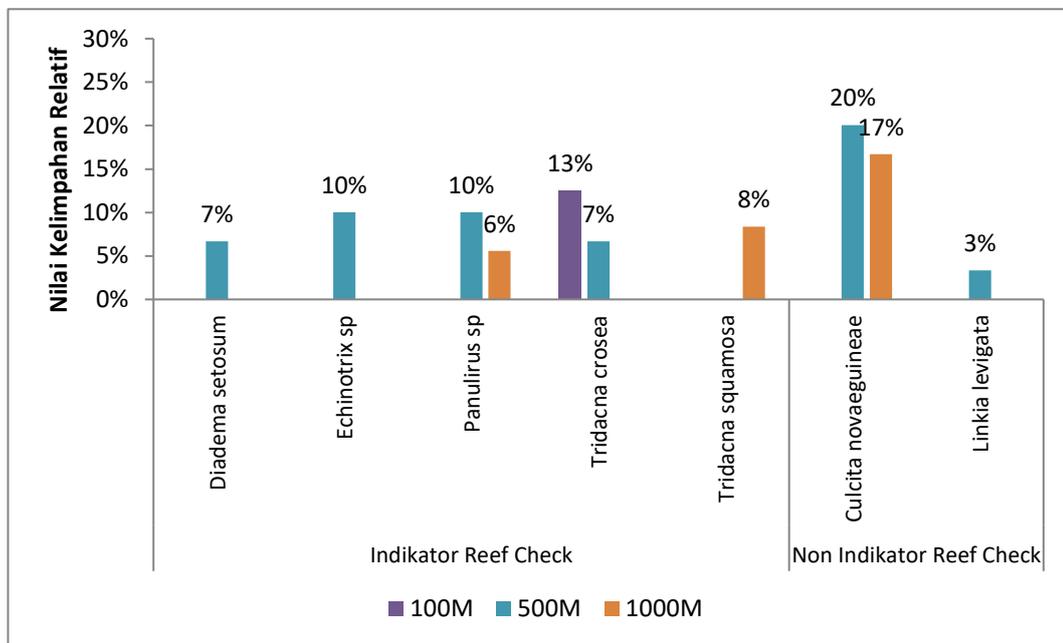


Gambar 4.72 Nilai Kelimpahan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area perairan laut sekitar aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka.

Nilai kepadatan relatif invertebrata di area sekitar aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka menunjukkan nilai yang cenderung seragam. Ditemukan sejumlah 11 jenis invertebrata indikator reef check dan 6 jenis invertebrata non indikator. Area jauh aktivitas merupakan titik-titik pemantauan dengan jumlah penemuan jenis invertebrata tertinggi yaitu sejumlah 13 jenis. Nilai kepadatan relatif tertinggi dari jenis *Diadema setosum* juga ditemukan pada area ini dengan nilai 24%. Jenis invertebrata ini juga cukup umum ditemukan di titik pemantauan lainnya namun dengan persentase yang kecil. Disamping itu, nilai kepadatan relatif beberapa kelompok asteroidea (bintang laut) juga ditemukan cukup tinggi di area kontrol, dari rentang 9-20% yaitu dari jenis *Choriaster granulatus*, *Linkia levigata*, dan *Protoreaster nodosus*. Beberapa jenis invertebrata ditemukan cukup terbatas, hanya ditemukan pada area tertentu seperti *Acanthaster planci* dan *Thelonata anax* (Teripang) yang hanya tercatat pada area kontrol, *H. hippopus* kima cina dan *Linkia guardingii* di area dekat aktivitas serta *Stenopus hispidus* di area jauh dari aktivitas.

4.5.2.2 Invertebrata Area Perairan Sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pemantauan invertebrata indikator reef check di area pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) PT. Antam UBPN Kolaka terbagi atas tiga area. Pembagian area pemantauan ini berdasarkan jarak dimana terdapat masing masing tiga titik pemantauan di area 100M, 500M, dan 1000M dari titik pebuangan air bahang PLTU. Area pemantauan 100M PLTU terdiri atas Stasiun PLTU AL 2, PLTU AL 5 dan PLTU AL 8. Kemudian area pemantatuan 500M PLTU terdiri atas Stasiun PLTU AL 3, PLTU AL 6 dan PLTU AL 9 serta PLTU AL 4, PLTU AL 7 dan PLTU AL 10 yang digolongkan ke dalam area pemantauan 1000M PLTU.



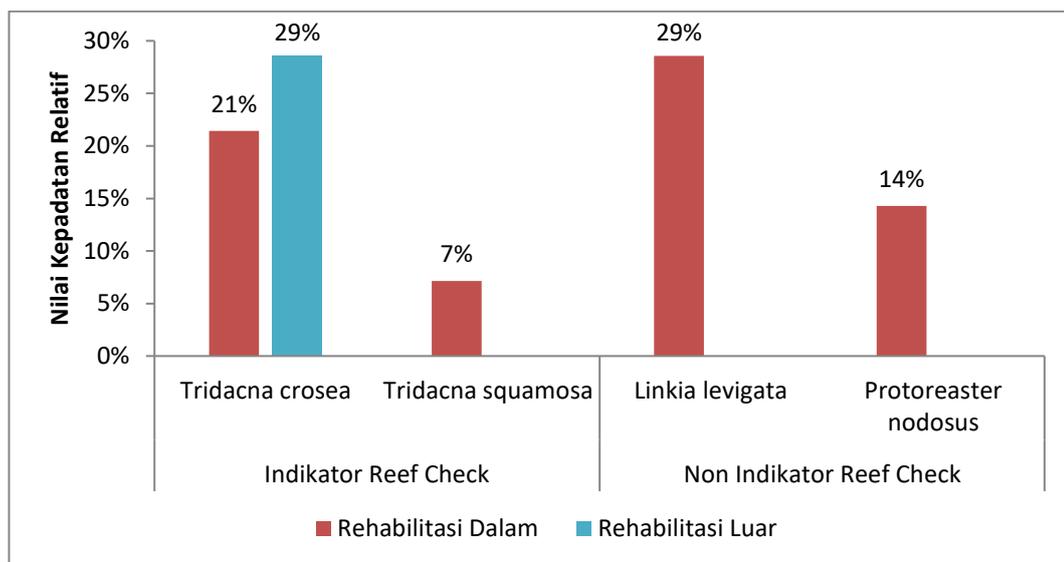
Gambar 4.73 Nilai Kepadatan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area perairan laut sekitar PLTU PT. Antam UBPN Kolaka.

Dijumpai tujuh jenis invertebrata yang terdiri atas lima jenis invertebrata indikator dan dua jenis invertebrata non indikator reef check. Area pemantauan 500M menunjukkan jumlah jenis invertebrata tertinggi (6 jenis) dibandingkan dengan area pemantauan lainnya di sekitar PLTU PT. Antam UBPN Kolaka. Invertebrata non indikator dari jenis *Culcita novaeguineae* menunjukkan nilai kepadatan relatif tertinggi dengan nilai 20% pada area 500M dan 17% pada area 1000M. sementara itu, di area pemantauan 100M, hanya dijumpai satu jenis invertebrata, *Tridacna*

crosea kima lubang, namun dengan nilai kepadatan relatif persentasi yang cukup besar diantara jenis lainnya yaitu 13%. Beberapa jenis seperti *Diadema setosum*, *Echinotrix* sp., *T. squamosa*, dan *Linkia levigata* dijumpai terbatas pada area pemantauan tertentu.

4.5.2.3 Invertebrata area Rehabilitasi

Terdapat dua lokasi pemantauan invertebrata mencakup area rehabilitasi terumbu karang yang terletak di dalam keramba permanen Desa Hakatutobu dan area rehabilitasi terumbu karang yang terletak di area Pantai Slag. Berikut ini merupakan jumlah individu masing masing jenis invertebrata yang di jumpai di area rehabilitasi terumbu karang. Data jumlah individu yang di sajikan pada Gambar 4.74. merupakan akumulasi data jumlah individu dari masing masing area pemantauan.



Gambar 4.74 Nilai Kepadatan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area Rehabilitasi Terumbu Karang PT. Antam UBPN Kolaka.

Hasil pemantauan di area rehabilitasi terumbu karang baik di area kerambah Desa Hakatutobu (Rehabilitasi dalam) dan di area perairan Pantai Slag (Rehabilitasi luar) menunjukkan hasil yang sangat berbeda dari nilai kepadatan relatif invertebrata. Secara umum, dijumpai 4 jenis invertebrata di area rehabilitasi yaitu jenis kima lubang *Tridacna crosea*, Kima sisik *Tridacna squamosa*, Bintang laut *Linkia levigata*, dan *Protoreaster nodosus*. Keempat jenis tersebut dijumpai di area rehabilitasi dalam. Sementara itu di area reahabilitasi luar hanya di jumpai

jenis *Tridacna crosea*. Jenis *Tridacna crosea* di area rehabilitasi dalam dan *Linkia levigata* di area rehabilitasi luar menunjukkan nilai kepadatan relatif tertinggi yaitu 29%. Sementara itu, nilai kepadatan relatif.

4.5.3 Ikan

Terumbu karang adalah komunitas yang kompleks dan produktif (Bengen, 2013; Marshall & Mumby, 2015), dan setiap komponen komunitas ini saling bergantung, sehingga membentuk ekosistem yang lengkap. Salah satu komponen biota yang menghuni ekosistem ini adalah ikan karang, dan pada umumnya keanekaragaman spesies di ekosistem ini tinggi (Odum, 1993). Terumbu karang memainkan peran penting sebagai habitat bagi banyak spesies ikan, menyediakan sumber makanan dan mata pencaharian bagi masyarakat pesisir. Terumbu karang memiliki produktivitas yang tinggi dan berfungsi sebagai daerah perlindungan, tempat mencari makan, melahirkan, serta membesarkan anak bagi berbagai organisme laut. Ekosistem ini mempunyai kestabilan serta keragaman spesies yang tinggi. Ekosistem terumbu karang teradaptasi secara baik dengan adanya simbiosis internal dan intra komunitas, tetapi rentan terhadap gangguan aktifitas manusia dan mudah sekali diserang oleh faktor-faktor perusak (ekosistem yang fragile) (Odum, 1971).

Ikan karang merupakan salah satu biota yang menambah daya tarik ekosistem terumbu karang dengan ragam corak warna yang mempesona. Kelangsungan hidup ikan karang ini tergantung sepenuhnya pada kondisi terumbu karang dan kondisi fisika kimia dan biologi perairan. Jumlah dan jenis ikan akan lebih banyak dijumpai pada ekosistem terumbu karang yang kondisinya masih baik, dan akan mengalami penurunan apabila kondisi terumbu karangnya tidak sehat atau rusak. Seperti halnya ikan Chaetodontidae atau yang lebih dikenal dengan butterfly fish atau kepe-kepe, sebagian besar mengkonsumsi polip karang dan sebagian kecil lainnya merupakan pemakan invertebrata kecil, zooplankton, dan omnivora. Jika terumbu karang rusak maka kelangsungan hidup spesies ikan kepe-kepe akan terganggu dan berkurang. Kelimpahan ikan pemakan karang ini berhubungan erat dengan distribusi spasial terumbu karang atau dengan kata lain ikan kepe-kepe ini merupakan indikator sehat tidaknya kondisi terumbu karang (Hourigan, 1988 dalam Motta, 1989).

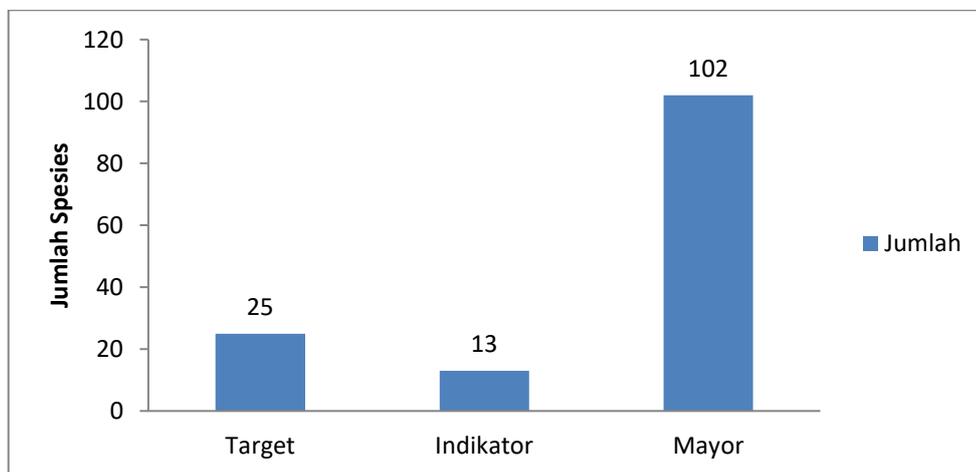
Keragaman spesies ikan karang sangat tinggi, salah satu penyebab tingginya keragaman spesies tersebut adalah karena variasi habitat yang terdapat di terumbu. Terumbu karang tidak hanya terdiri dari karang saja, tetapi juga daerah berpasir, berbagai teluk dan celah, daerah alga, dan juga perairan yang dangkal dan dalam serta zona-zona yang berbeda melintasi karang. Habitat yang beranekaragam ini dapat menerangkan peningkatan jumlah ikan-ikan itu. Akan tetapi, habitat yang banyak itu tidak cukup untuk menerangkan keragaman yang tinggi pada ikan-ikan terumbu karang dan bagaimana spesies yang berjumlah besar tersebut dapat mempertahankan kehadirannya di suatu daerah, terutama pada daerah-daerah setempat (Nybakken, 1988).

Berdasarkan hasil pemantauan ikan karang yang dilakukan pada perairan pomalaa tahun 2023 semester 1, sebagian besar distribusi ikan karang pada ekosistem terumbu karang adalah ikan-ikan diurnal (aktif di siang hari). Ikan-ikan karang tersebut mencari makan dan tinggal dipermukaan karang dan memakan plankton yang lewat di atasnya (Allen dan Steene, 1990). Ikan-ikan diurnal tersebut meliputi Famili Pomacentridae, Chaetodontidae, Acanthuridae, Labridae, Lutjanidae, Balistidae, Serranidae, Cirrhitidae, Tetraodontidae, Blenniidae, dan Gobiidae. Sedangkan sebagian Ikan-ikan nokturnal (aktif di malam hari) hanya terdapat dalam jumlah yang kecil. Ikan-ikan ini pada siang hari menetap di gua-gua dan celah-celah karang. Ikan-ikan nokturnal tersebut termasuk ke dalam Famili Holocentridae, Apogonidae, Haemulidae, Muraenidae, Scorpaenidae, termasuk Famili Serranidae dan Labridae. Sejumlah ikan-ikan kecil lain yang sering melintasi ekosistem terumbu karang adalah dari Famili Scobridae, baracuda (Sphyraenidae), dan ekor kuning (Caesionidae). Dari family ikan tersebut sebagian besar dijumpai pada area pemantauan di perairan Pomalaa.

4.5.3.1 Diversitas Ikan Karang pada Area Sekitar Aktivitas Antam

Keberadaan ikan karang di perairan sangat bergantung pada kesehatan karang yang ditunjukkan dengan persentase tutupan karang (Adrim et al. 2012). Hal ini sangat dimungkinkan karena ikan karang yang hidup berasosiasi dengan bentuk dan jenis karang untuk habitat, tempat berlindung dan mencari makan. Oleh karena itu, ikan karang juga penting dalam ekosistem laut. Ini adalah elemen (Bell & Galzin, 1984).

Data Ikan karang adalah ikan yang penting secara ekonomi dalam pengelolaan lokal, tetapi perikanan dapat menjadi ancaman bagi terumbu karang (English *et al.* 1994). Data ikan karang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan ikan karang yang diminati dan ikan indikator (Chaetodontidae) untuk memudahkan perbandingan berdasarkan skala temporal dan spasial. Dengan memahami bagaimana struktur komunitas ikan dapat digunakan sebagai indikator pemulihan (ketahanan) kerusakan terumbu karang. B. Temukan kelompok ikan herbivora yang melimpah. Di sisi lain, ketika kelompok karnivora dan herbivora ditemukan, ini menunjukkan bahwa eksploitasi mereka terkonsentrasi (Green, 2009; Obura & Grimsdith, 2009). Selain itu, indeks kelimpahan ikan merupakan ukuran relatif penurunan kesehatan terumbu secara umum (Pratchett *et al.* 2013).



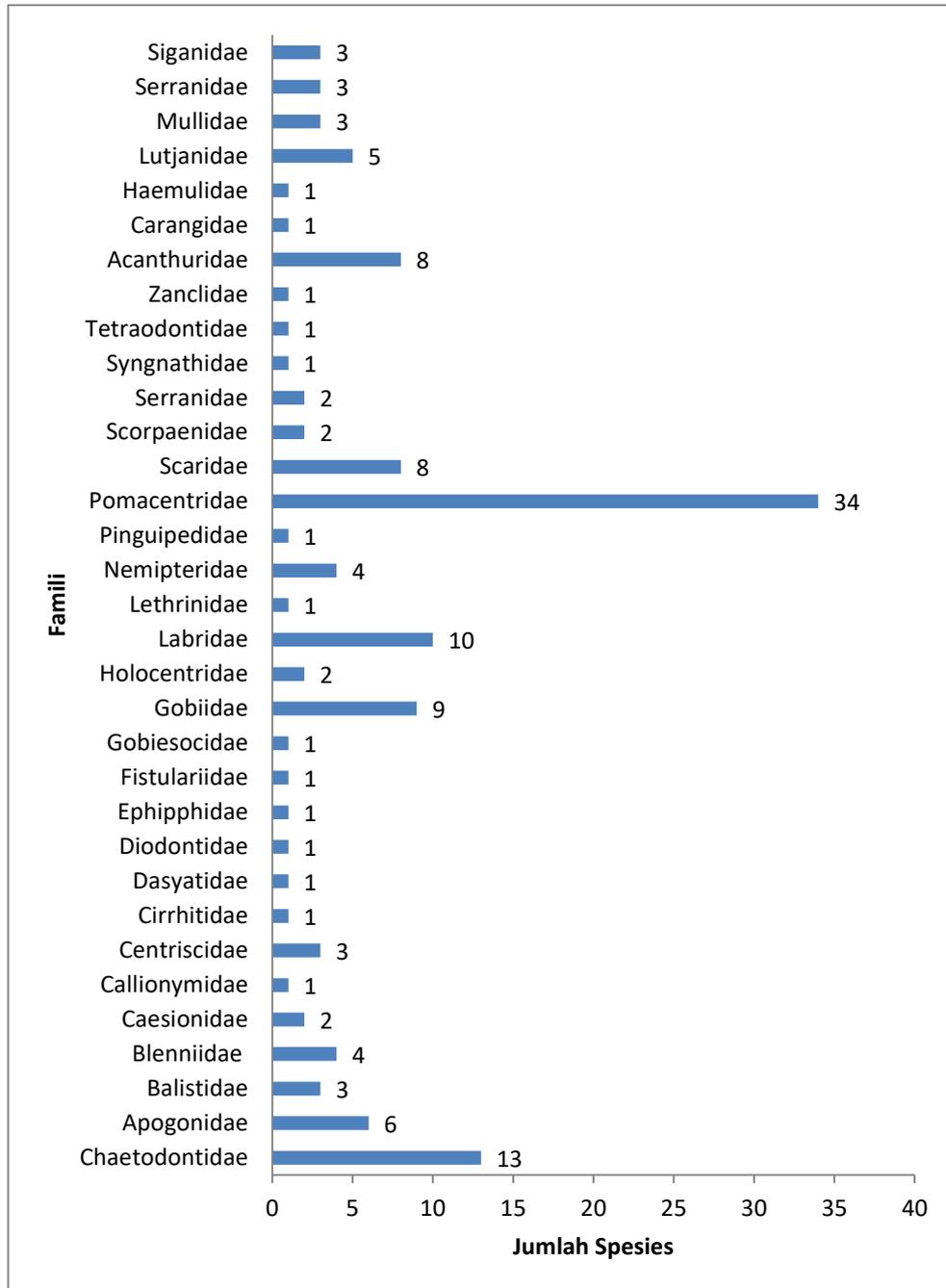
Gambar 4.75 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area sekitar Antam

Hasil survei pengamatan di area sekitar kegiatan Antam pada Gambar 4.75 dapat mengidentifikasi hingga 140 spesies ikan karang yang terbagi dalam 25 spesies ikan target, 13 indikator dan 102 spesies ikan mayor. Kemunculan ikan karang di lokasi cenderung didominasi oleh ikan mayor dari famili Pomacentridae (Gambar 4.76). Spesies ikan penghuni karang dari famili Pomacentridae adalah yang paling banyak berasosiasi dengan ikan penghuni terumbu karang, memakan berbagai spesies invertebrata, alga, dan zooplankton (Kuitert 1992). Famili ikan ini mendiami hampir semua bentuk terumbu karang dari zona intertidal hingga kedalaman 40 m (Montgomery *et al.* 1980) dan dikenal teritorial, spasial, dan relatif stabil.



Gambar 4.76 Koloni ikan mayor Famili Pomacentridae yang dijumpai pada zona *reef flat* area Maniang 2.

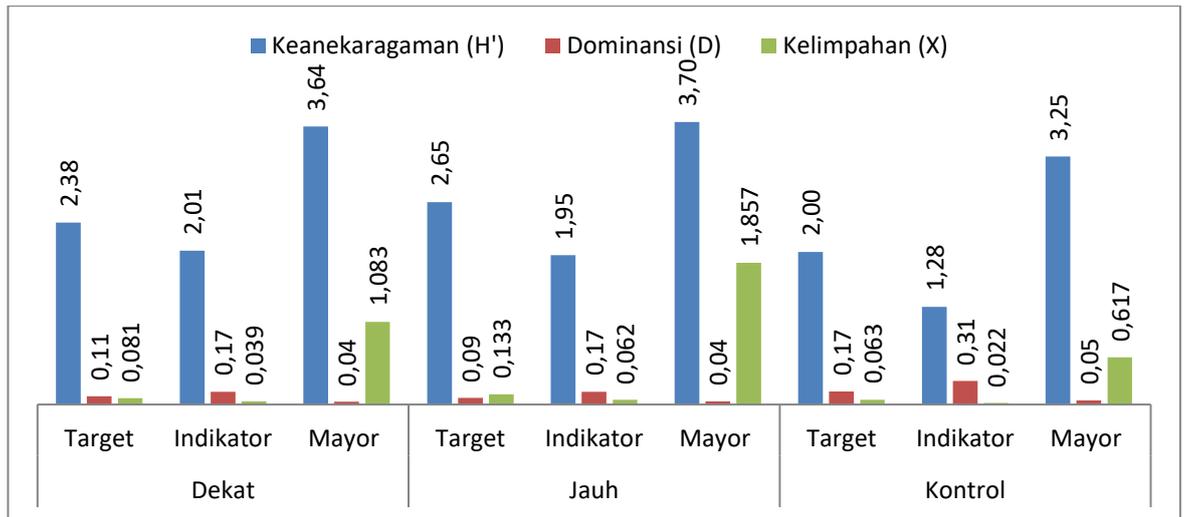
Terdapat 34 spesies ikan karang dari Famili Pomacentridae yang dijumpai pada lokasi pengamatan (Gambar 4.77). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Low (1971) dalam McConnell (1987), dominasi spesies dari Famili Pomacentridae ini disebabkan oleh sifat mereka yang teritori (mempertahankan area kekuasaan). Selain itu Famili pomacentridae sangat dipengaruhi oleh karakteristik morfologis dari substrat, bahkan beberapa spesies diantaranya cenderung menggunakan karang sebagai habitatnya (Roberts & Ormond 1987; Karnan, 2000).



Gambar 4.77 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area sekitar Antam

Struktur komunitas ikan karang ditunjukkan oleh keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang yang disajikan pada Gambar 4.77. Berdasarkan gambar tersebut, hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon Wiener (H') ikan pada area dekat aktivitas Antam tergolong sedang yaitu ikan target dengan nilai 2,38 dan ikan indikator 2,01, sementara ikan mayor tergolong

tinggi dengan nilai 3,64. Pada area jauh aktivitas Antam tergolong sedang yaitu ikan target dengan nilai 2,65 dan ikan indikator 1,92, sementara ikan mayor tergolong tinggi dengan nilai 3,70. Selanjutnya pada area kontrol keanekaragaman ikan karang tergolong sedang untuk kategori ikan target dengan nilai 2,00 dan ikan indikator 1,28, sedangkan ikan mayor memiliki nilai keanekaragaman tinggi dengan nilai 3,25.



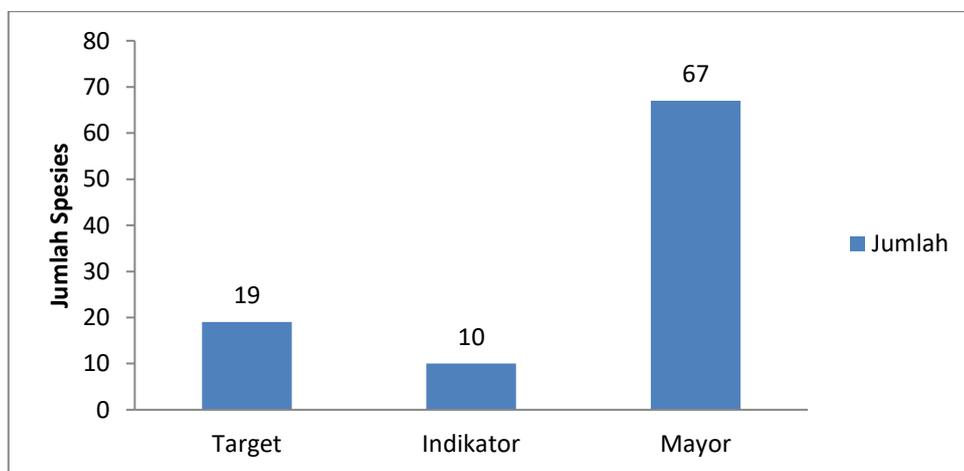
Gambar 4.78 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area sekitar aktivitas Antam.

Hasil perhitungan indeks dominansi ikan karang pada area dekat aktivitas Antam tergolong rendah untuk kategori ikan target yaitu 0,11, ikan indikator 0,17 dan ikan mayor 0,04. Pada area jauh aktivitas Antam tergolong rendah untuk kategori ikan target yaitu 0,09, ikan indikator 0,17 dan ikan mayor 0,04. Sementara pada area kontrol juga tergolong rendah untuk kategori ikan target yaitu 0,17, ikan indikator 0,31 dan ikan mayor 0,05.

Kelimpahan ikan karang pada area dekat aktivitas Antam untuk kategori ikan target diperoleh 0,081 individu/m², ikan indikator 0,039 individu/m² dan ikan mayor 1,083 individu/m². Pada area jauh aktivitas Antam diperoleh 0,13 individu/m² untuk kategori ikan target, ikan indikator 0,062 individu/m² dan ikan mayor 1,86 individu/m². Selanjutnya pada area kontrol untuk kategori ikan target diperoleh 0,063 individu/m², ikan indikator 0,022 individu/m² dan ikan mayor 0,617 individu/m²

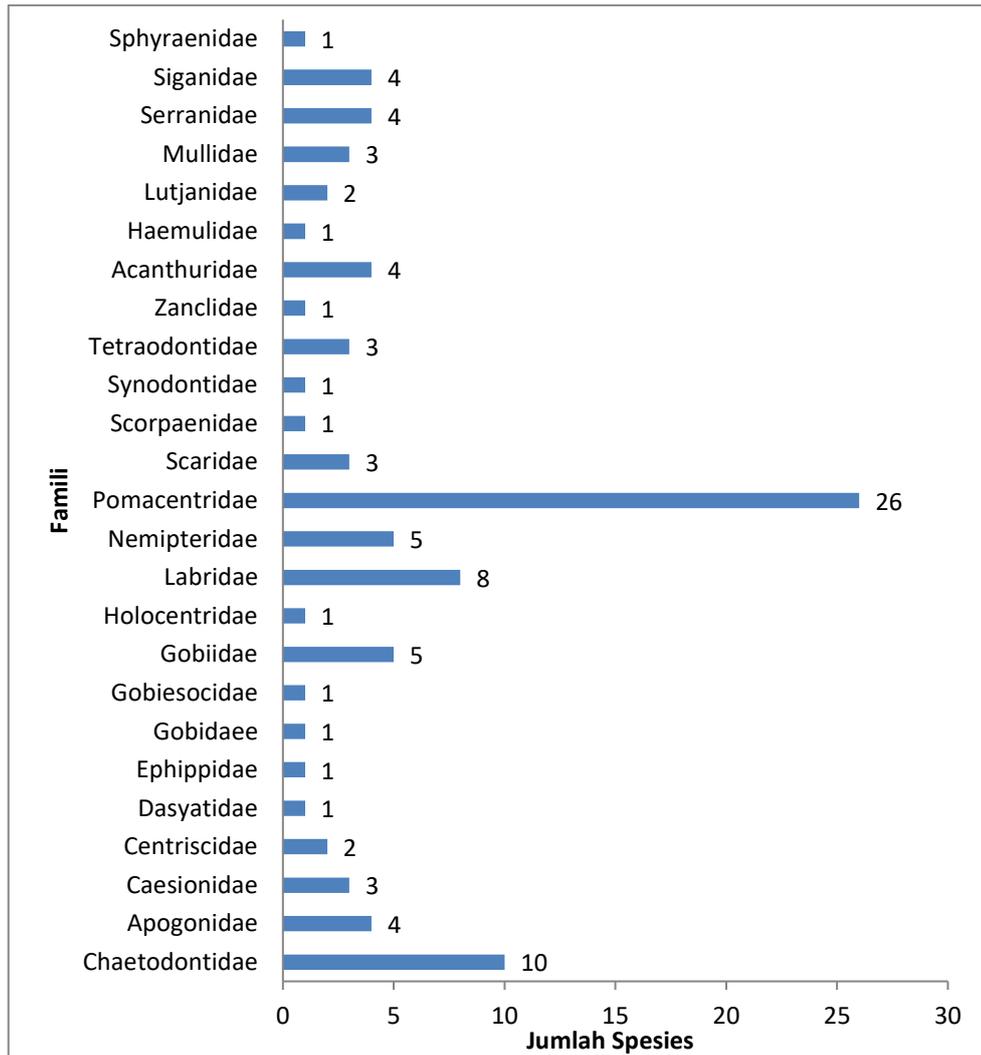
4.5.3.2 Diversitas Ikan Karang pada Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Jumlah ikan karang yang tercatat berdasarkan Gambar 4.79 dari hasil sensus visual di wilayah PLTU sebanyak 96 spesies, terbagi dalam 19 spesies ikan target, 10 spesies ikan indikator dan 67 spesies ikan mayor. Kemunculan ikan karang pada area PLTU juga didominasi oleh kategori ikan mayor dari Famili Pomacentridae dengan jumlah 26 spesies. Spesies ikan karang dari Famili Pomacentridae sangat dipengaruhi oleh karakteristik morfologis dari substrat, bahkan beberapa spesies diantaranya cenderung menggunakan karang sebagai habitat (Roberts & Ormond 1987; Karnan 2000).



Gambar 4.79 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area PLTU.

Famili pomacentridae dan Famili chaetodontidae memiliki jenis yang paling banyak pada area PLTU (Gambar 4.79). Ikan tersebut menjadi indikator keberadaan terumbu karang. Kondisi kesehatan terumbu karang dapat dilihat dari distribusi kelimpahan jenis ikan tersebut (Reese, 1981). Kondisi terumbu telah mengalami kerusakan apabila terjadi penyusutan jumlah ikan ini. Kelompok ikan ini menempati area yang terbatas, ketersediaan makanan akan mempengaruhi distribusi ikan ini seperti invertebrata kecil, alga, karang baru, plankton dan lain-lain.

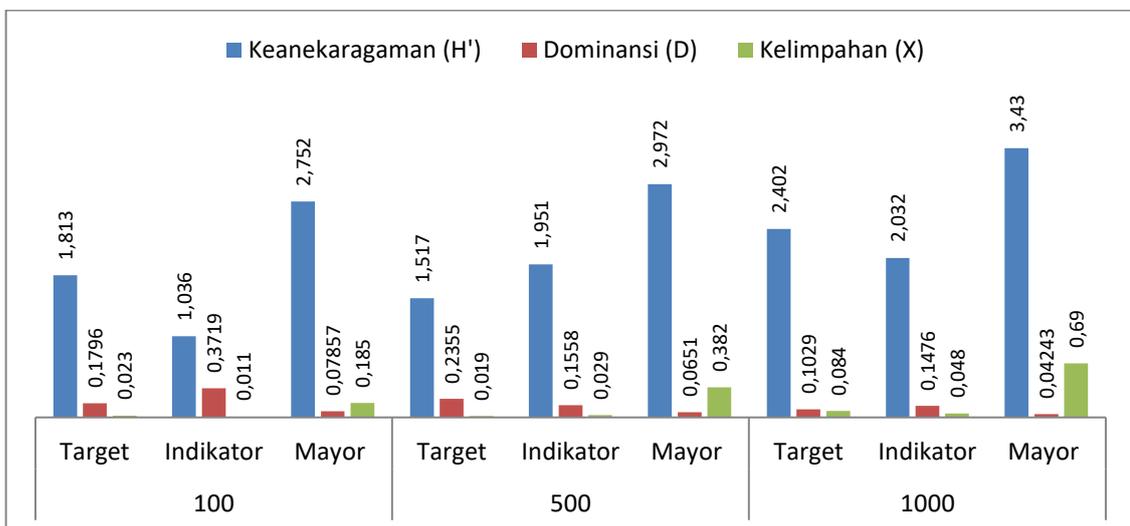


Gambar 4.80 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area PLTU.

Berdasarkan Gambar 4.82, hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon Wiener (H') ikan pada area PLTU 100m tergolong sedang yaitu ikan target dengan nilai 1,81 ikan indikator 1,04, dan ikan mayor 2,75. Pada area PLTU 500m tergolong sedang yaitu ikan target dengan nilai 1,52, ikan indikator 1,95, dan ikan mayor 2,97. Selanjutnya pada area PLTU 1000m tergolong sedang yaitu ikan target dengan nilai 2,40 dan ikan indikator 2,03 sedangkan ikan mayor dengan nilai 3,43 tergolong tinggi.



Gambar 4.81 Ikan mayor *Amphiprion ocellaris* Leppe – Maniang 2 dari Famili pomacentridae dan ikan indikator *Chaetodon benneti* yang dijumpai pada stasiun Hakatutobu 1 (Keramba dalam) dari Famili chaetodontidae dijumpai pada area PLTU AL4 (1000 meter arah Utara).



Gambar 4.82 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area PLTU.

Hasil perhitungan indeks dominansi ikan karang pada area PLTU 100m tergolong rendah, untuk kategori ikan target yaitu 0,18, ikan indikator dengan nilai 0,37 dan ikan mayor dengan nilai 0,07. Pada area PLTU 500m tergolong rendah untuk kategori ikan target yaitu 0,24, ikan indikator 0,16 dan ikan mayor 0,07. Kemudian pada area PLTU 1000m juga tergolong rendah untuk kategori ikan target yaitu 0,10, ikan indikator 0,15 dan ikan mayor 0,04.

Kelimpahan ikan karang pada area PLTU 100m untuk kategori ikan target diperoleh 0,02 individu/m², ikan indikator 0,01 individu/m² dan ikan mayor 0,16 individu/m². Pada area area PLTU 500m diperoleh 0,02 individu/m² untuk

kategori ikan target, ikan indikator 0,03 individu/m² dan ikan mayor 0,38 individu/m². Selanjutnya pada area PLTU 1000m untuk kategori ikan target diperoleh 0,08 individu/m², ikan indikator 0,05 individu/m² dan ikan mayor 0,69 individu/m².

Kelimpahan ikan yang sangat rendah pada area PLTU dipengaruhi oleh PLTU AL 3. Lokasi tersebut didominasi oleh substrat lumpur (Gambar 4.83) sehingga jarak pandang pada lokasi kurang dari 1 meter. Faktor tersebut menjadi kendala saat melakukan pengamatan.

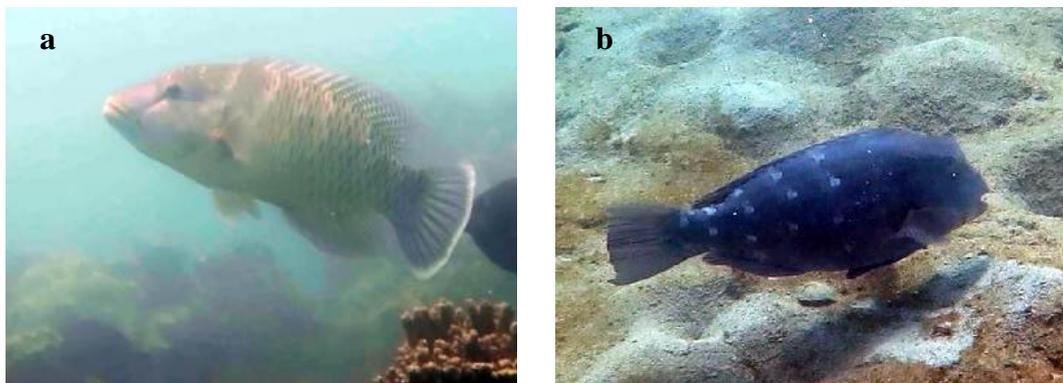


Gambar 4.83 Kondisi substrat pada PLTU AL 3.

4.5.3.3 Diversitas Ikan Karang pada Area Rehabilitasi

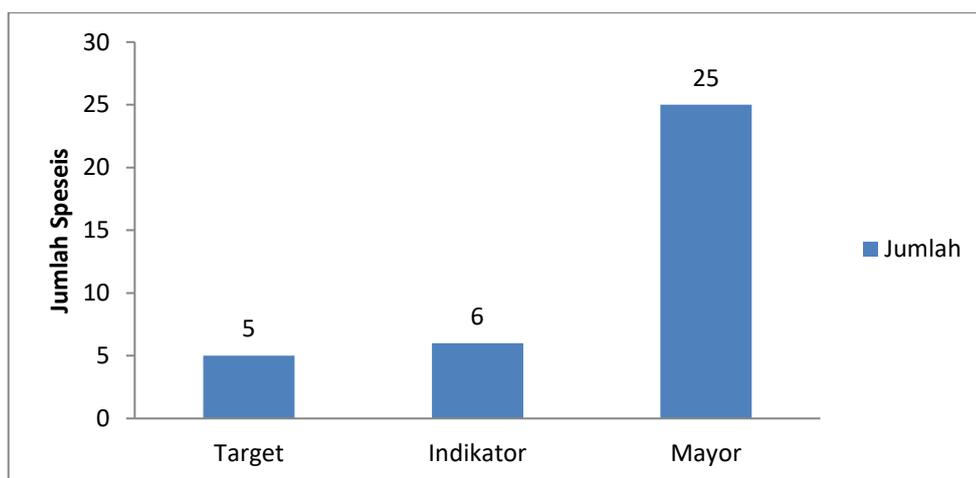
Jumlah ikan yang tercatat dari hasil sensus visual di wilayah Rehabilitasi sebanyak 36 spesies, terbagi dalam lima spesies ikan target, enam spesies ikan indikator, dan 25 spesies ikan mayor (Gambar 4.84). Pada stasiun Hakatutubu 1 dijumpai jenis ikan *Cheilinus undulatus* yang merupakan jenis ikan terancam punah (*Endangered*) berdasarkan status konservasi *IUCN Red list*. Selain itu, juga dikategorikan Appendiks II berdasarkan CITES. Ikan tersebut merupakan ikan karang berukuran besar dari familia Labridae. Ukurannya bisa mencapai 3 meter dengan berat 190 kg. Ikan Napoleon ditemukan di terumbu karang, terutama di kawasan Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Cara makannya adalah dengan membongkar karang mati dengan gigi besarnya untuk mencari siput dan cacing-cacingan yang terkubur. Mereka gemar sekali makan kerang-kerang yang berukuran besar seperti Triton. Ikan ini sanggup memecahkan cangkang kerang-kerangan tersebut dengan mudah untuk diambil dagingnya. Ikan

napoleon merupakan jenis ikan karang yang mempunyai daya tarik menarik bagi para penyelam untuk menikmati wisata alam bawah laut.



Gambar 4.84 *Hamphead/Napoleon (Cheilinus undulatus)* dan Ikan Napoleon *Bolbometopon muricatum* pada stasiun Hakatutobu 1 (keramba dalam).

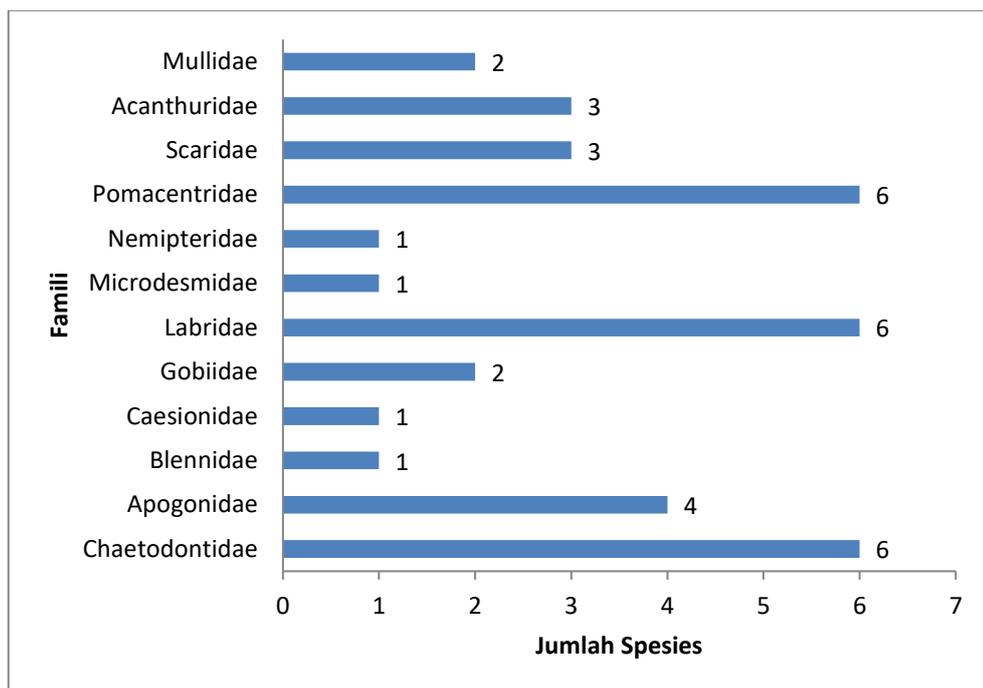
Selain ikan napoleon, juga ditemukan ikan menarik lainnya yaitu *Bolbometopon muricatum* yang dikategorikan sebagai jenis ikan yang rentan (*Vulnerable*) berdasarkan stastus konservasi *IUCN Red list*. Ikan tersebut adalah spesies ikan kakatua terbesar, tumbuh hingga panjang 15 m (49 ft) dan beratnya mencapai 75 kg. Spesies ini tumbuh lambat dan berumur panjang (hingga 40 tahun). Semua jenis ikan kakatua hidup pada habitat terumbu karang di sekitar pantai sampai kedalaman 30 m. Ikan ini, termasuk ikan jenis ikan demersal dan bersifat herbivor yang sering memakan Alga yang menempel pada karang mati. Karena giginya yang kuat, ikan ini memakan Alga bersama karang sehingga juga berperan penting pada persen tutupan karang hidup di suatu perairan.



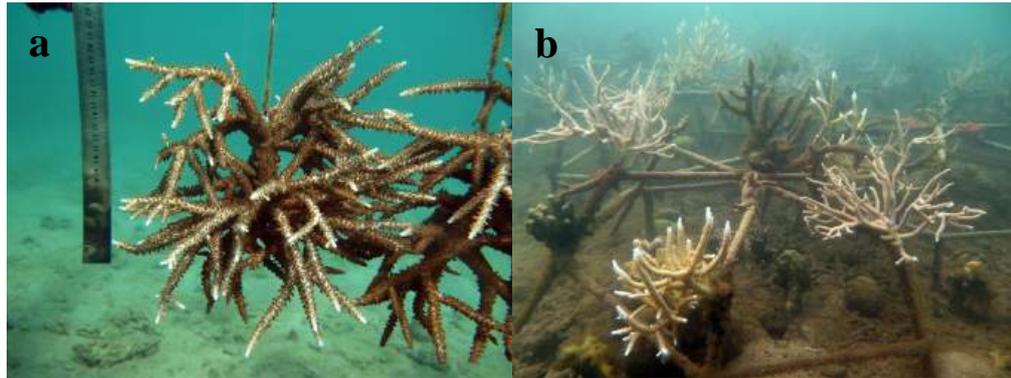
Gambar 4.85 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area rehabilitasi.

Pada area Rehabilitasi dijumpai Famili chaetodontidae dengan jumlah lima spesies seperti pada Gambar 4.86. Chaetodontidae merupakan ikan indikator yang sering ditemui memakan polip-polip karang keras. Bentuk mulut yang runcing memungkinkan ikan ini untuk memakan polip terutama jenis karang *Acropora* sp. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kehadiran Famili ikan chaetodontidae dipengaruhi oleh kesehatan terumbu karang (Reese, 1981).

Famili labridae merupakan ikan mayor yang paling banyak dijumpai pada area pemantauan. Famili ini memiliki bentuk, warna, tingkah laku, dan ukuran yang variatif diseluruh perairan tropik, utamanya di perairan Indonesia. Labridae yang banyak muncul pada area pemantauan berasal dari genus *Thalassoma*. *Thalassoma* dikenal sebagai ikan karnivora yang memakan berbagai jenis hewan invertebrata seperti krustasea dan moluska (Choat & Bellwood, 1991). Ikan jenis ini menyukai habitat yang dangkal.



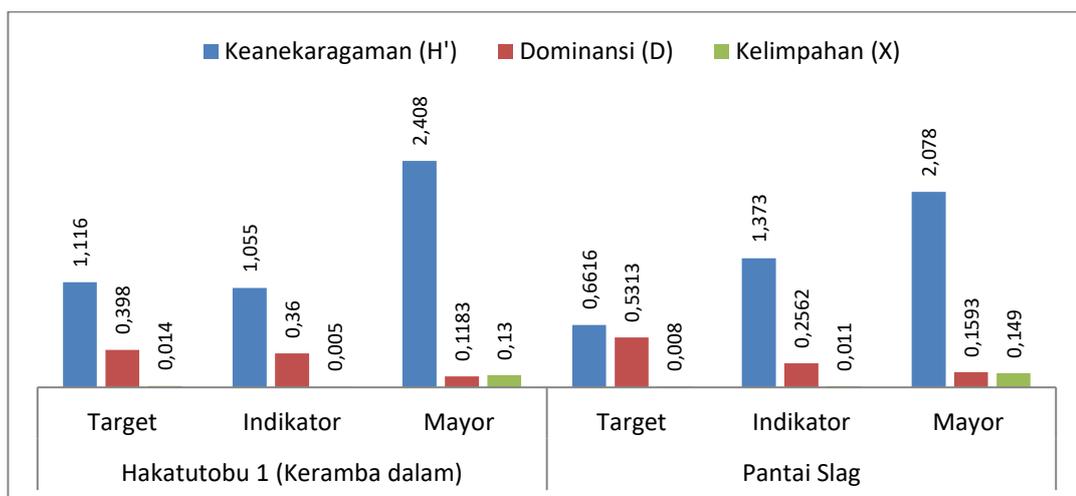
Gambar 4.86 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area Rehabilitasi.



Gambar 4.87 Rehabilitasi karang pada area (a) Hakatutobu 1 (keramba dalam) dan (b) Pantai Slag.

Berdasarkan Gambar 4.87, area rehabilitasi meliputi Hakatutobu 1 (keramba dalam) dan Pantai Slag hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon Wiener (H') ikan karang pada area Hakatutobu 1 (keramba dalam) tergolong sedang untuk kategori ikan target dengan nilai 1,12, ikan indikator dan ikan mayor tergolong dengan nilai 1,06 dan 2,41. Selanjutnya pada area Pantai Slag tergolong rendah untuk kategori ikan target dengan nilai 0,66, sementara tergolong sedang untuk kategori ikan indikator dengan nilai 1,37 dan ikan mayor 2,08.

Hasil perhitungan indeks dominansi ikan karang pada area Hakatutobu 1 (keramba dalam) tergolong rendah untuk kategori ikan target yaitu 0,40, ikan indikator dengan nilai 0,36 dan untuk ikan mayor dengan nilai 0,12. Pada area Pantai Slag tergolong sedang untuk kategori ikan target yaitu 0,53, sementara ikan indikator tergolong rendah dengan nilai 0,27 dan ikan mayor dengan nilai 0,16.



Gambar 4.88 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area Rehabilitasi.

Kelimpahan ikan karang pada area Hakatutobu 1 (keramba dalam) untuk kategori ikan target diperoleh 0,01 individu/m², ikan indikator 0,01 individu/m² dan ikan mayor 0,13 individu/m². Selanjutnya pada area Pantai Slag untuk kategori ikan target diperoleh 0,01 individu/m², ikan indikator 0,01 individu/m² dan ikan mayor 0,15 individu/m².

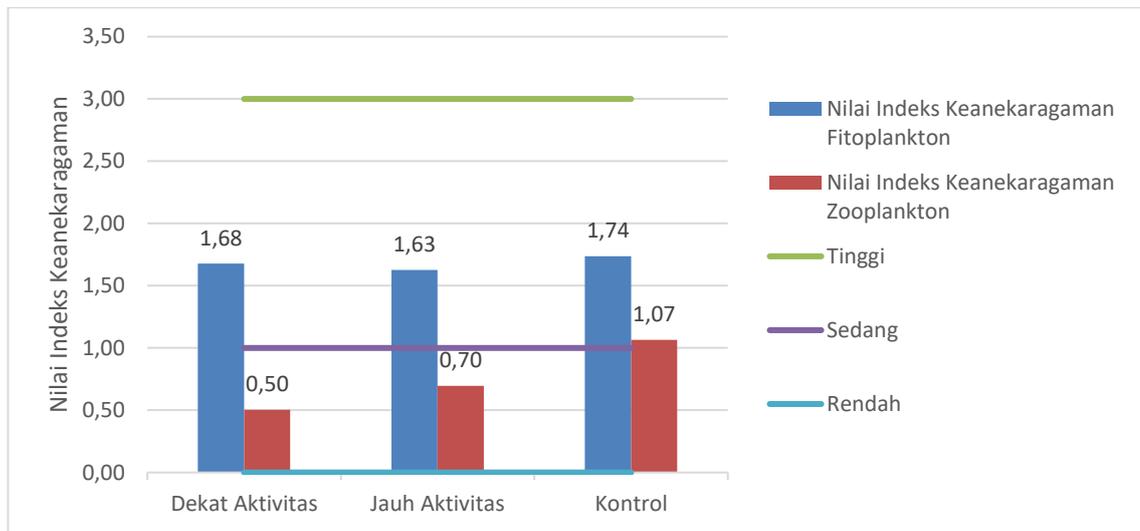
4.5.4 Plankton

Plankton adalah kelompok biota perairan yang umumnya berukuran mikroskopis dan hidup terapung di dalam kolom air mengikuti aliran air. Variasi yang signifikan dalam ukuran tubuhnya memiliki dampak penting dalam hal ekologi dan fisiologi plankton (Sachlan, 1982). Organisme plankton dapat dibagi menjadi dua kategori berdasarkan perannya dalam rantai makanan, yaitu fitoplankton, yang merupakan organisme fotosintetik sederhana yang sering disebut alga dan berperan sebagai produsen utama di perairan, serta zooplankton, yang merupakan organisme uniseluler atau multiseluler yang memakan mikroorganisme di perairan dan berperan sebagai konsumen. Zooplankton memiliki keterbatasan dalam kemampuan bergerak, dan dapat terbagi menjadi holoplankton, yang menghabiskan seluruh siklus hidupnya sebagai plankton, dan meroplankton, yang hanya bersifat planktonik pada tahap telur dan larva (Nontji, 2008).

IV.4.4.1 Kondisi Keanekaragaman dan kelimpahan Plankton laut di Area Sekitar Aktivitas Antam

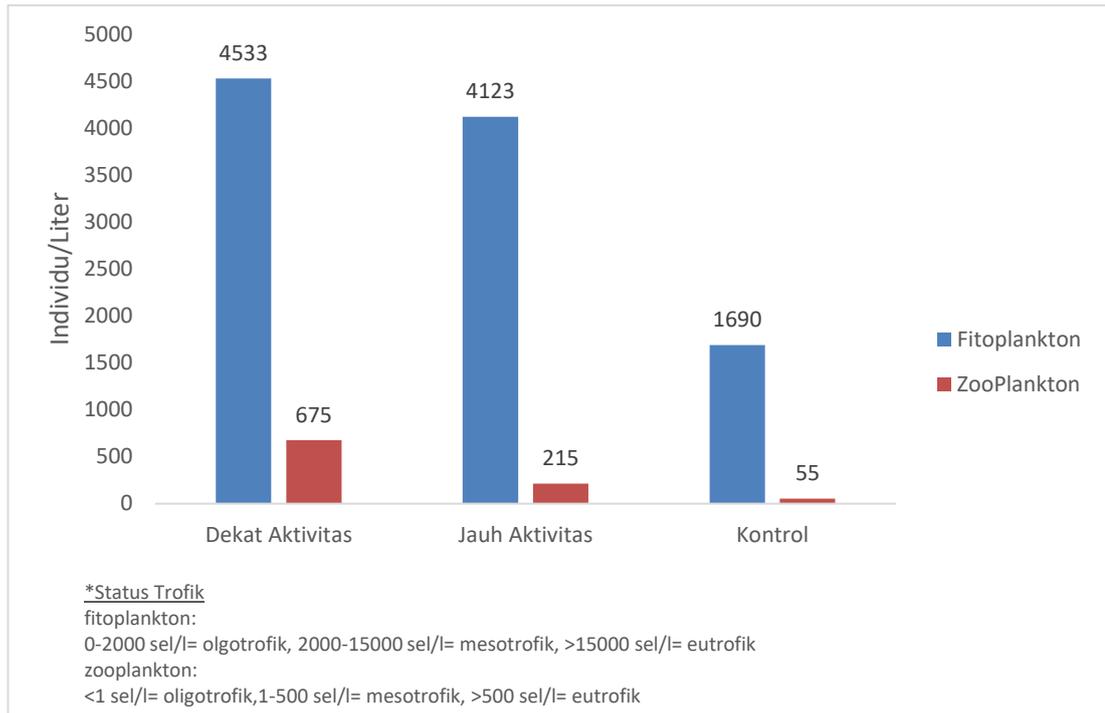
Indeks keanekaragaman dan kelimpahan plankton laut diukur dengan mengambil sampel dari beberapa lokasi di sekitar aktivitas PT Antam. Lokasi-lokasi ini mencakup area yang dekat dengan aktivitas Antam, yang jauh dari aktivitas Antam, dan juga area kontrol. Sampel plankton diambil dari beberapa titik lokasi yang berdekatan dengan aktivitas PT Antam, seperti Watukilat 1, Tanjung Leppe 1, Pelabuhan Pomalaa 1, Sitado 1, Latumbi 1, dan Pulau Maniang 1. Titik lokasi yang lebih jauh dari aktivitas PT Antam, sampel plankton diambil dari titik-titik seperti Watukilat 2, Tanjung Leppe 2, Pelabuhan Pomalaa 2, Sitado 2, Latumbi 2, dan Pulau Maniang 2. Sementara itu, lokasi pengambilan sampel plankton yang

digunakan sebagai area kontrol terletak di Tanjung Leppe-Pulau Maniang 1 dan Tanjung Leppe-Pulau Maniang 2.



Gambar 4.89 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam, Jauh dengan aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).

Hasil analisis indeks keanekaragaman plankton laut menggunakan metode Shanon-Winner di area sekitar aktivitas PT Antam secara umum menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman fitoplankton berada dalam kategori sedang, sedangkan tingkat keanekaragaman zooplankton berkisar antara sedang hingga rendah, sesuai dengan kriteria indeks keanekaragaman (Dash & Dash, 2009). Rata-rata nilai keanekaragaman fitoplankton tertinggi terdapat di area kontrol, dengan nilai mencapai 1,74, sementara nilai keanekaragaman fitoplankton terendah tercatat di area yang berjauhan dengan aktivitas PT Antam, dengan nilai 1,68. Perbedaan antara titik yang dekat aktivitas PT Antam dengan lokasi yang berjauhan dengan aktivitas PT Antam tidak menunjukkan perbedaan indeks keanekaragaman yang jauh. Di sisi lain, rata-rata tingkat keanekaragaman zooplankton paling tinggi terdapat di area kontrol, dengan nilai mencapai 1,07, sementara tingkat keanekaragaman zooplankton terendah terdapat di area dekat dengan aktivitas PT Antam, dengan nilai 0,50 (Gambar 6.89).



Gambar 4.90 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam, Jauh dengan aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).

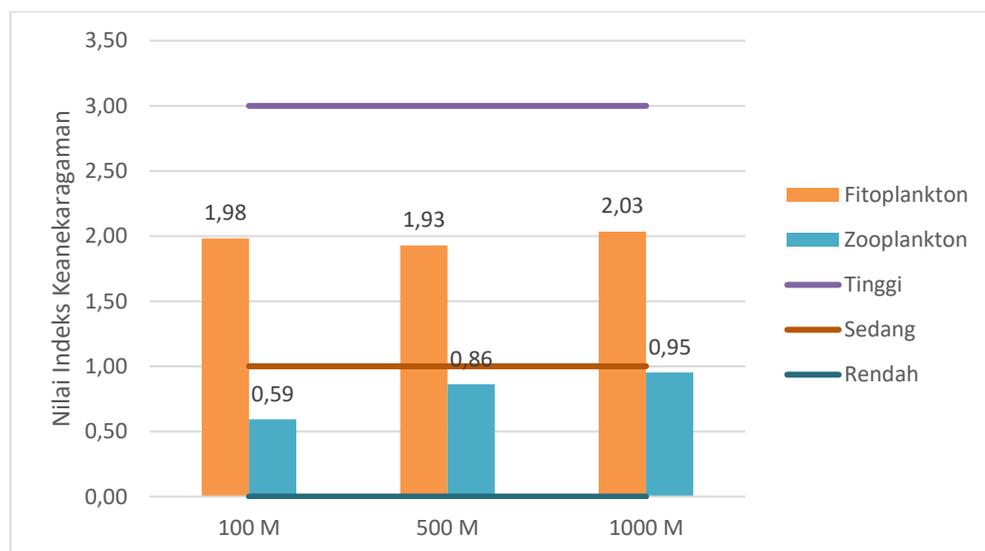
Hasil analisis kelimpahan plankton laut di sekitar wilayah aktivitas PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka menunjukkan variasi nilai yang cukup signifikan. Tingkat kelimpahan fitoplankton di berbagai lokasi di sekitar aktivitas Antam mencerminkan kondisi perairan yang bervariasi, berkisar dari tingkat kesuburan rendah hingga sedang (disebut juga sebagai oligotrofik-mesotrofik). Sementara itu, tingkat kelimpahan zooplankton di berbagai lokasi di sekitar aktivitas Antam juga menunjukkan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan rendah hingga sedang (disebut juga sebagai oligotrofik-mesotrofik), mengacu pada kategori yang diestimasi berdasarkan pendekatan status trofik menurut Golman dan Horne (1994) seperti yang dijelaskan oleh Suryanto (2009).

Rata-rata tingkat kelimpahan fitoplankton yang paling tinggi tercatat di lokasi yang berdekatan dengan aktivitas Antam, dengan nilai mencapai 4533 sel per liter, sedangkan tingkat kelimpahan fitoplankton terendah terdapat di lokasi kontrol, dengan nilai kelimpahan sebesar 1690 sel per liter. Di sisi lain, rata-rata tingkat kelimpahan zooplankton yang paling tinggi terdapat di lokasi yang dekat dengan aktivitas Antam, dengan nilai kelimpahan mencapai 675 sel per liter, sedangkan

tingkat kelimpahan zooplankton terendah terdapat di lokasi kontrol, dengan nilai kelimpahan sekitar 55 sel per liter (Gambar 4.90).

IV.4.4.2 Kondisi Keanekaragaman Kelimpahan Plankton laut Pada sekitar Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

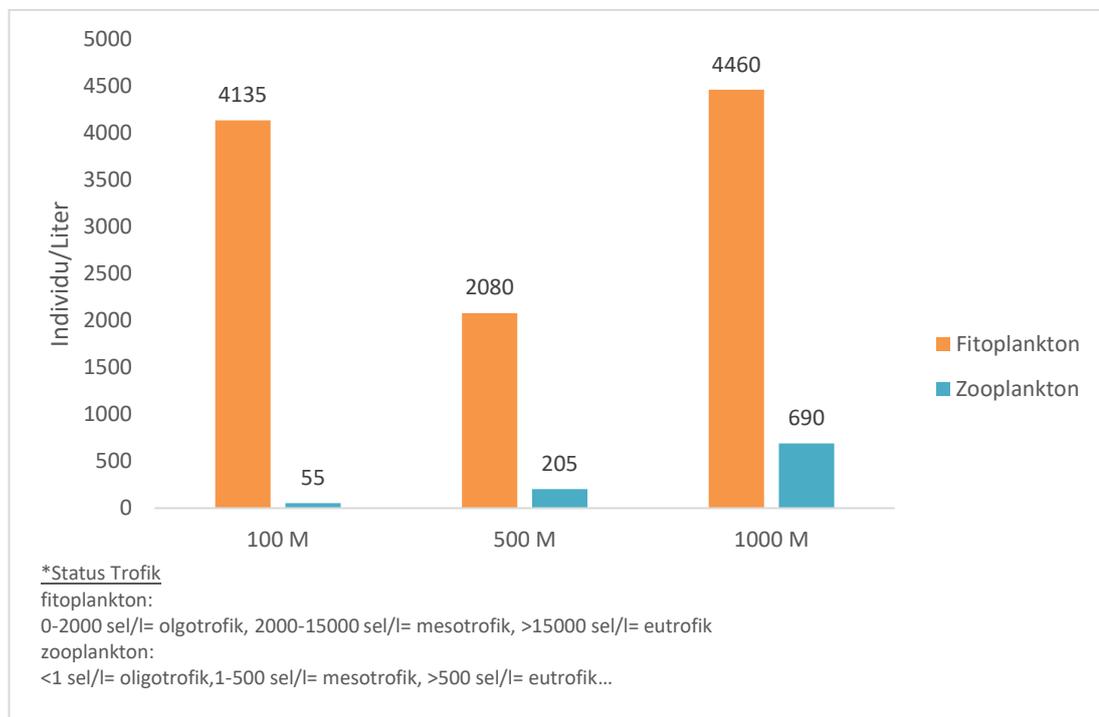
Indeks keanekaragaman dan kelimpahan plankton laut dihitung dengan menggabungkan data dari beberapa titik pengambilan sampel di sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Untuk pemantauan pertama, lokasi pemantauan berjarak 100 meter dari area PLTU, dan mencakup titik pemantauan PLTU AL 2, PLTU AL 5, dan PLTU AL 8. Pada pemantauan kedua, lokasi berjarak 500 meter dari area PLTU, dengan titik pemantauan PLTU AL 3, PLTU AL 6, dan PLTU AL 9. Sedangkan pemantauan ketiga dilakukan pada lokasi yang berjarak 1000 meter dari area PLTU, dan melibatkan titik pemantauan PLTU AL 4, PLTU AL7, dan PLTU AL 10.



Gambar 4.91 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

Hasil analisis indeks keanekaragaman plankton laut di sekitar wilayah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menggambarkan pola yang berbeda, dengan tingkat keanekaragaman fitoplankton yang menunjukkan kategori sedang, sedangkan tingkat keanekaragaman zooplankton menunjukkan kategori rendah (Dash & Dash, 2009). Rata-rata tingkat keanekaragaman fitoplankton yang paling tinggi tercatat pada titik pengambilan sampel yang berjarak 1000 meter dari area PLTU,

dengan nilai keanekaragaman mencapai 2,03, sedangkan tingkat keanekaragaman fitoplankton yang terendah tercatat pada titik pengambilan sampel yang berjarak 500 meter dari area PLTU, dengan nilai keanekaragaman sebesar 1,93. Di sisi lain, rata-rata tingkat keanekaragaman zooplankton yang paling tinggi terdapat pada titik pengambilan sampel yang berjarak 1000 meter dari area PLTU, dengan nilai keanekaragaman mencapai 0,95, sedangkan tingkat keanekaragaman zooplankton yang terendah terdapat pada titik pengambilan sampel yang berjarak 100 meter dari area PLTU, dengan nilai keanekaragaman sekitar 0,59 (Gambar 4.91).



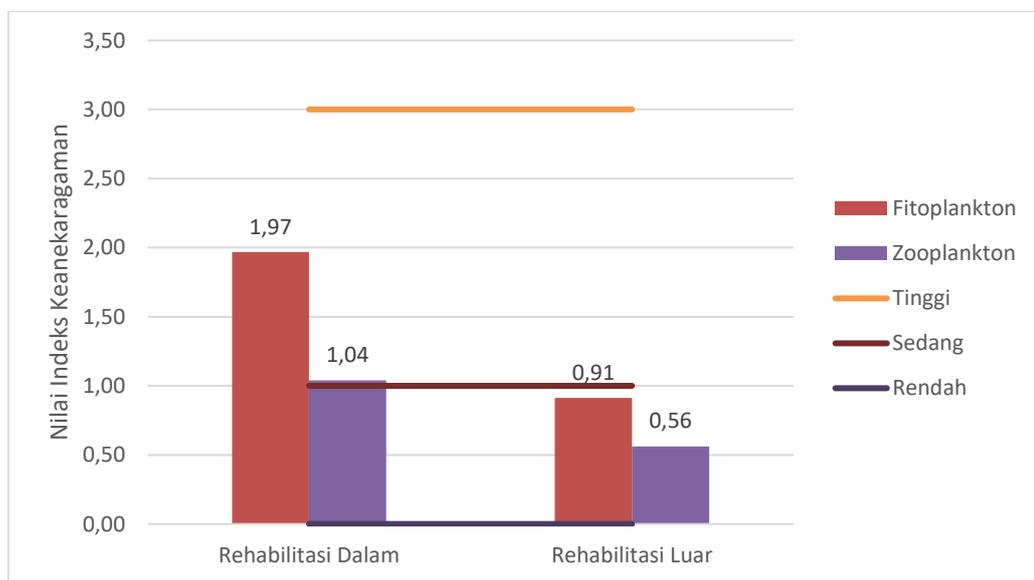
Gambar 4.92 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

Hasil analisis kelimpahan plankton laut di lokasi pemantauan sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka menunjukkan variasi nilai yang cukup mencolok. Tingkat kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di setiap lokasi di sekitar PLTU mengindikasikan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan sedang, yang sesuai dengan kategori status trofik yang diperkirakan berdasarkan Golman dan Horne (1994) dalam Suryanto (2009). Rata-rata tingkat kelimpahan fitoplankton yang tertinggi tercatat

pada lokasi yang berjarah 1000 meter dari area PLTU, dengan nilai kelimpahan mencapai 4460 sel per liter, sementara tingkat kelimpahan fitoplankton yang terendah terdapat pada lokasi 500 meter dari area PLTU, dengan nilai kelimpahan sekitar 2080 sel per liter. Di sisi lain, rata-rata tingkat kelimpahan zooplankton yang paling tinggi tercatat pada lokasi yang juga berjarak 1000 meter dari area PLTU, dengan nilai kelimpahan mencapai 690 sel per liter, sedangkan tingkat kelimpahan zooplankton yang terendah terdapat pada lokasi yang berjarak 100 meter dari area PLTU, dengan nilai kelimpahan sekitar 55 sel per liter (Gambar 4.92)

IV.4.4.3 Kondisi Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Pada Area Rehabilitasi

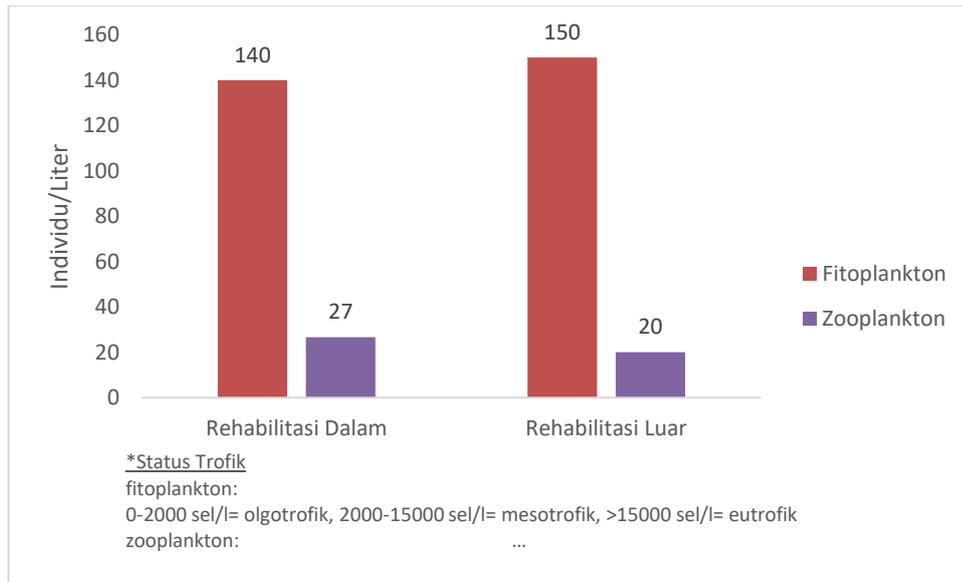
Hasil evaluasi indeks keanekaragaman plankton laut di wilayah rehabilitasi di Desa Hakatutubu secara keseluruhan menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton berada pada tingkat yang sama. Tingkat keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton di daerah rehabilitasi menunjukkan berada di kategori rendah-sedang, sesuai dengan kriteria indeks diversitas plankton (Dash & Dash, 2009).



Gambar 4.93 Keanekaragaman Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutubu dan pantai Slag.

Tingkat keanekaragaman fitoplankton tertinggi tercatat di dalam area rehabilitasi, yang berlokasi di keramba, dengan nilai keanekaragaman mencapai 1,97.

Sementara itu, tingkat keanekaragaman fitoplankton yang terendah terjadi di area rehabilitasi luar, tepatnya di pantai slag, dengan nilai keanekaragaman sebesar 0,91. Hal serupa juga terjadi pada tingkat keanekaragaman zooplankton, dimana nilai tertinggi tercatat di dalam area rehabilitasi (keramba) sebesar 1,04, sementara di area rehabilitasi pantai slag, nilai keanekaragaman zooplankton mencapai 0,56, seperti yang terlihat pada Gambar 4.93.



Gambar 4.94 Kelimpahan Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutubu dan pantai Slag.

Hasil evaluasi kelimpahan plankton laut di wilayah rehabilitasi Desa Hakatutubu menunjukkan variasi nilai yang beragam. Secara umum, nilai kelimpahan plankton di wilayah rehabilitasi dalam dan luar mengindikasikan tingkat kelimpahan fitoplankton dan zooplankton memiliki tingkat kesuburan yang rendah (disebut juga sebagai oligotrofik), sesuai dengan penilaian status trofik berdasarkan kriteria Golman dan Horne (1994) dalam Suryanto (2009). Tingkat kelimpahan fitoplankton yang paling tinggi tercatat di lokasi rehabilitasi pantai slag, dengan nilai kelimpahan mencapai 150 sel per liter, sementara nilai kelimpahan fitoplankton yang terendah terdapat di lokasi rehabilitasi dalam, dengan nilai kelimpahan sekitar 140 sel per liter. Di sisi lain, tingkat kelimpahan zooplankton yang tertinggi tercatat di lokasi rehabilitasi dalam (Keramba), dengan nilai kelimpahan mencapai 27 sel per liter, sedangkan tingkat kelimpahan zooplankton yang terendah terdapat di lokasi rehabilitasi luar (Pantai Slag), dengan nilai kelimpahan sekitar 20 sel per liter.

BAB 5

EVALUASI

5.1 Flora darat

5.1.1 Evaluasi Indeks Nilai Penting (INP)

5.1.1.1 Wilayah Virgin (Alami)

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada area virgin (alami) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (120,24%) dan INP terendah dari jenis belimbing hutan *Sarcotecha celebica* Veldkamp (8,32%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (147,46%) dan INP terendah dari jenis Ficus *Ficus* sp. (20,54%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (153,31%) dan INP terendah dari jenis Knema *Knema celebica* de Wilde. (9,61%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (155,34%) dan terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr (31,99%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (106,22%) dan terendah dari jenis tumbuhan famili Lauraceae (6,14%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari 2 jenis tumbuhan yaitu Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr. dan Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq. dengan nilai INP (70,55%) serta INP terendah dari jenis Kayu apung (15,70%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (123,19%) dan terendah dari jenis Melinjo *Gnetum gnemon* L. (6,24%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (94,09%) dan terendah dari jenis Knema *Knema celebica* de Wilde. (4,83%). Pemantauan semester II tahun

2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (77,29%) dan terendah dari jenis Palem *Hyophorbe* sp. (4,80%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (76,54%) dan terendah dari jenis Palem *Hyophorbe* sp. (3,31%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr (96,05%) dan terendah dari jenis Kayu Kuma (2,80%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr, (77,57) dan INP terendah dari jenis ketimunan *Timonius cf. celebicus*. Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Jambu-jambu *Eugenia* sp. (57,54%) dan terendah dari jenis famili Anacardiaceae (3,45%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr (57,83%) dan terendah dari jenis famili Apocynaceae (2,24%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Beringin *Ficus* sp. (66,71%) dan terendah dari jenis Ketimun *Timonius cf Celebicus* (1,56%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr (150,03%), dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Anggrek hutan *Habenaria* sp. dan Bence-bence *Sarcocephalus cordatus* Miq. dengan nilai INP (3,44%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr (79,16%) dan INP terendah dari 4 jenis tumbuhan yaitu *Ficus Ficus* sp., Knema *Knema celebica*, Pandan duri *Pandanus tectorius*, dan Rotan tikus *Flagellaria indica* dengan nilai INP (1,81%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr (86,78%) dan INP terendah ada dua jenis tumbuhan yaitu Dempul lelet *Glochidion rubrum* Blume. dan Pandan duri *Pandanus tectorius* dengan nilai INP (1,95%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon*

aurantiacus (Brongn. & Gris) Schltr (70,96%) dan INP terendah dari empat jenis tumbuhan yaitu Dempul lelet *Glochidion rubrum* Blume., famili Asteraceae, famili Lauraceae dan Knema *Knema celebica* de Wilde dengan nilai INP (2,96%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (45,66%) dan INP terendah dari jenis tumbuhan famili Lauraceae (5,53%).

5.1.1.2 Area Revegetasi Tahun 2015 (N8)

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada area Revegetasi tahun 2015 (N8) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (226,12%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (73,88%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (142,73%) dan terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (22,05%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (194,89%) dan terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (6,40%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (200,57%) dan terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (6,47%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (236,00%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (26,67%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (154,85%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (7,35%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (181,20%) dan terendah dari jenis Tirotasi (pulai) *Alstonia spectabilis* R.Br. (5,82%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (165,42%) dan terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (4,32%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (158,37%) dan terendah dari jenis Cemara gunung

Casuarina junghuhniana Miq. (5,27%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (176,41%) dan terendah dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (4,97%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Manga-mangga *Buchanania arborescens* (86,11%) dan terendah dari jenis lamtoro *Leucaena leucocephala* (6,72%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* Blume. (82,89%) dan terendah dari jenis *Knema celebica* de Wilde. (3,03%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* Blume. (66,90%) dan terendah dari jenis Knema *Knema celebica* de Wilde. (2,05%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* Blume. (75,74%) dan terendah dari jenis Nyatoh *Palaquium* sp. (2,35%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (76,48%) dan terendah dari dua jenis tumbuhan yaitu Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* dan sp 2 Eudicots dengan nilai INP (1,90%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi (pulai) *Alstonia spectabilis* (114,58%) dan INP terendah dari 4 jenis tumbuhan yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, Kersen hutan *Trema orientalis*, Kayu kuku *Pericopsis mooniana* Thw, dan Glodokan tiang *Polyalthia longifolia* dengan nilai INP (7,29%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi (pulai) *Alstonia spectabilis* R.Br. (65,06%) dan INP terendah dari 7 jenis tumbuhan yaitu Anggrek hutan *Habenaria* sp., Belimbing hutan *Sarcotheca celebica* Veldkamp, Daun jembelu *Embelia* sp., Dogwoods *Cornus* sp., Jambu-jambu *Eugenia* sp., Rotan tikus *Flagellaria indica*, dan Trambesi *Samanea saman* (Jacq.) Merr dengan nilai INP (2,64%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (73,07%) dan INP terendah dari 6 jenis tumbuhan yaitu Anggrek vanda merah *Vandopsis lissochiloides* (Gaudich.), Belimbing hutan *Sarcotheca celebica*

Veldkamp., Daun jembelu *Embelia* sp., Jambu-jambu *Eugenia* sp., Mahang hijau *Macaranga peltata*, dan *Palaquium* sp. dengan nilai INP (2,83%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* Blume. (48,35%) dan INP terendah ada dua jenis tumbuhan yaitu Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) dan famili Lauraceae dengan nilai INP (2,29%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (72,65%) dan INP terendah ada dua jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus* dan Dogwoods *Cornus* sp. dengan nilai INP (3,16%).

Terlepas dari nilai INP yang diperoleh pada area Revegetasi tahun 2015 (N8), kondisi beberapa jenis tanaman seperti Sengon laut *Paraserianthes falcataria* pada area pemantauan ini terlihat mulai menurun. Hal ini dibuktikan dengan adanya beberapa individu tanaman jenis ini telah mati atau rubuh akibat pelapukan. Faktor penyebab pelapukan ini masih belum diketahui secara pasti, namun pada beberapa individu ditemui adanya tanda-tanda keberadaan serangga seperti semut dan rayap. Kedua serangga ini belum bisa dipastikan sebagai penyebab karena kita masih belum mengetahui waktu keberadaan serangga ini apakah sebelum atau sesudah matinya tanaman. Sehingga pada pemantauan semester ini, jumlah pohon sengon yang mengalami kematian semakin bertambah jumlahnya berdasarkan data yang ditemukan dilapangan.

5.1.1.3 Area Revegetasi Tahun 2016 (N7)

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada area Revegetasi tahun 2016 (N7) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (188,39%) dan terendah dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (14,71%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (133,62) dan terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth dan Johar *Senna siamea* (Lam.) dengan nilai INP (5,80%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (120,79%) dan terendah dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (4,66%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis

Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (118,74%) dan terendah dari jenis Johar *Senna siamea* (Lam.) (4,13%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (144,28%) dan terendah dari jenis Johar *Senna siamea* (Lam.) (4,83).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (141,26%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* (7,23%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (89,09%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd.(5,23%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (90,79%) dan terendah dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (4,07%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (101,40%) dan terendah dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (5,20%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (80,57%) dan terendah dari jenis Johar *Senna siamea* (Lam.) (3,78%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Gamal *Gliciridium sepium* (85,37%), dan terendah dari jenis Trembesi *Samanea saman* (4,57%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (56,35%) dan terendah dari jenis Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume. (2,65%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (43,14%) dan terendah dari jenis Sp 2 Eudicots (2,15%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (62,85%) dan terendah dari jenis Mahang hijau *Macaranga peltata* (2,04%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (66,26%) dan terendah dari jenis Mengkudu *Morinda citrifolia* L. (1,69%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis

Lamtoro *Leucaena leucocephala* (179,56%) dan INP terendah ada 4 jenis yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, Jambu-jambu *Eugenia sp.*, Mengkudu *Morinda citrifolia*, dan Trembesi *Samanea saman* dengan nilai INP (5,75%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (79,92%) dan INP terendah ada 4 jenis yaitu Bambu tali *Gigantochloa sp.*, Belimbing hutan *Sarcotheca celebica* Veldkamp, Mahang hijau *Macaranga peltata*, dan Rotan tikus *Flagellaria indica* dengan nilai INP (2,94%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (74,56%) dan INP terendah ada tiga jenis tumbuhan yaitu Belimbing hutan *Sarcotheca celebica* Veldkamp., Mahan merah *Macaranga sp.*, dan Mengkudu *Morinda citrifolia* L. dengan nilai INP (2,77%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume). (75,28%) dan INP terendah ada lima jenis tumbuhan yaitu famili Asterceae, Bitti *itex cofassus*, Jambu-jambu *Eugenia sp.* famili Rubiaceae, dan Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. dengan nilai INP (3,20%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume). (60,79%) dan INP terendah ada empat jenis tumbuhan yaitu famili Annonaceae, Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth, Knema *Knema celebica*, dan Nyamplung *Calophyllum inophyllum* dengan nilai INP (3,34%).

5.1.1.4 Area Revegetasi Tahun 2017 (N6)

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada area Revegetasi tahun 2017 (N6) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (300,0%) dan hanya terdapat satu jenis tumbuhan. Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (133,52%) dan INP terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr. (18,18%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (201,16%) dan terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (8,62%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (215,56%) dan terendah dari jenis Akasia

daun kecil *Acacia auriculiformis* (9,51%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (241,68%) dan terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq. (14,91%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (230,84%) dan terendah jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (69,16%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (201,24%) dan terendah jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (6,13%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (169,12%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* Blume. (5,49%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (181,30%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* Blume. (5,37%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (193,19%) dan terendah dari jenis Andilau *Commersonia bartramia* (5,87%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, (68,32%) dan terendah dari jenis Lamtoro *Leucaena leucocephala* (7,15%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (59,68%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd. (8,36%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (61,66%) dan terendah dari jenis famili Lauraceae (2,63%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth. (63,53%) dan terendah dari jenis Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume (2,48%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R. Br. (42,18%) dan terendah dari jenis famili Sapotaceae (2,19%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis

Tirotasi *Alstonia spectabilis* (167,49%) dan INP terendah ada 3 jenis yaitu Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum*, Mangga-mangga *Buchanania arborescens*, dan Lamtoro *Leucaena leucocephala* dengan nilai INP (11,15%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (108,82%) dan INP terendah dari jenis bitti *Vitex cofassus* (5,23%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (113,34%) dan INP terendah dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (6,54%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (92,30%) dan INP terendah dari empat jenis tumbuhan yaitu Belimbing hutan *Sarcotecha celebica* Veldkamp, Bitti *Vitex cofassus*, Senggani *Melastoma* sp., dan Daun jembelu *Embelia* sp. dengan nilai INP (3,71%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R. Br. (111,86%) dan INP terendah dari tiga jenis tumbuhan yaitu Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd., famili Lauraceae, dan famili Rubiaceae dengan nilai INP (4,78%).

5.1.1.5 Area Revegetasi Tahun 2018 (N5)

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada area Revegetasi tahun 2018 (N5) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 tidak terdapat tumbuhan pada habitus ini. Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (199,49%) dan INP terendah dari jenis sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.). (100,51%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (163,69%) dan terendah dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (59,29%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (147,98%) dan terendah dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (73,60%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (154,72%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd. (10,88%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia*

(252,74%) dan terendah dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (47,26%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (165,35%) dan INP terendah jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (17,73%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (127,06%) dan terendah dari jenis Johar *Senna siamea* Lam. (4,71%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (129,18%) dan terendah dari jenis Lamtoro *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit (8,61%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (122,57%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga (3,79%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (58,76%) dan terendah dari jenis Johar *Cassia siamea* dan Bale angin dengan nilai INP (5,26%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (56,98%) dan terendah dari jenis famili Asteraceae (3,90%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (53,11%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,72%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (61,39%) dan terendah dari jenis Lamtoro *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit (3,45%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (76,51%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,23%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Manga-mangga *Buchanania arborescens* (77,74%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu Johar *Cassia siamea*, Gamal *Gliciridium sepium*, Kayu putih *Melaleuca leucadendra* dengan nilai INP (12,35%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (75,68%) dan INP terendah dari 6 jenis tumbuhan yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, anggrek hutan *Habenaria* sp., Mengkudu *Morinda citrifolia* L. Johar *Senna*

siamea (Lam.), Ketapang *Terminalia catappa* L., dan Bitti *Vitex cofassus* dengan nilai INP (4,15%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (73,87%) dan INP terendah dari 6 jenis tumbuhan yaitu Anggrek hutan *Habenaria* sp., famili Asteraceae, Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, Johar *Senna siamea* Lam., Ketapang *Terminalia catappa* L., dan Mengkudu *Morinda citrifolia* L. dengan nilai INP (3,66%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (60,00%) dan INP terendah dari tiga jenis tumbuhan yaitu Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth, Jambu-jambu *Eugenia* sp., dan Mubi *Glochidion superbum* dengan nilai INP (6,67%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (79,65%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) dan famili Annonaceae dengan nilai INP (3,81%).

5.1.1.6 Area Revegetasi Tahun 2019 (N4)

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada area Revegetasi tahun 2019 (N4) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 tidak terdapat tumbuhan pada habitus ini. Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (300,0%) dan hanya terdapat satu jenis tumbuhan. Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (168,14%) dan terendah dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (131,86%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. (167,88%) dan terendah dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (132,12%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (172,43%) dan terendah dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (11,01%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (300,0%) dan hanya terdapat satu jenis tumbuhan. Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi

berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (133,12%) dan INP terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (15,18%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (161,65%) dan terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (5,00%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (181,23%) dan terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (4,34%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (168,99%) dan terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* (3,75%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, (125,69%) dan terendah dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (6,43%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (78,87%) dan terendah dari jenis Trambesi *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (3,17%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (71,64%) dan terendah dari jenis Trambesi *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (2,95%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (78,45%) dan terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (2,44%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (73,28%) dan terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (2,27%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Jambu mete/monyet *Anacardium occidentale* (66,67%) dan INP terendah ada 2 jenis yaitu Akasia daun lebar *Acacia mangium* dan Trambesi *Samanea saman* dengan nilai INP (13,33%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Mahang merah *Macaranga* sp. (50,20%) dan INP terendah ada 6 jenis yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.), Jambu-jambu *Eugenia* sp., Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L.,

famili Apocynaceae, dan Dempul lelet *Glochidion rubrum* Blume. dengan nilai INP (3,22%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mahang hijau *Macaranga peltata* (49,10%) dan INP terendah dari 5 jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus*, famili Apocynaceae, Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume., Melinjo *Gnetum gnemon* dan Trambesi *Samanea saman* (Jacq.) Merr. dengan nilai INP (4,06%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (75,35%) dan INP terendah dari lima jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus*, Johar *Senna siamea* (Lam.), Ketimun *Timonius* cf. *Celebicus*, Mengkudu *Morinda citrifolia* L., dan Rotan *Calamus* sp. dengan nilai INP (3,05%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (94,70%) dan INP terendah dari 4 jenis tumbuhan yaitu famili Apocynaceae, Jambu monyet *Ancardium giganteum*, Jambu-jambu *Eugenia* sp. dan Rotan *Calamus* sp. dengan nilai INP (4,29%).

5.1.1.7 Area Revegetasi Tahun 2020 (N3)

Pemantauan pada area ini dilakukan sejak tahun 2021-2022. Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada area Revegetasi tahun 2020 (N3) menunjukkan bahwa sejak pemantauan tahun 2021 hingga 2022 belum terdapat tumbuhan pada habitus ini. Sedangkan pemantauan semester I tahun 2023 sudah terdapat tumbuhan pada habitus ini berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (300,00%).

Tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020-2021 tidak terdapat tumbuhan pada habitus ini. Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (250,04%) dan terendah dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (11,37%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (233,72%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (8,36%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (226,49%) dan terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (6,75%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (105,64%) dan terendah dari jenis Jambu monyet *Anacardium giganteum* (6,43%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (102,51%) dan terendah dari jenis Jambu monyet *Anacardium giganteum* (3,12%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (106,29%) dan terendah dari jenis Jambu monyet *Anacardium giganteum* (3,07%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cycloarpum* (Jacq.) (89,88%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,87%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (177,50%) dan INP terendah jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume). (22,50%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (92,47%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu Anggrek hutan *Habenaria* sp., Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, dan Mahang hijau *Macaranga peltata* dengan nilai INP (6,93%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (76,01%) dan INP terendah dari empat jenis tumbuhan yaitu Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd., Bitti *Vitex cofassus*, Sengon buto *Enterolobium cycloarpum* (Jacq.), dan Terung pipit *Solanum torvum* dengan nilai INP (7,70%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (106,67%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus* dan Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. dengan nilai INP (12,73%).

5.1.1.8 Area Revegetasi tahun 2021 (N2)

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) menunjukkan bahwa tidak terdapat tumbuhan pada habitus ini. Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang

(diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan semester I tahun 2022 tidak ditemukan tumbuhan pada habitus ini, namun pada pemantauan semester II tahun 2022 nilai INP tumbuhan dengan INP tertinggi berasal dari satu jenis tumbuhan yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia* dengan nilai INP (300,0%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (245,13%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (54,87%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (213,15%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (6,02%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (201,33%) dan terendah dari jenis Lamtoro *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (5,24%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (203,67%) dan terendah dari jenis Lamtoro *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (4,42%).

Pemantauan semester I tahun 2022 nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 4 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (115,70%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd., Ficus *Ficus* sp., dan Terong hutan *Solanum torvum* dengan nilai INP (9,25%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (90,01%) dan INP terendah dari tiga jenis tumbuhan yaitu Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd., famili Apocynaceae dan Terung pipit *Solanum torvum* dengan nilai INP (8,60%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, Jambu-jambu *Eugenia* sp. dan Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) dengan nilai INP (16,43%).

5.1.1.9 Area Revegetasi tahun 2022 (N1)

Area revegetasi tahun 2022 (N1) merupakan area pemantauan yang baru dilakukan pada semester ini. Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) menunjukkan bahwa tidak terdapat

tumbuhan pada habitus ini. Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan semester I tahun 2023 ditemukan tumbuhan pada habitus tiang dengan INP tertinggi berasal Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (269,28%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (30,72%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (194,12%) dan terendah dari jenis Lamtoro *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (8,65%).

Pemantauan semester I tahun 2023 nilai INP tumbuhan berhabitus semai dengan INP tertinggi dari jenis Kersen hutan *Trema orientalis* (104,17%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu Beringin *Ficus* sp., Kaliandra *Calliandra calothyrsus*, dan Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) dengan nilai INP (45,83%).

5.1.1.10 Area Pulau Maniang

Pemantauan flora di Wilayah Tambang Pulau Maniang dilakukan pada tiga lokasi yaitu Area Virgin (*Hauling Road*), Area Terganggu (*Stockyard*) dan Bukit WSWD 003 (Area revegetasi 2022). Pemantauan di Area Virgin (*Hauling Road*), merupakan pemantauan yang dilakukan sejak tahun 2020, Area Terganggu (*Stockyard*) merupakan area baru di semester 1 tahun 2023 dan Bukit WSWD 003 (Area revegetasi 2022) juga merupakan area baru di semester 1 tahun 2023.

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada Area Virgin (*Hauling Road*) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari 2 jenis tumbuhan yaitu Cemara Gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. dan Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (120,21%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* (59,48%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis tirotasi (pulau) *Alstonia spectabilis* R.Br. (106,82%) dan INP terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq. (49,05%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (142,46%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (33,09%).

Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (142,60%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescen* (Blume) (33,19%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu Besi *Xanthostemon aurantiacus* (56,91%) dan terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (21,42%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi (pulai) *Alstonia spectabilis* R.Br. (166,14%) dan INP terendah dari jenis cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq. (21,39%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (155,48%) dan terendah dari jenis Ficus *Ficus glandifera* Summerh. (16,40%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescen* (Blume) (108,51%) dan terendah dari jenis Belimbing hutan *Sarcotheca celebica* Veldkamp.

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Mengkudu *Morinda citrifolia* (79,92%) dan terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* (5,08%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi (pulai) *Alstonia spectabilis* R.Br. (83,07%) dan terendah dari jenis Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume (7,15%). Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br (103,64%) dan terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, Pandan duri *Pandanus tectorius*, dan Waru *Hibiscus tiliaceus* L. dengan nilai INP (4,59%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br (102,34%) dan terendah dari jenis Belimbing hutan *Sarcotheca celebica* Veldkamp. (4,79%).

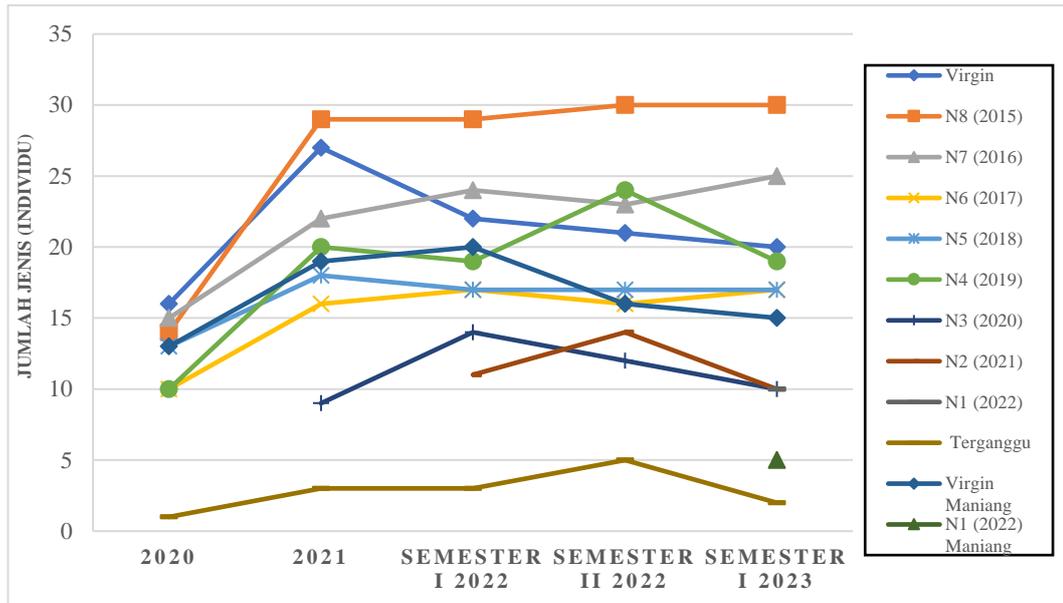
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Manga-mangga *Buchanania arborescens* (92,38%) dan INP terendah dari jenis Rotan *Calamus* sp. (6,70%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari

jenis Manga-mangga *Buchanania arborescens* Blume. (72,03%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Rotan tikus *Flagellaria indica* dan Ketimunan *Timonius cf. Wallichianus* dengan nilai INP (8,39%) Pemantauan semester I tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (91,82%) dan INP terendah dari jenis Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume (15,64%). Pemantauan semester II tahun 2022 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (101,84%) dan INP terendah dari dua jenis tumbuhan yaitu Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume dan Rotan *Calamus* sp. dengan nilai INP (18,01%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada Bukit WSWD 003 (Area revegetasi 2022) menunjukkan bahwa pada pemantauan semester I tahun 2023 tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm), dan tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm), namun sudah terdapat tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) yang terdiri dari 5 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. (199,92%) dan terendah dari jenis Kersen hutan *Trema orientalis* (10,84%). Sedangkan hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (124,24%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L., Kersen hutan *Trema orientalis*, dan Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. dengan nilai INP yaitu (58,59%).

5.1.2 Evaluasi Jumlah Jenis dan Indeks Keanekaragaman

Perbandingan jumlah jenis flora yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022 dan semester I tahun 2023 pada seluruh tingkatan tumbuhan yaitu pohon, tiang pancang dan semai ditunjukkan pada Gambar 5.1 berikut.



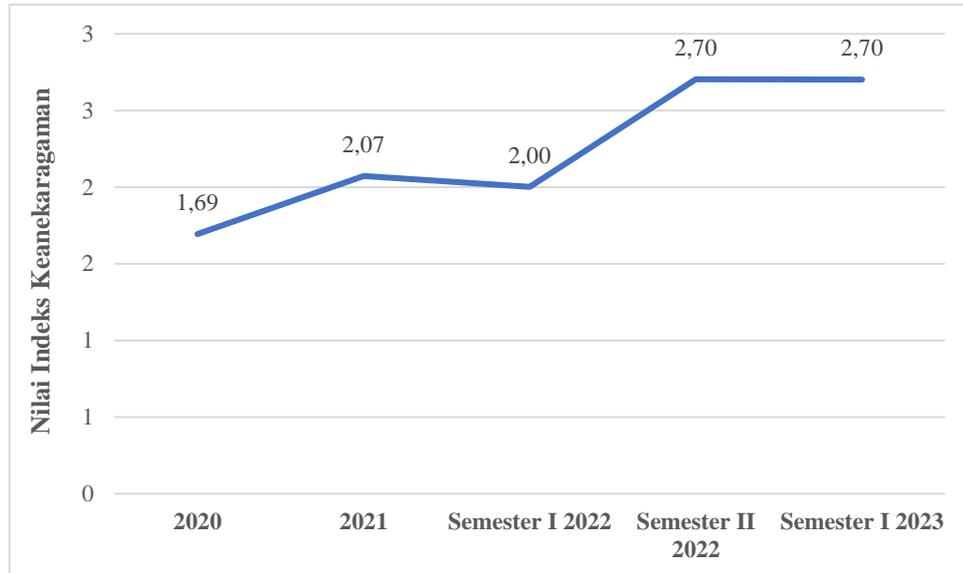
Gambar 5.1 Histogram perbandingan jumlah jenis flora darat pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk

Hasil analisis jumlah jenis berdasarkan periode pemantauannya menunjukkan bahwa pada area revegetasi tahun 2015 (N8) mempunyai komposisi jenis yang lebih banyak dibandingkan dengan area yang lain. Tingginya komposisi jenis di area revegetasi menandakan bahwa di area tersebut sedang terjadi suksesi sekunder untuk mengembalikan kondisi lingkungan yang asli. Sedangkan untuk komposisi jenis pada area revegetasi yang baru dilakukan penanaman pohon memiliki jumlah jenis yang masih kurang, karena tanaman yang ditemukan merupakan tanaman revegetasi yang masih melakukan adaptasi dengan lingkungan sekitar.

Peningkatan jumlah jenis tumbuhan pada seluruh lokasi pemantauan berdasarkan periode pemantauan menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dari tahun 2020 sampai 2023. Hal ini dikarenakan sejak pemantauan tahun 2021 terdapat pertumbuhan beberapa jenis tanaman baru yang tidak tercatat pada tahun sebelumnya. Jenis-jenis tumbuhan baru yang tercatat dominan ditemukan pada tumbuhan kategori semai, yang berarti tumbuhan tersebut merupakan jenis baru yang tumbuh secara alami pada lokasi tersebut. Faktor penentu ditemukannya spesies baru adalah perubahan penempatan plot pemantauan pada area pengamatan yang bertujuan untuk mendata tumbuhan lain

yang berada pada area tersebut, namun tidak ter-cover dalam plot pemantauan pada tahun sebelumnya.

Perbandingan indeks keanekaragaman yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 ditunjukkan pada Gambar 5.2 berikut.

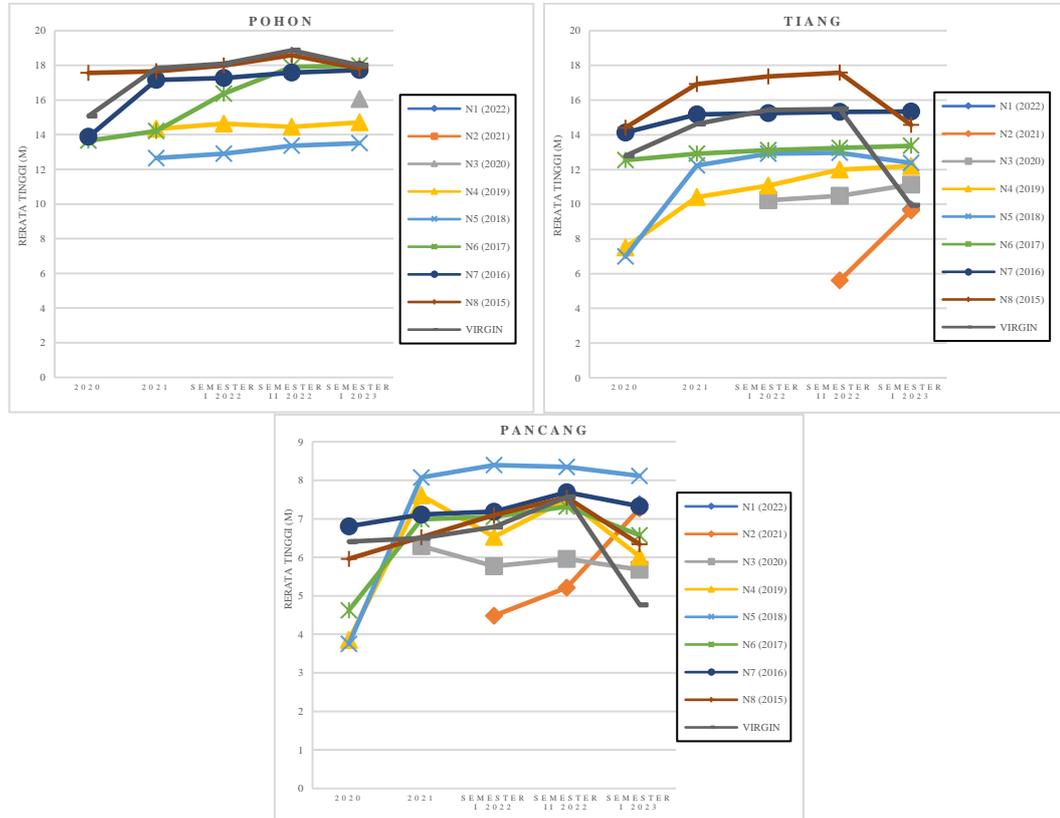


Gambar 5.2 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.

Hasil analisis indeks keanekaragaman berdasarkan periode pemantauan pada seluruh lokasi yaitu area virgin dan area revegetasi N0-N8, menunjukkan bahwa pada periode pemantauan semester I tahun 2023 menunjukkan nilai indeks yang sama dengan periode pemantauan semester sebelumnya. Meskipun terdapat penambahan lokasi, namun terdapat pula pergantian lokasi pemantauan yang mengubah komposisi jenis dari masing-masing periode pemantauan. Jika dilihat berdasarkan kategori indeks keanekaragaman, maka sejak tahun 2021, 2022 dan semester 1 2023 masih berada pada kategori yang sama yaitu keanekaragaman sedang ($1,0 < H' < 3,0$). Keanekaragaman sedang menunjukkan bahwa tingkat produktivitas tumbuhan pada seluruh lokasi pemantauan masih berada pada batas normal (cukup), kondisi ekosistem yang masih seimbang dan tekanan ekologi untuk produktivitas tumbuhan masih normal.

5.1.3 Evaluasi Perbandingan Tinggi Flora

Perbandingan tinggi tumbuhan yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 berdasarkan kategorinya yaitu pohon, tiang dan pancang ditunjukkan pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Histogram perbandingan tinggi berdasarkan kategorinya pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.

Keterangan:

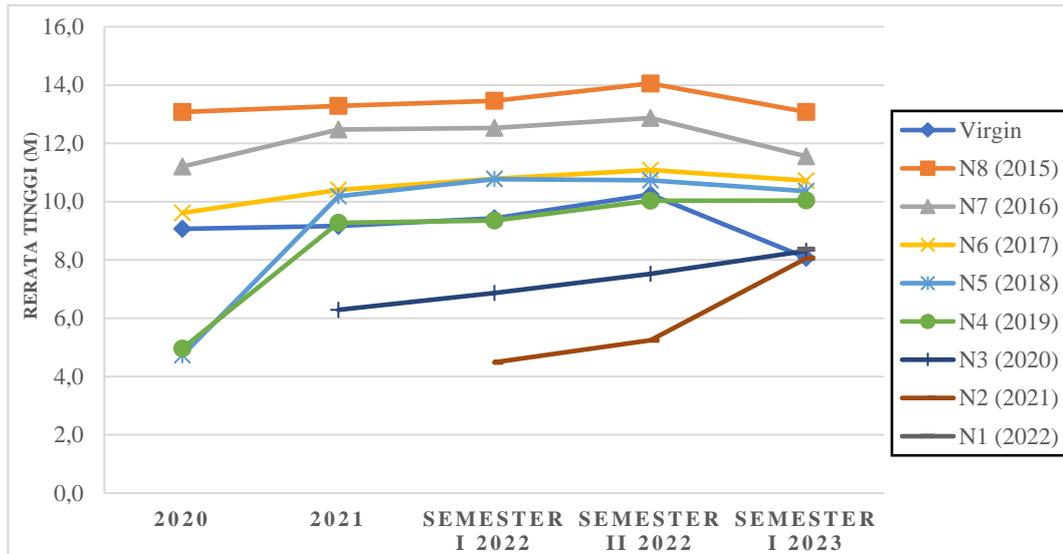
- *Habitus Pohon; 2020:* N4 dan N5 belum dijumpai habitus pohon
2021: N3 belum dijumpai habitus pohon
2022 (I&II): N2 dan N3 belum dijumpai habitus pohon
- *Habitus Tiang; 2021:* N3, belum dijumpai habitus tiang
2022 (I): N2, belum dijumpai habitus tiang

Hasil analisis tinggi tumbuhan pada area vigin dan area revegetasi N1-N8 berdasarkan kategori tumbuhan menunjukkan pertambahan tinggi yang cukup signifikan pada setiap lokasi pemantauan. Selain itu terjadi pula penurunan tinggi pada beberapa area pemantauan yang mengalami pergantian area serta mengalami penurunan jumlah populasi tanaman akibat tanaman telah mati. Pemantauan ini menunjukkan bahwa beberapa tanaman yang sebelumnya masih berada pada

habitus pancang, kini sudah berada pada habitus tiang dan yang sebelumnya masih berada pada habitus tiang, kini sudah berada pada habitus pohon. Rata-rata tinggi tumbuhan meningkat sesuai dengan habitusnya, dimana pada habitus pohon memiliki pertambahan tinggi tumbuhan yang begitu besar dan ditunjukkan pada area revegetasi. Begitupula dengan habitus tiang, berdasarkan periode pemantauannya, habitus ini sudah hampir menyerupai tinggi habitus pohon. Hal ini menandakan bahwa pertumbuhan tanaman revegetasi cukup baik pada seluruh area pemantauan.

Hasil analisis tinggi tumbuhan pada kelima periode pemantauan berdasarkan Gambar 5.4 menunjukkan penurunan dan pertambahan tinggi pada beberapa lokasi pemantauan. Pertambahan tinggi terbesar dijumpai di area revegetasi tahun 2021 (N2) yang baru dilakukan penanaman tumbuhan revegetasi. Selain itu, beberapa area revegetasi yang juga memiliki pertambahan rata-rata tinggi yaitu area revegetasi tahun 2020 (N3). Hal ini didukung oleh tingkat pemeliharaan tanaman dan kesediaan unsur hara yang baik untuk pertumbuhan tanaman yang tercukupi pada area revegetasi. Sedangkan area lain berdasarkan tahun revegetasinya mengalami penurunan rata-rata tinggi diduga karena hilangnya beberapa jenis tumbuhan akibat mati sehingga sudah tidak dilakukan pengukuran tinggi pada pohon tersebut. Area tersebut antara lain area revegetasi tahun 2015 (N8), revegetasi tahun 2016 (N7), revegetasi tahun 2017 (N6), dan revegetasi tahun 2018 (N5). Namun, keempat area tersebut masih memiliki rata-rata tinggi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata tinggi yang ada di area virgin.

Perbandingan tinggi tumbuhan yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 ditunjukkan pada Gambar 5.4 berikut

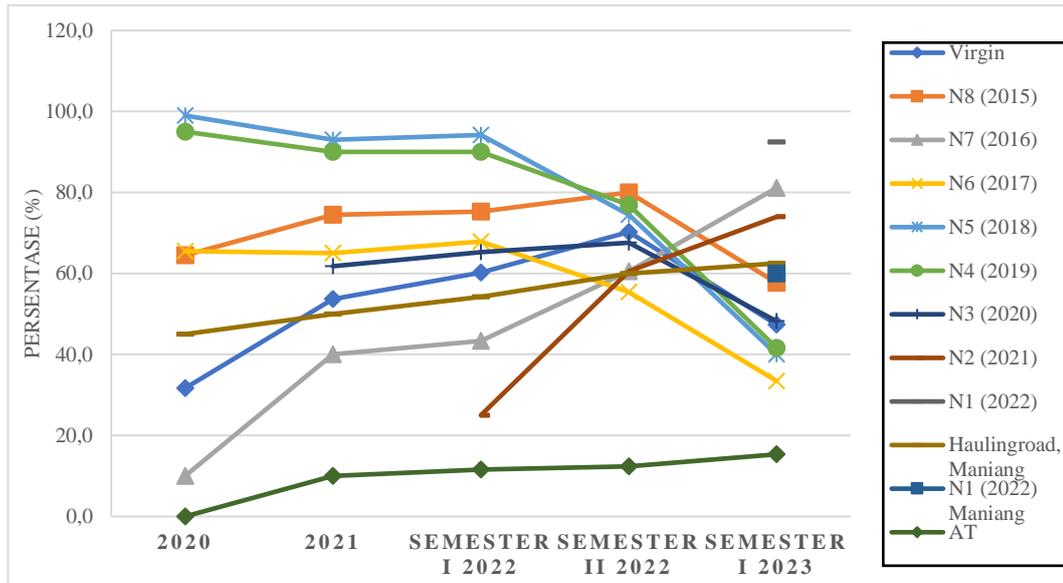


Gambar 5.4 Histogram perbandingan tinggi tumbuhan pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.

5.1.4 Evaluasi Persentase Tumbuhan Penutup Tanah (*Cover crop*)

Perkembangan tumbuhan penutup tanah pada setiap area pemantauan cenderung berbeda. Beberapa area mengalami penambahan persentase tutupan, namun sebagian lagi mengalami penurunan total persentase tutupan tanah. Berbeda dengan perkembangan tanaman yang dapat dipantau melalui tingginya yang cenderung akan terus bertambah tinggi, penutupan tanah yang dipantau melalui persentase tutupan tanah biasanya bersifat lebih dinamis, karena dipengaruhi berbagai faktor. Pertumbuhan *Cover crop* sendiri biasanya akan menutupi seluruh permukaan tanah dan kemudian berkurang kembali tergantung pada musim dan kondisi tanaman lain disekitarnya.

Perbandingan persentase tumbuhan penutup tanah yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 ditunjukkan pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Histogram perbandingan persentase tumbuhan penutup tanah pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.

Berdasarkan histogram diatas didukung dengan kondisi lapangan pada area pemantaun dapat melihat pola yang umumnya terjadi saat ini pada perkembangan *cover crop* di area revegetasi seperti pada uraian dibawah.

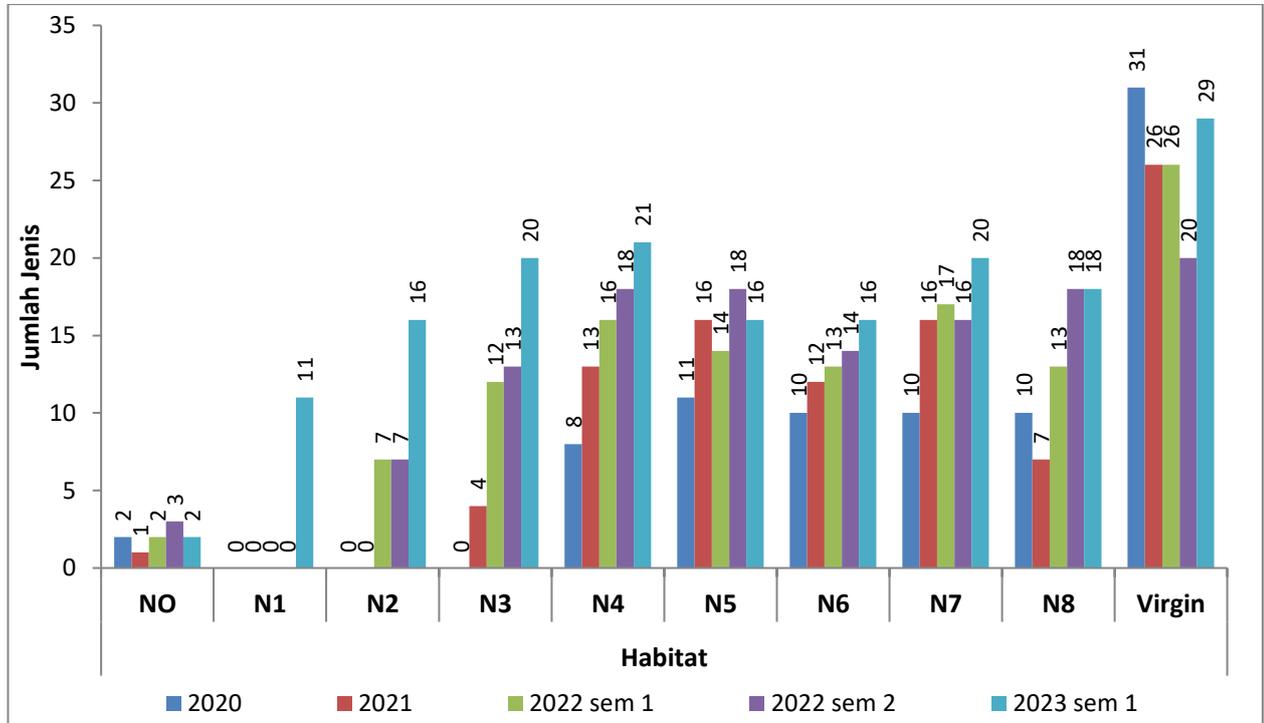
1. *Cover crop* revegetasi yang ditanam memiliki komposisi jenis yang homogen.
2. *Cover crop* mulai berkurang seiring bertambah tingginya dan meluasnya kanopi tanaman yang menyebabkan kurangnya penetrasi sinar matahari untuk tanaman *cover crop*.
3. *Cover crop* pada beberapa area pemantauan mengalami penurunan persentase akibat serasah daun Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L.
4. *Cover crop* semakin berkurang, sehingga terjadi seleksi alami bagi jenis *cover crop* yang tidak sesuai dengan lokasi revegetasi.
5. *Cover crop* yang tersisa mulai berkembang dan *cover crop* alami hasil suksesi mulai tumbuh.
6. *Cover crop* dengan komposisi jenis baru, berkembang pada lokasi revegetasi dengan komposisi jenis heterogen.
7. Keberadaan dan persentase *cover crop* juga dipengaruhi oleh musim, dimana beberapa jenis *cover crop* akan mati pada saat kemarau, dan akan kembali tumbuh pada musim penghujan akibat tersedianya unsur hara.

Tanaman penutup tanah (*Cover crop*) pada beberapa area pemantauan mengalami persentase yang menurun jika dibandingkan dengan pemantauan tahun sebelumnya. Keadaan ini dijumpai pada beberapa area pemantauan, sedangkan area lain mengalami peningkatan dan sudah dijumpai beberapa tumbuhan pioner. Lokasi yang mengalami penurunan presentase *cover crop* dijumpai banyak serasah daun Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. yang menutupi seluruh permukaan tanah.

Perkembangan *cover crop* akan diakhiri dengan komposisi *cover crop* yang akan mulai tumbuh menyerupai kondisi *cover crop* pada area virgin. Kondisi ini juga terlihat dari ditemukannya beberapa jenis tumbuhan Bambu tali *Gigantochloa* sp. Rumput jarum *Baumea rubiginosa* dan Rumput Pipih *Machaerina deplanchei* yang masih ditemukan pada area revegetasi. Ketiga jenis tumbuhan tersebut diketahui sebagai salah satu jenis tumbuhan *cover crop* pada area virgin yang paling sering ditemui dan paling mendominasi di area virgin. Tidak menutup kemungkinan bahwa pada beberapa tahun kemudian tumbuhan tersebut juga akan mendominasi sebagai tanaman penutup tanah (*cover crop*) di area revegetasi.

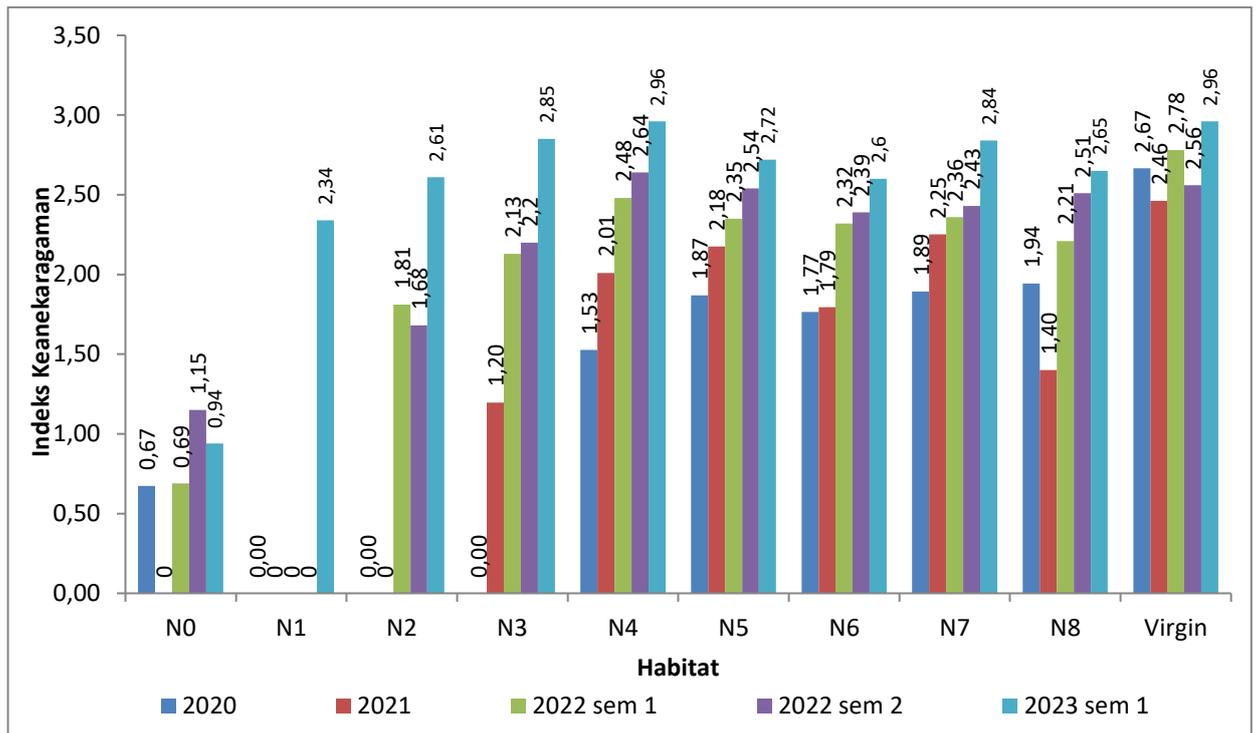
5.2 Fauna darat

5.2.1 Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTU, WTT, dan WTS



Gambar 5.6 Histogram perbandingan jumlah spesies fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk.

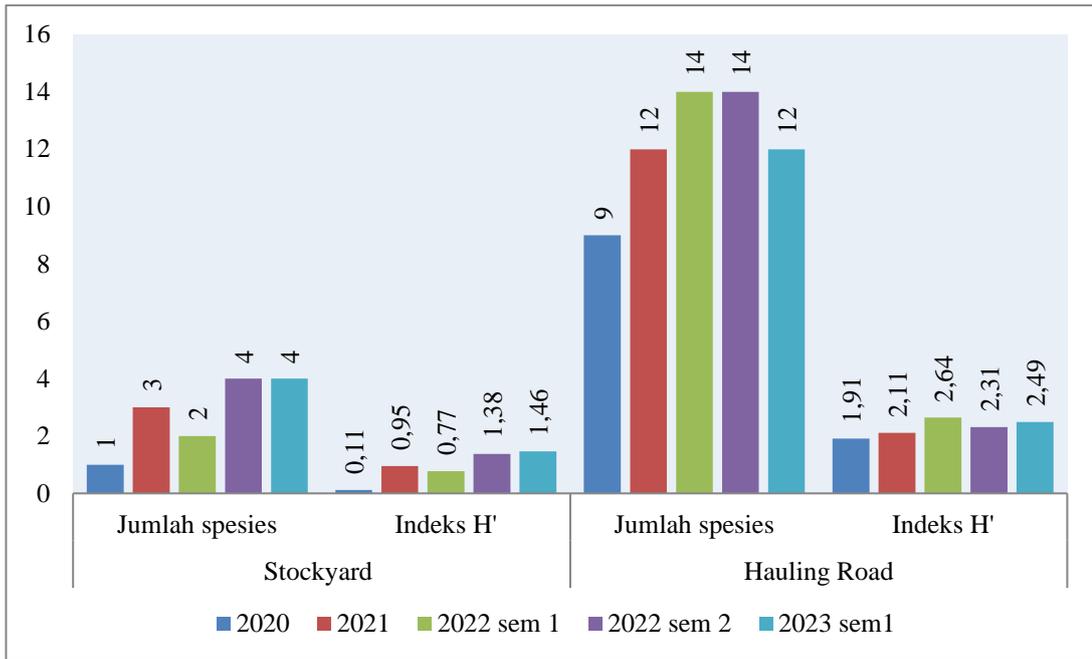
Perbandingan jumlah spesies (Gambar 5.6) fauna burung di wilayah pertambangan PT Antam Tbk pada pemantauan tahun 2023 semester 1 memperlihatkan peningkatan dibandingkan periode sebelumnya di beberapa habitat pada area revegetasi (2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016), serta di area virgin. Peningkatan tersebut menandakan bahwa kondisi habitat yang ada di area revegetasi tersebut semakin mendukung kehidupan fauna burung, baik akibat penambahan variasi jenis vegetasi ataupun kondisi habitatnya yang dapat dijadikan sebagai tempat bersarang. Indeks keanekaragaman di seluruh area revegetasi menunjukkan peningkatan dibandingkan periode sebelumnya (Gamber 5.2). Hal itu menandakan bahwa hampir seluruh area revegetasi memiliki spesies yang beragam dengan dominansi yang rendah sehingga indeks keanekaragamannya tinggi.



Gambar 5.7 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 semester 1 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk.

5.2.2 Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTPM

Perbandingan jumlah spesies dan indeks keanekaragaman fauna burung di WTPM pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 semester 1 dapat dilihat pada Gambar 5.8. Dari grafik tersebut memperlihatkan bahwa tidak terjadi penambahan atau pengurangan jumlah spesies, baik di area *Hauling Road* ataupun *Stockyard*. Hal tersebut menandakan bahwa kondisi habitat yang ada di area tersebut cukup stabil, meskipun ada perubahan komposisi jumlah individu dan spesies burung yang dijumpai.

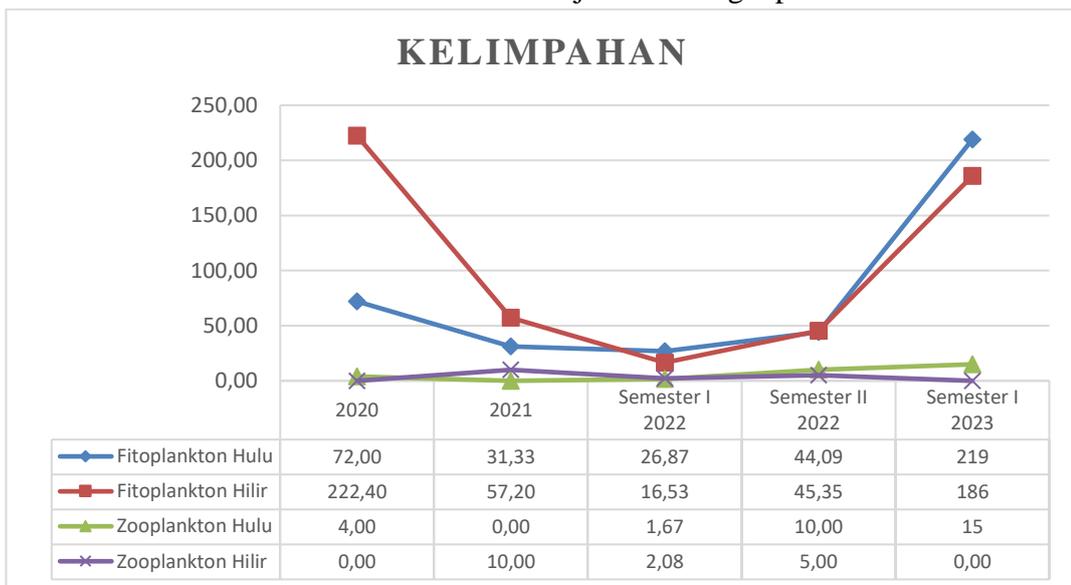


Gambar 5.8 Grafik evaluasi perbandingan jumlah spesies dan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 semester 1 di WTPM.

5.3 Plankton Sungai

5.3.1 Evaluasi Kelimpahan Plankton

Perbandingan nilai kelimpahan plankton sungai yang diperoleh selama periode pemantauan tahun 2020, tahun 2021, tahun 2022 semester I, tahun 2022 semester II dan tahun 2023 semester I ditunjukkan sebagai pada Gambar 5.9

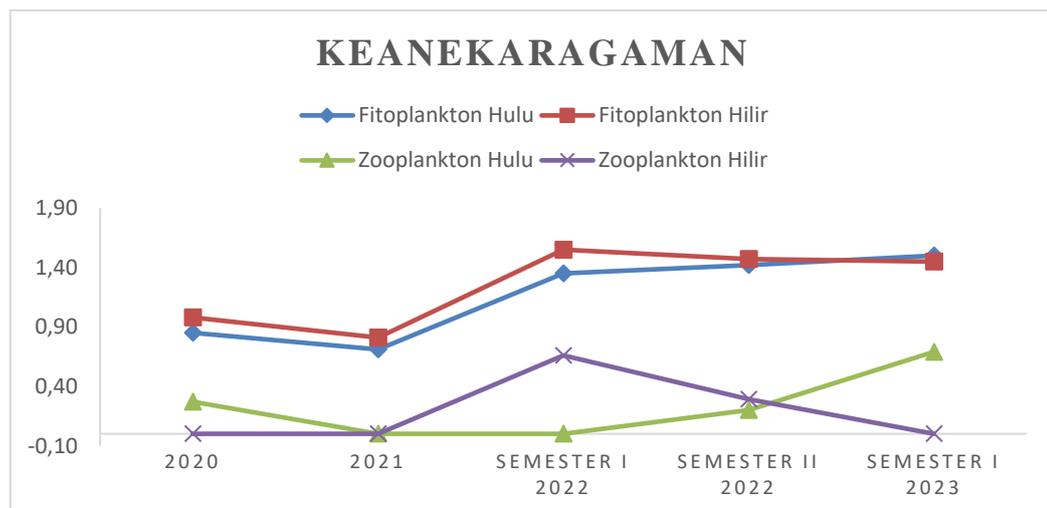


Gambar 5.9 Histogram perbandingan kelimpahan Fitoplankton dan Zooplankton pada periode pemantauan tahun 2020, tahun 2021, tahun 2022 Semester 1, tahun 2022 Semester 2, dan tahun 2023 Semester 1 di area Hulu dan Hilir Sungai.

Hasil analisis dari nilai kelimpahan plankton di area Hulu dan Hilir sungai menunjukkan bahwa nilai rata-rata kelimpahan tertinggi plankton ditinjau berdasarkan jenisnya ditemukan pada jenis fitoplankton dan terendah ditemukan berada pada jenis zooplankton. Rata-rata kelimpahan plankton pada kedua jenis ini mengalami peningkatan ditinjau dari grafik hasil pemantauan tahun 2020, tahun 2021, Semester I 2022, Semester II 2022, dan Semester I 2023. Pada tahun 2020 belum adanya teridentifikasi zooplankton di daerah Hilir sungai, selanjutnya pada pemantauan 2021 tidak ada teridentifikasi zooplankton di daerah Hulu sungai. Perbandingan yang telah diamati selama periode pemantauan menunjukkan bahwa kelimpahan tertinggi ditemukan pada periode pemantauan Semester I tahun 2023. Kelimpahan fitoplankton tertinggi berada pada daerah Hulu sungai (219 ind/l) sedangkan yang terendah berada pada daerah hilir sungai (186 ind/l) pada pemantauan semester 1 tahun 2023. Selanjutnya kelimpahan zooplankton yang berada pada Hulu sungai (15 ind/l) dan pada hilir sungai tidak dijumpai zooplankton pada pemantauan semester I tahun 2023.

5.3.2 Evaluasi Indeks Keanekaragaman Plankton

Perbandingan dari nilai indeks keanekaragaman plankton sungai yang telah didapatkan pada periode pemantauan tahun 2020, tahun 2021, tahun 2022 semester I, tahun 2022 semester II, dan tahun 2023 semester I ditunjukkan pada Gambar 5.10 sebagai berikut.



Gambar 5.10 Histogram perbandingan keanekaragaman Fitoplankton dan Zooplankton pada periode pemantauan tahun 2020, tahun 2021, tahun 2022

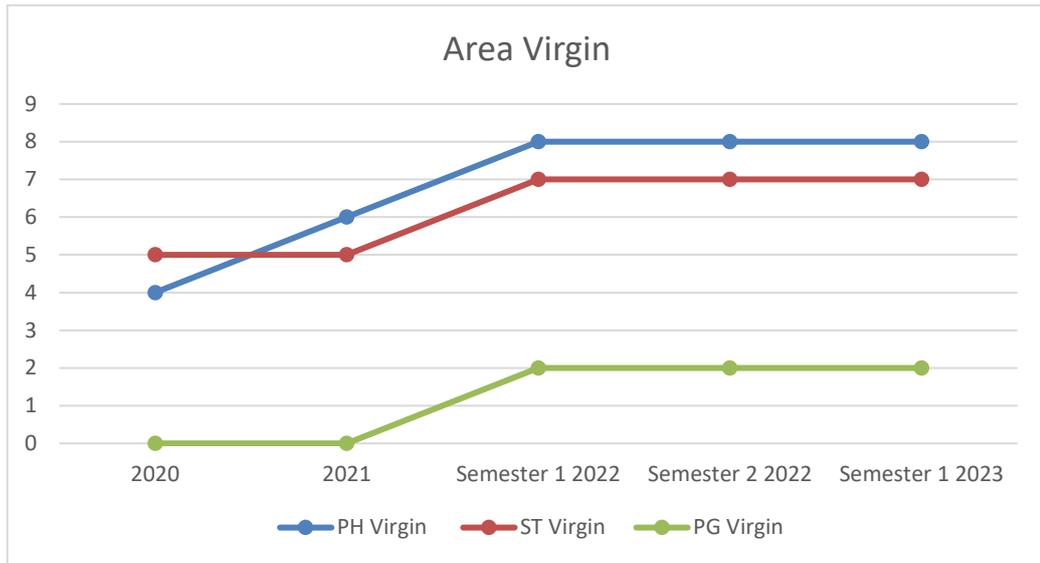
Semester 1, tahun 2022 Semester 2, dan tahun 2023 Semester 1 di area Hulu dan Hilir Sungai.

Hasil analisis dari nilai indeks keanekaragaman plankton pada area Hulu dan Hilir sungai menunjukkan bahwa rata-rata keanekaragaman yang dijumpai tertinggi berdasarkan dari jenis plankton ini berada pada jenis fitoplankton dan jenis plankton yang terendah di jumpai yakni zooplankton. Rata-rata nilai indeks keanekaragaman pada kedua jenis plankton ini mengalami peningkatan untuk Hulu dan Hilir daerah aliran sungai. Perbandingan selama periode pemantauan yang menunjukkan keanekaragaman tertinggi ditemukan pada tahun 2022 semester I bila dibandingkan dengan pemantauan tahun 2020, tahun 2021, tahun 2022 semester I dan pada tahun 2023 semester I. Berdasarkan kategori jenis fitoplankton yang berada pada kategori rendah ($H' < 1,0$) yaitu pada tahun 2020 dan tahun 2021. Berdasarkan dari kategorinya, jenis fitoplankton yang berada di kategori keanekaragaman sedang ($1,0 < H' < 3,0$) pada tahun 2022 semester I, tahun 2022 semester II, dan tahun 2023 semester I. Selanjutnya indeks keanekaragaman pada jenis zooplankton yang berada pada daerah Hulu dan Hilir aliran sungai berada di kategori keanekaragaman yang rendah ($H' < 1,0$) pada periode pemantauan tahun 2020, tahun 2021, tahun 2022 semester I, tahun 2022 semester II, dan tahun 2023 semester I.

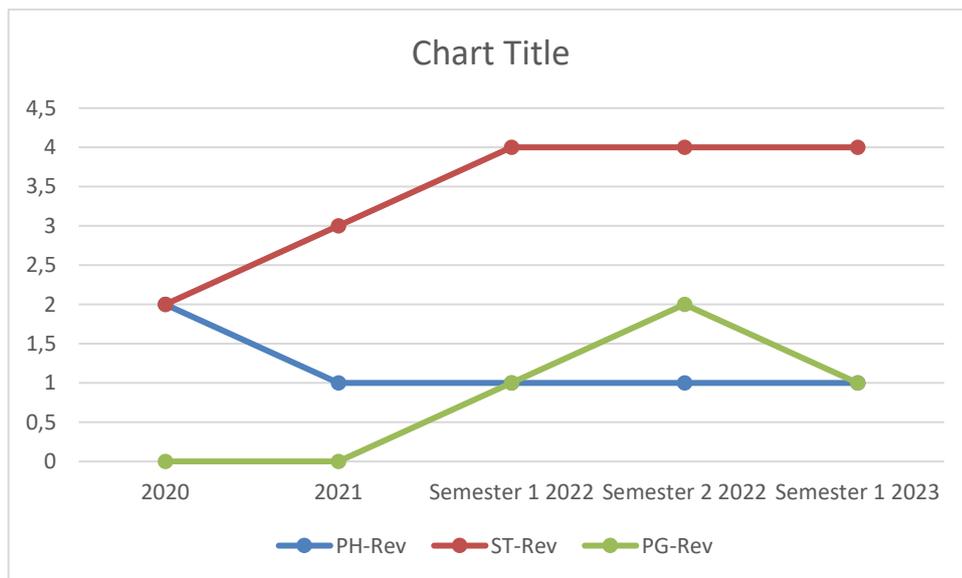
5.4 Ekosistem Mangrove

5.4.1 Evaluasi Jenis Vegetasi Mangrove

Jumlah jenis mangrove yang teridentifikasi pada pemantauan tahun 2023 Semester 1 menurun dibandingkan pada semester sebelumnya, yakni berkurang 1 jenis mangrove yang ditemukan pada salah satu area pemantauan yaitu area Rehabilitasi Pesisir Galangan dimana mangrove jenis *Sonneratia* sp. yang masih dalam habitus semai yang pada pemantauan sebelumnya dijumpai kini tidak dijumpai lagi pada pemantauan terbaru. Perbandingan jumlah spesies mangrove yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, Semester 1 2022, semester 2 2022, dan semester 1 2023 ditunjukkan pada Gambar 5.11 dan 5.12 berikut.



Gambar 5.11 Grafik perbandingan jumlah spesies pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022, dan 2023 di area Virgin Mangrove.



Gambar 5.12 Grafik perbandingan jumlah spesies pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022, 2023 di area Virgin Mangrove.

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa tidak ada penambahan jumlah species di seluruh area pemantauan. Namun terdapat pengurangan jumlah species di area rehabilitasi Pesisir Galangan, yaitu tidak ditemukannya mangrove jenis *Sonneratia sp.* yang masih dalam kategori habitus semai. kemungkinan besar ditemukannya spesies tersebut di area rehabilitasi Pesisir Galangan karena adanya pengaruh arus pasang surut air laut yang berpotensi menyebarkan semaian mangrove. Selain itu dapat dilihat pada area virgin Pesisir Galangan yang

didominasi oleh mangrove *Sonneratia sp.* serta dapat dikatakan mangrove jenis ini merupakan mangrove yang tumbuh alami di area Pesisir Galangan sehingga memungkinkan bahwa mangrove tersebut dapat tumbuhan di area rehabilitasi Pesisir Galangan sehingga dapat dijadikan saran untuk jenis yang dapat dijadikan untuk penanaman dalam kegiatan rehabilitasi. Adapun perbandingan jenis vegetasi mangrove yang masuk dalam area pemantauan pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, Semester I 2022, Semester II 2022, dan Semester I 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

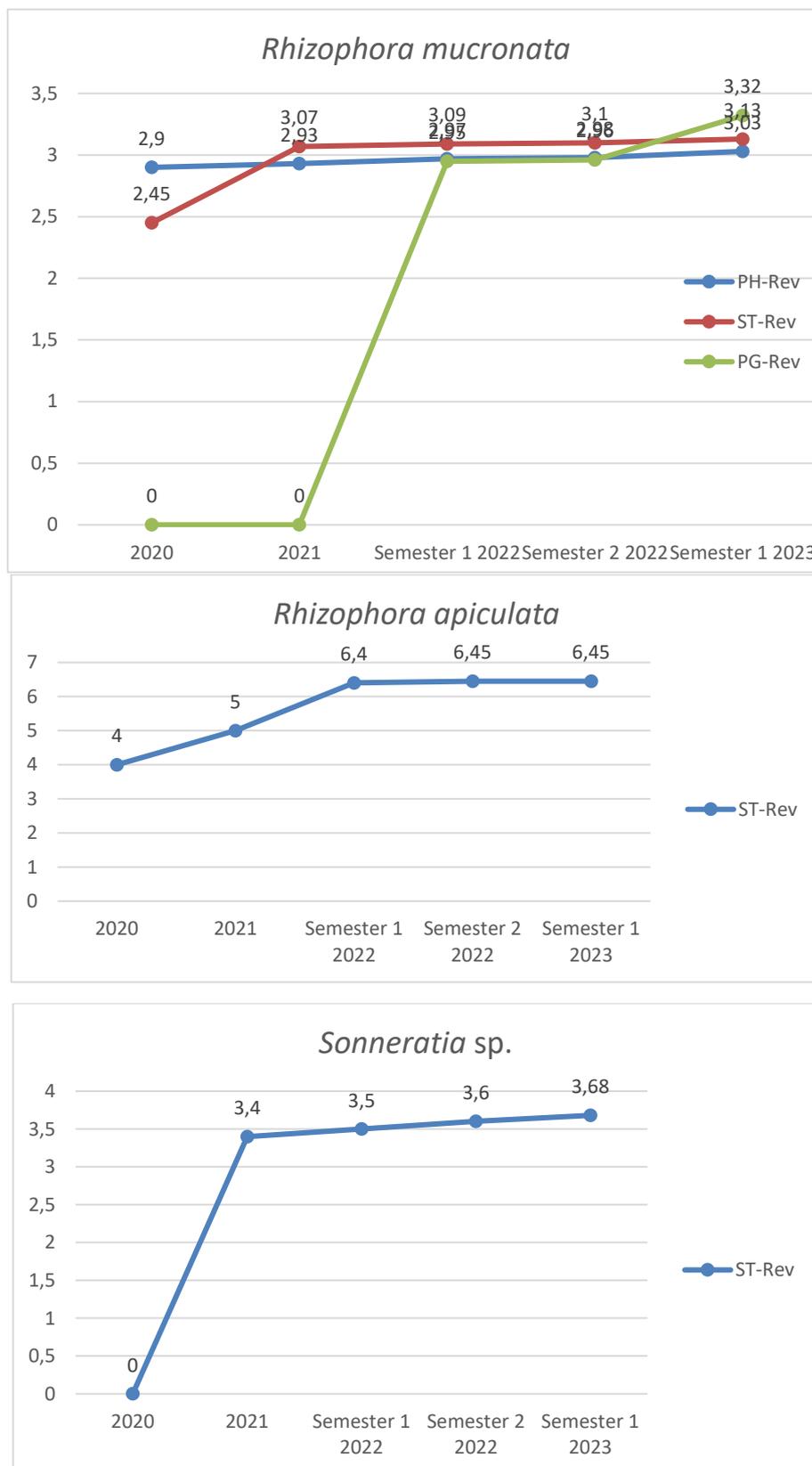
Tabel 5.1 Komposisi jenis mangrove pada keempat periode pemantauan.

No	Jenis	2020	2021	Sem I 2022	Sem II 2022	Sem I 2023
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
3	<i>Ceriops tagal</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<i>Sonneratia sp.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
5	<i>Avicennia alba</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
6	<i>Lumnitzera sp.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
7	<i>Lumnitzera littorea</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	<i>Bruguiera sp.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	<i>Nypa fruticans</i>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
JUMLAH		6	7	9	9	9

Sumber: Data pemantauan Mangrove tahun 2020, 2021, Sem 1 2022, Sem 2 2022 dan Sem 1 2023.

5.4.2 Evaluasi Tinggi Vegetasi Mangrove

Perbandingan tinggi vegetasi yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, Semester I 2022, Semester II 2022, dan Semester I 2023 di area rehabilitasi mangrove ditunjukkan pada Gambar 5.13 berikut.

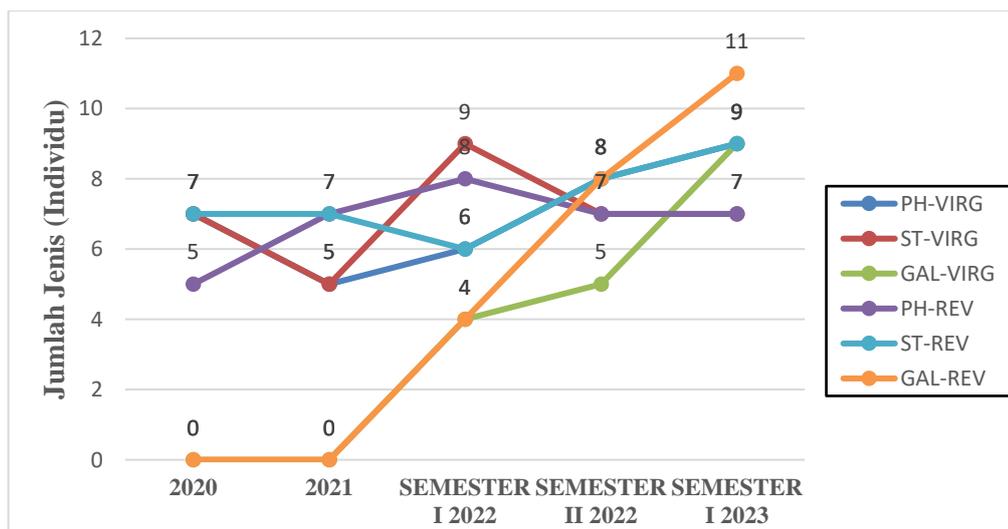


Gambar 5.13 Grafik perbandingan tinggi vegetasi mangrove yang memiliki nilai INP tertinggi pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, Semester I 2022, Semester II 2022, dan Semester I 2023 di area Rehabilitasi Mangrove.

Hasil analisis tinggi vegetasi mangrove pada ketiga jenis mangrove yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, dan *Sonneratia* sp. merupakan mangrove yang memiliki nilai INP tertinggi sama seperti pada pemantauan sebelumnya. Kenaikan rerata tinggi mangrove jenis *Rhizophora mucronata* pada ketiga area pemantauan yaitu untuk area rehabilitasi mangrove Pantai Harapan meningkat menjadi 3,03 m, Area rehablitasi mangrove Sitado meningkat menjadi 3,13 m dan area Pesisir Galangan meningkat menjadi 3,32 m. Kenaikan rerata tinggi mangrove jenis *Rhizophora apiculata* pada area rehabilitasi Sitado meningkat menjadi 6,45 m sedangkan mangrove jenis *Sonneratia* sp. yang ditemukan di area Sitado meningkat menjadi 3,68. Rerata pertumbuhan tinggi mangrove untuk masing-masing area pemantauan tidak memiliki perubahan ketinggian yang signifikan yaitu masih dalam kisaran penambahan 0,01-0,1 m dan masih sama pada pemantauan sebelumnya. Sedangkan pada jenis mangrove yang berada pada area rehabilitasi mangrove Sitado tidak ada perubahan rerata tinggi mangrove.

5.4.3 Evaluasi Jenis Bentos Mangrove

Perbandingan jumlah jenis bentos mangrove yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 ditunjukkan pada Gambar 5.14 berikut:



Gambar 5.14 Grafik perbandingan jumlah jenis bentos pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 (Semester I dan I) dan 2023 (Semester I) di area Virgin dan Rehabilitasi Mangrove.

Area Pantai Harapan dan Sitado merupakan lokasi pemantauan makrozoobentos yang telah dilakukan sejak tahun 2020 hingga sekarang, sedangkan area Galangan merupakan pemantauan yang baru dilaksanakan di semester I tahun 2022. Hasil pemantauan makrozoobentos pada ketiga periode pemantauan sejak tahun 2020 hingga 2023 sebagian besar menunjukkan adanya penambahan jumlah jenis. Jumlah jenis bentos yang ditemukan pada tiap lokasi pemantauan memiliki jumlah jenis yang relatif berbeda jika dibandingkan dengan periode pemantauannya. Hal ini tergantung dari kondisi habitat dan kesediaan makanan bagi bentos itu sendiri. Pada pemantauan makrozoobentos Semester I tahun 2023, area virgin Pantai Harapan memiliki komposisi jenis makrozoobentos tertinggi dibandingkan dengan area virgin lainnya, yaitu sebanyak 9 jenis makrozoobentos. Sementara itu, komposisi jenis bentos tertinggi di area rehabilitasi yaitu di Sitado dan Pesisir Galangan. Komposisi jenis bentos berdasarkan periode pemantauannya dapat dilihat pada Tabel 5.2. berikut

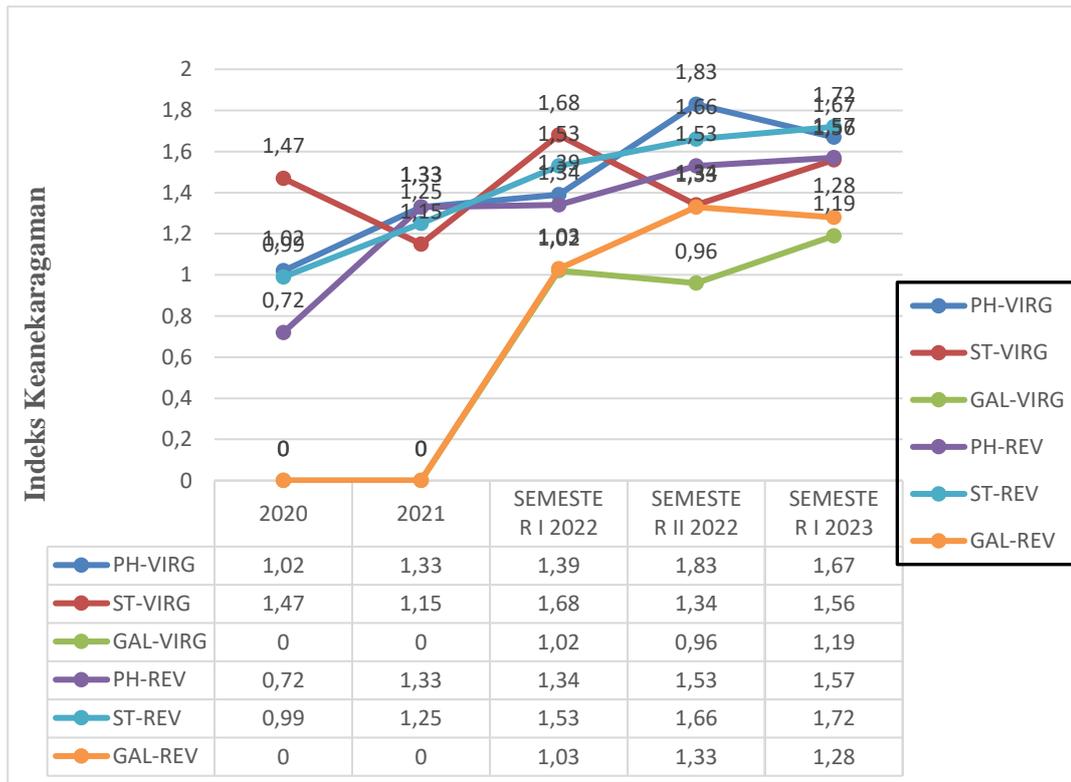
Tabel 5.2 Komposisi jenis bentos berdasarkan periode pemantauannya.

No	Species	Periode Pemantauan				
		2020	2021	Semester I 2022	Semester II 2022	Semester I 2023
1	<i>Anadara</i> sp.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<i>Alpheus</i> sp.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	<i>Aratus</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<i>Chicoreus capucinus</i>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	<i>Clipeomorus</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	<i>Cloridopsis scorpio</i>			①② <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<i>Euchelus</i> sp.			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	<i>Gafrarium</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	<i>Isognomon</i> sp.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	<i>Littorina melanostoma</i>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	<i>Littorina scabra</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	<i>Nerita costata</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	<i>Pagurus</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	<i>Polymesoda</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<i>Saccostrea</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	<i>Scylla</i> sp.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	<i>Telescopium</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	<i>Terebralia</i> sp.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

19	<i>Terebralia sulcata</i>	☑	☑	☑	☑	☑
20	<i>Pitar manillae</i>	☑				
21	<i>Sphaerassiminea miniata</i>	☑				
JUMLAH		13	9	15	15	16

Sumber: Data Pemantauan Benthos Tahun 2020, 2021, dan 2023 Semester I

Perbandingan nilai indeks keanekaragaman bentos mangrove yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, dan 2022 ditunjukkan pada Gambar 5.15 berikut:



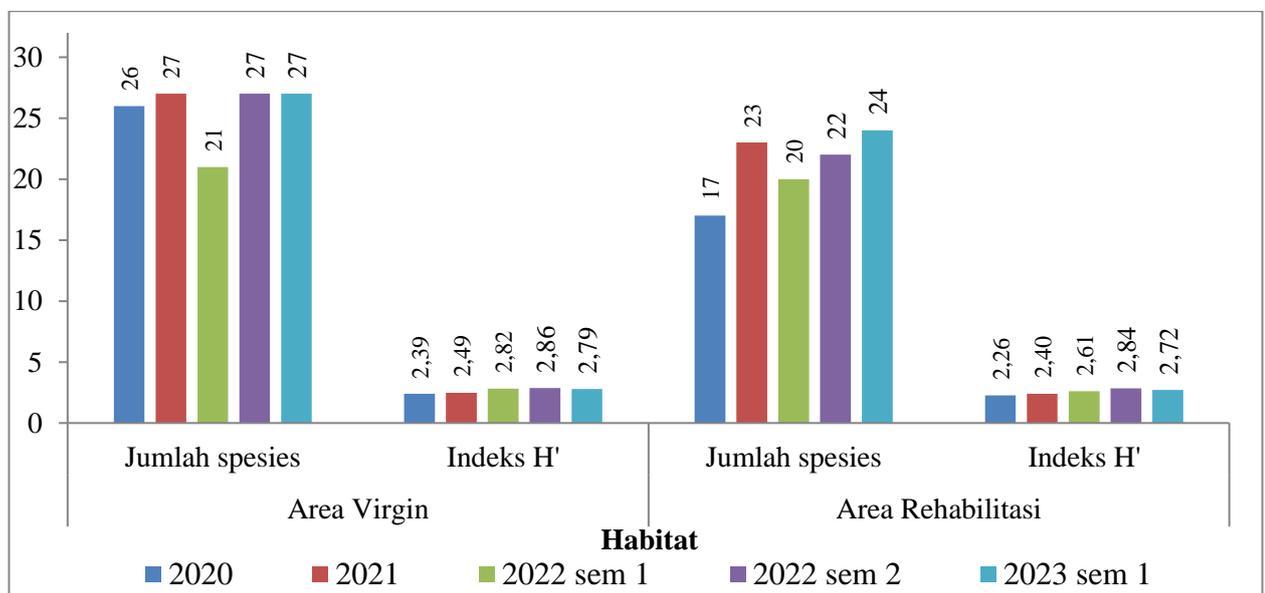
Gambar 5.15 Grafik perbandingan indeks keanekaragaman bentos pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 (Semester I) di area Virgin dan Rehabilitasi Mangrove.

Hasil analisis indeks keanekaragaman pada masing-masing area pemantauan sejak tahun 2020 sampai 2023 Semester I menunjukkan pertambahan nilai indeks. Berdasarkan kategori indeks keanekaragaman, periode pemantauan tahun 2020 masih berada pada keanekaragaman rendah ($H' < 1,0$). Keanekaragaman rendah menunjukkan bahwa lokasi pemantauan memiliki tingkat produktivitas yang rendah akibat kondisi ekosistem yang tidak stabil. Kategori indeks keanekaragaman makrozoobentos pada seluruh area pemantauan di tahun

2022-2023 Semester I sudah berada pada keanekaragaman sedang ($1,0 < H' < 3,0$). Keanekaragaman sedang menunjukkan bahwa tingkat produktivitas bentos pada seluruh lokasi pemantauan masih berada pada batas normal, kondisi ekosistem yang masih seimbang dan tekanan ekologi untuk produktivitas bentos masih normal. Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman yang diperoleh di tiap-tiap lokasi pemantauan pada periode 2023 Semester I, makrozoobentos pada area Sitado memiliki nilai indeks keanekaragaman tertinggi di antara area rehabilitasi lainnya, yaitu sebesar 1,72. Hal ini dapat ditinjau dari jumlah jenis makrozoobentos yang ditemukan pada lokasi tersebut. Sementara, untuk area virgin, Pantai Harapan memiliki indeks tertinggi di antara rehabilitasi lainnya, yaitu sebesar 1,67.

5.4.4 Evaluasi Jumlah Jenis dan Keanekaragaman Fauna Burung Mangrove

Perbandingan jumlah spesies dan indeks keanekaragaman fauna burung di kawasan mangrove pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 semester 1 dapat dilihat pada Gambar 5.16 dan Gambar 5.17. Penggolongan habitat tersebut dibagi menjadi dua, yaitu area virgin dan area rehabilitasi yang mencakup dua kawasan, baik Pantai Harapan, Sitado, maupun Pesisir Gaangan.



Gambar 5.16 Grafik evaluasi perbandingan jumlah spesies fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga 2023 semester 1 di kawasan mangrove.

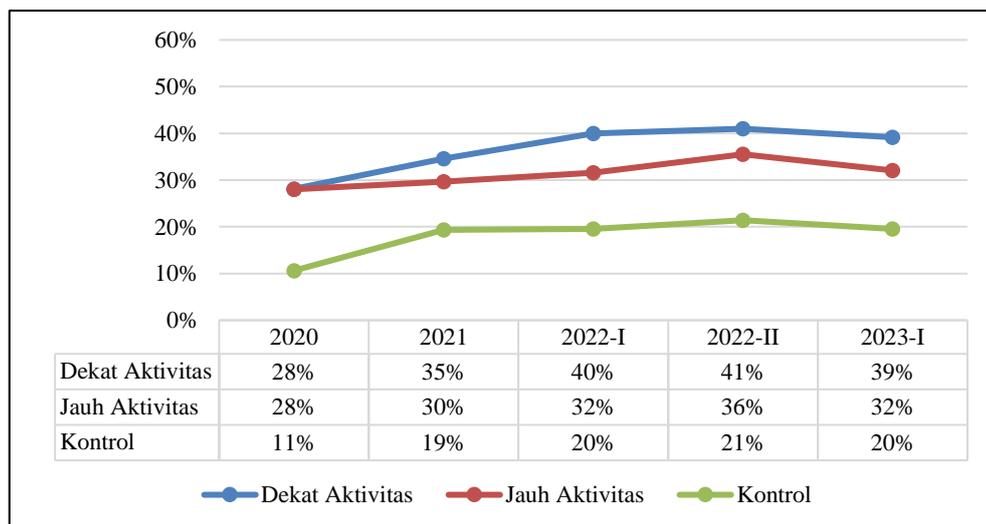
Berdasarkan histogram tersebut dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan jumlah spesies yang diperoleh di area rehabilitasi dibandingkan dengan periode

sebelumnya. Sementara indeks keanekaragaman pada kedua wilayah menunjukkan penurunan. Penurunan indeks keanekaragaman dapat terjadi karena beberapa faktor, baik kondisi lingkungan, sumber pakan, mangsa ataupun predator, dan lain-lain.

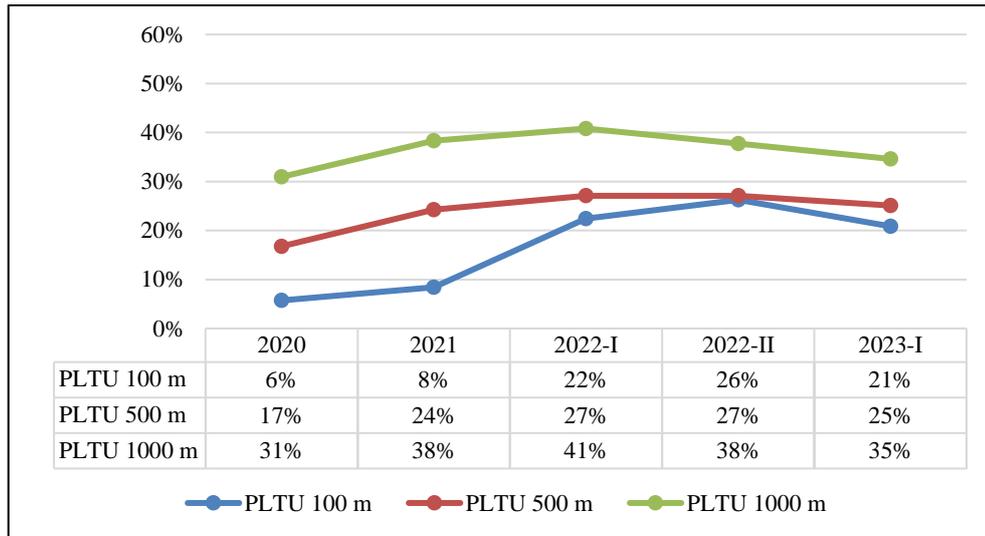
5.5 Biota Laut

5.5.1 Evaluasi Perbandingan Substrat Karang

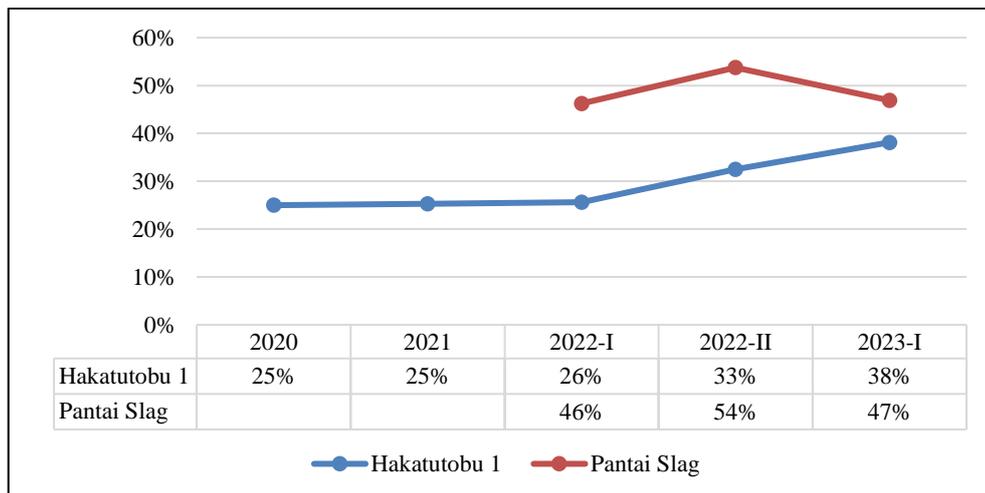
Evaluasi kondisi terumbu karang di seluruh area pemantauan dinilai berdasarkan perkembangan tutupan karang hidupnya dengan melihat data series dari tahun 2020 hingga periode pemantauan 2023 semester I. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa terjadi penurunan tutupan karang keras di seluruh area pemantauan. Penurunan kondisi terumbu karang pada periode pemantauan 2023 semester I tidak lepas dari dampak cuaca buruk pada semester sebelumnya yang menyebabkan beberapa stasiun tertabrak kapal tongkang. Ditambah lagi dengan faktor penangkapan ikan tidak ramah lingkungan seperti bom masih dijumpai dengan adanya kawah baru yang dijumpai pada semester ini. Sehingga dapat dikatakan bahwa cuaca dan kebiasaan masyarakat yang merusak karang merupakan faktor utama yang menyebabkan terumbu karang di perairan pomala rentan terhadap kerusakan. Adapun grafiknya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.17 Data evaluasi tutupan karang area pemantauan Aktivitas Antam dan Kontrol.



Gambar 5.18 Data evaluasi tutupan karang pemantauan PLTU.



Gambar 5.19 Data evaluasi tutupan karang area Rehabilitasi.

Rendahnya tutupan karang hidup pada lokasi ini diakibatkan oleh tingginya tutupan substrat *Sand* (SD). Selain itu, tutupan karang mati seperti (RC) 22% dan (RB) 11% juga menambah persentase tutupan substrat *death cover* pada stasiun ini. Sedangkan kondisi terumbu karang di lokasi pemantauan Pantau Slag mengalami peningkatan dengan adanya kegiatan sehabilitasi.

Lokasi pemantauan pada area Rehabilitasi dipindahkan sejak periode pemantauan semester 1 tahun 2022. Selain area Rehabilitasi Dalam Keramba (Hakatutobu 1), area Rehabilitasi Pantai Slag saat ini menjadi stasiun pemantauan untuk area sehabilitasi. Lokasi pemantauan Hakatutobu 1 merupakan lokasi pemantauan dengan luasan kurang lebih 10000 m². Lokasi tersebut dibatasi

dengan menggunakan batuan karang yang telah mati kemudian disusun membentuk menyerupai tanggul.

Kondisi terumbu karang Pantai slag pada periode pemantauan semester I tergolong Sedang dengan persentase (HC) 45%. Sedangkan pada periode pemantauan semester II, kondisi tutupan karang (HC) meningkat menjadi 54% dengan kategori Baik. Meski mikian substrat Rublle (RB) pada lokasi pemantauan Pantai Slag masih merupakan substrat dead cover yang mendominasi dengan persentase sebesar 19%. Tingginya substrat Rublle (RB) pada lokasi pemantauan Pantai Slag juga mengindikasi bahwa lokasi ini pernah mengalami gangguan antropogenik. Namun dengan program rehabilitasi, stasiun pemantauan Hakatutobu 1 dan Pantai Slag diharapkan dapat menjadi object percontohan bagi Kawasan lainnya. Sehingga program rehabilitasi pada stasiun lainnya juga dapat dilaksanakan secara bertahap.

Substrat *Sponge* (SP) merupakan salah satu bioindikator pencemaran yang dapat mengindikasi bahwa suatu lokasi limbah domestik yang mengandung nutrient dan bakteri (Hadi, 2018). Adapun jenis sponge dengan ukuran besar yang dijumpai di lokasi pemantauan Pomala 1 adalah *Xestospongia testudinaria* (Gambar 20).

Letak stasiun yang jauh dari daratan menjadi salah satu faktor tingginya gangguan antropogenik pada lokasi tersebut. Adanya gangguan dari nelayan setempat ditandai dengan putusnya atau bahkan hilangnya tali transek permanen yang menjadi penanda.



Gambar 5.20 *Sponge* (SP) ukuran besar jenis *Xestospongia testudinaria* yang dijumpai di lokasi pemantauan Pomala 1.

Adanya tutupan algae pada terumbu karang umumnya mengindikasikan adanya introduksi nutrient dari daratan utama yang berada di sekitarnya. Gambaran lokasi dengan tutupan *Nutrient Indicator Algae* (NIA) jenis *Padina sp* dapat dilihat pada (Gambar 21).



Gambar 5.21 Tutupan substrat *Nutrient Indicator Algae* (NIA) jenis *Padina sp* pada stasiun pemantauan Maniang 1.

Tutupan karang mati seperti substrat *rubble* (RB) dan *rock* (RC) pada area pemantauan Jauh Aktivitas Antam memiliki tutupan yang lebih tinggi dengan persentase *rubble* (RB) 24% dan *rock* (RC) 20% dibandingkan dengan area pemantauan Dekat Aktivitas Antam dan Kontrol (Gambar 17). Substrat *rubble* (RB) terdiri atas pecahan-pecahan karang mati yang diakibatkan oleh faktor alami seperti ombak dan arus keras, serta faktor antropogenik yang dapat berupa tabrakan kapal, bekas jangkar dan bom ikan. Sedangkan *rock* (RC) merupakan karang massif yang telah mati dan tidak lagi memiliki septa dan kosta.

Secara umum, kerusakan karang akibat faktor antropogenik ditemukan hampir diseluruh lokasi pemantauan. Dampak kerusakan akibat penangkapan ikan menggunakan bom dapat ditandai dengan adanya kawah akibat letusan bom (Gambar 4.45). Kerusakan terumbu karang akibat penangkapan ikan tidak ramah lingkungan menjadi faktor utama yang menyebabkan tutupan karang pada area pemantauan Jauh Aktivitas Antam lebih rendah dibandingkan dengan area pemantauan Dekat Aktivitas Antam. Ilham dkk, (2017) menjelaskan bahwa aktivitas penangkapan ikan menggunakan bom merupakan faktor utama yang mempengaruhi tutupan karang keras di ekosistem terumbu karang.

Sponge (SP) merupakan substrat *living cover* yang paling dominan di seluruh area pemantauan PLTU setelah substrat *Hard Coral* (HC) dimana tutupan *Sponge* (SP) di area pemantauan 100 meter memiliki persentase sebesar 17%, area pemantauan 500 meter lebih rendah dibandingkan area lainnya yakni 6% dan 1000 meter memiliki tutupan *Sponge* (SP) sebesar 7%. Tutupan substrat *Sponge* (SP) juga dapat dilihat secara spesifik pada masing-masing lokasi pemantauan yang ada di area PLTU pada histogram (Gambar 5.18).

Tingginya tutupan substrat *rubble* (RB) mengindikasikan bahwa area pemantauan PLTU juga tidak lepas dari gangguan antropogenik berupa penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan seperti bom dan bius. Berdasarkan pengamatan dilapangan, seluruh lokasi pemantauan masih mengalami gangguan yang ditandai dengan putusnya transek permanen atau bahkan hilang.

Secara umum, dampak tutupan lumpur terlihat hampir di seluruh pemantauan PLTU dan lokasi pemantauan lainnya yang jaraknya berdekatan dengan daratan utama. Hal tersebut menyebabkan lokasi pemantauan lebih gampang keruh, dibandingkan dengan beberapa lokasi pemantauan yang tidak memiliki tutupan lumpur (SI) seperti Watu Kilat 2, Maniang Leppe 1, Maniang Leppe 2, dan Maniang 2.

Berdasarkan pengamatan dilapangan, beberapa lokasi pemantauan telah mengalami *recovery* atau pemulihan secara alami. Kondisi tersebut ditandai dengan dijumpainya *juvenile* atau anakan karang di bawah bentangan transek dan sekitarnya. Secara umum, masing-masing lokasi memiliki karakteristik dan kemampuan untuk *recovery* yang berbeda-beda.

Pemulihan terumbu karang pada suatu lokasi dapat terjadi apabila area tersebut tidak mengalami gangguan, terutama faktor eksternal yang bersifat destruktif seperti bom ikan. Selain itu, dibutuhkan substrat yang stabil agar *juvenile* karang dapat melekat dengan baik. Beberapa lokasi yang memiliki kemampuan *recovery* dengan baik dapat dijumpai pada stasiun Watu Kilat 1 dan Tg Leppe 2. Kondisi ini ditandai dengan banyaknya karang dengan koloni kecil yang dijumpai.



Gambar 5.22 Pertumbuhan anakan karang yang dijumpai pada lokasi pemantauan Tg. Leppe 1.



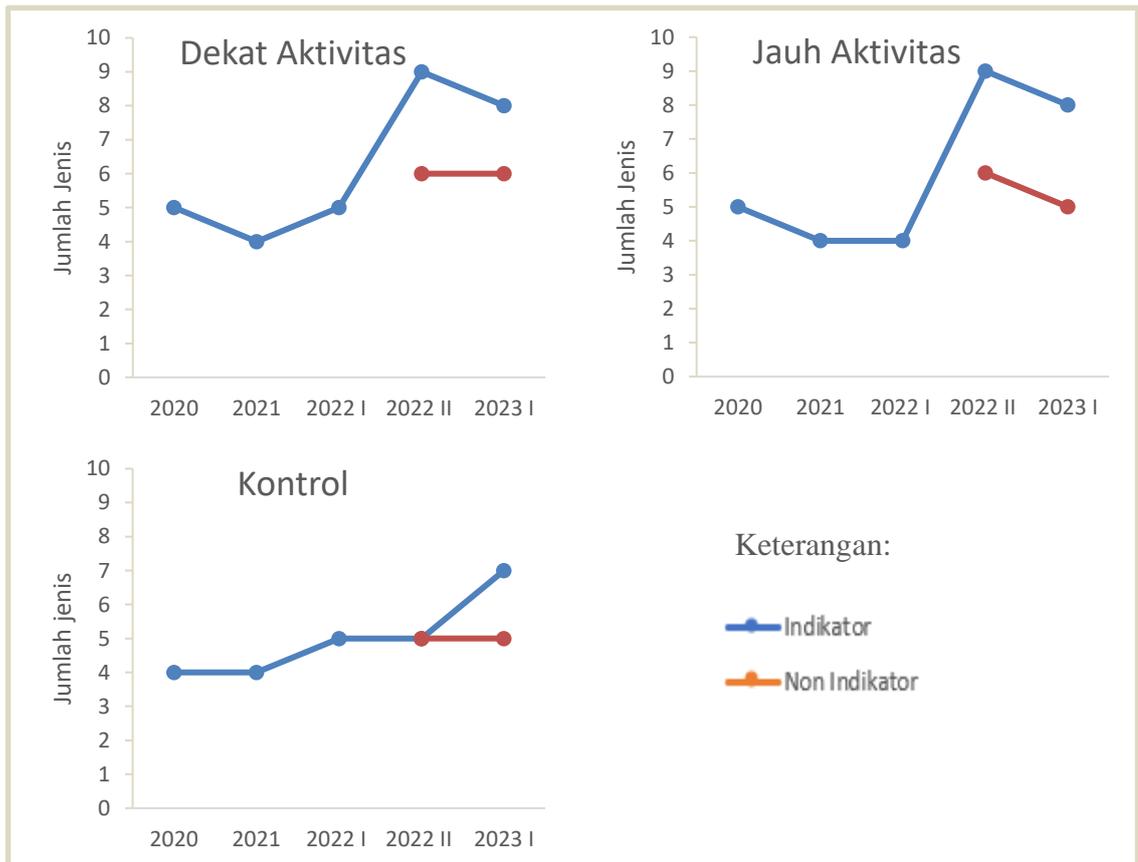
Gambar 5.23 Pertumbuhan anakan karang yang dijumpai pada lokasi pemantauan Wt Kilat 1.

Meski demikian, secara spesifik di beberapa lokasi pemantauan mengalami penurunan tutupan karang hidup akibat gangguan, misalnya pada AL 4 yang tertabrak kapal tongkang. Selain itu beberapa transek permanen yang dipasang Kembali pada periode pemantauan sebelumnya, tidak lagi dijumpai pada semester ini. Adapun jalur transek di masing-masing stasiun masih sesuai dengan titik lokasi pemantauan yang telah ditentukan karena patok penanda awal transek masih dapat ditemukan.

5.5.2 Evaluasi Perbandingan Spesies Invertebrata

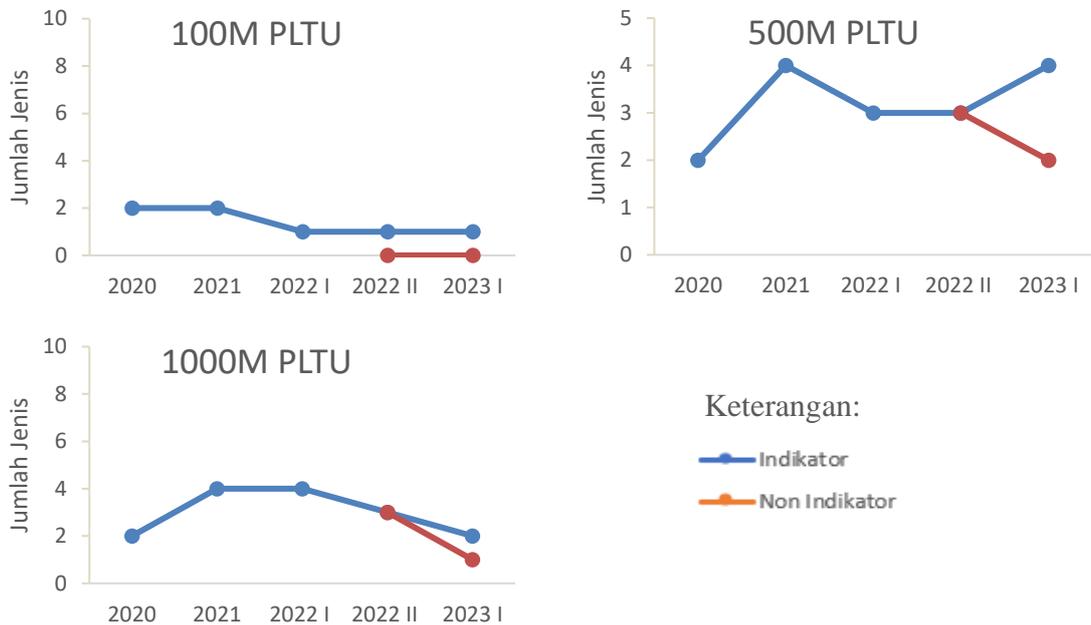
Data evaluasi penjumpaan jenis-jenis invertebrata disajikan untuk memaparkan kondisi keberadaan jenis-jenis invertebrata di beberapa area perairan laut sekitar PT. Antam UBPN Kolaka dalam rentang periode lima kali pemantauan dari tahun 2020 hingga tahun 2023 semester pertama. Sejak pemantauan tahun 2022 Semester II, data evaluasi invertebrata juga menampilkan jumlah jenis-jenis invertebrata non indikator yang dijumpai. Kemudian perbedaan

selanjutnya juga terdapat pada rekaman data jumlah jenis dimana pencatatan jumlah jenis pada pemantauan sebelumnya hanya terbatas pada kategori tabel *reef check*. Sebagai ilustrasi, Kima *Tridacna squamosa* dan *T. crusea* pada tabel *reef check* dihitung sebagai satu jenis *Giant clam* bukan sebagai dua jenis secara taksonomis. Hal ini bertujuan untuk memperkaya rekaman data jenis invertebrata di area pemantauan.



Gambar 5.24 Histogram perbandingan jumlah jenis invertebrata indikator di area sekitar aktivitas Antam pada tahun 2020, 2021, Semester I 2022, dan Semester II 2022.

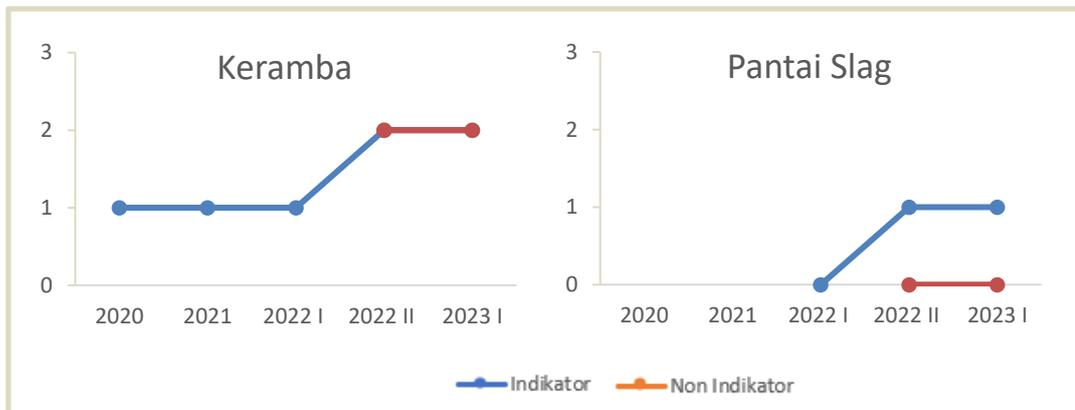
Berdasarkan data hasil pemantauan selama lima periode pemantauan dari tahun 2020 hingga tahun 2023 Semester I, terdapat tren peningkatan pada data jumlah jenis invertebrata indikator *reef check* terutama pada area pemantauan Dekat dan Jauh Aktivitas seperti disajikan pada Gambar 5.24. Jumlah jenis tertinggi pada masing masing area pemantauan dijumpai pada pemantauan tahun 2022 Semester II. Sementara itu, jumlah jenis invertebrata non indikator menunjukan nilai yang cenderung sama dari periode pemantauan sebelumnya.



Gambar 5.25 Histogram Perbandingan Jumlah Jenis Invertebrata di Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada Tahun 2020, 2021, Semester I 2022 dan Semester II 2022.

Berdasarkan hasil pemantauan dari tahun 2020 hingga tahun 2023 Semester I seperti disajikan pada Gambar 5.25, jumlah jenis invertebrata indikator *reef check* pada area pemantauan di perairan sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menunjukkan nilai yang cenderung menurun kecuali pada area 500M PLTU, yang menunjukkan tren peningkatan. Nilai penjumpaan jenis invertebrata indikator paling banyak dijumpai pada tahun 2021 pada ketiga titik pemantauan dan tahun 2023 semester 1 pada titik pemantauan 500M. Sementara itu, data invertebrata non indikator *reef check* di ketiga area menunjukkan kecenderungan menunjukkan tren cenderung berkurang dari pemantauan sebelumnya.

Jumlah penjumpaan jenis invertebrata indikator di area pemantauan yang berjarak 100 meter dari PLTU cenderung masih menunjukkan jumlah yang sama dengan hasil pemantauan periode sebelumnya (2022 Semester II). Setelah mencapai jumlah maksimal pada tahun 2021, penjumpaan jenis pada area 100M berkurang kemudian konstan hingga periode pemantauan 2023 Semester I.



Gambar 5.26 Histogram Perbandingan Jumlah Jenis Indikator di Area Rehabilitasi pada Tahun 2020, 2021, Semester II 2022 dan Semester II 2022.

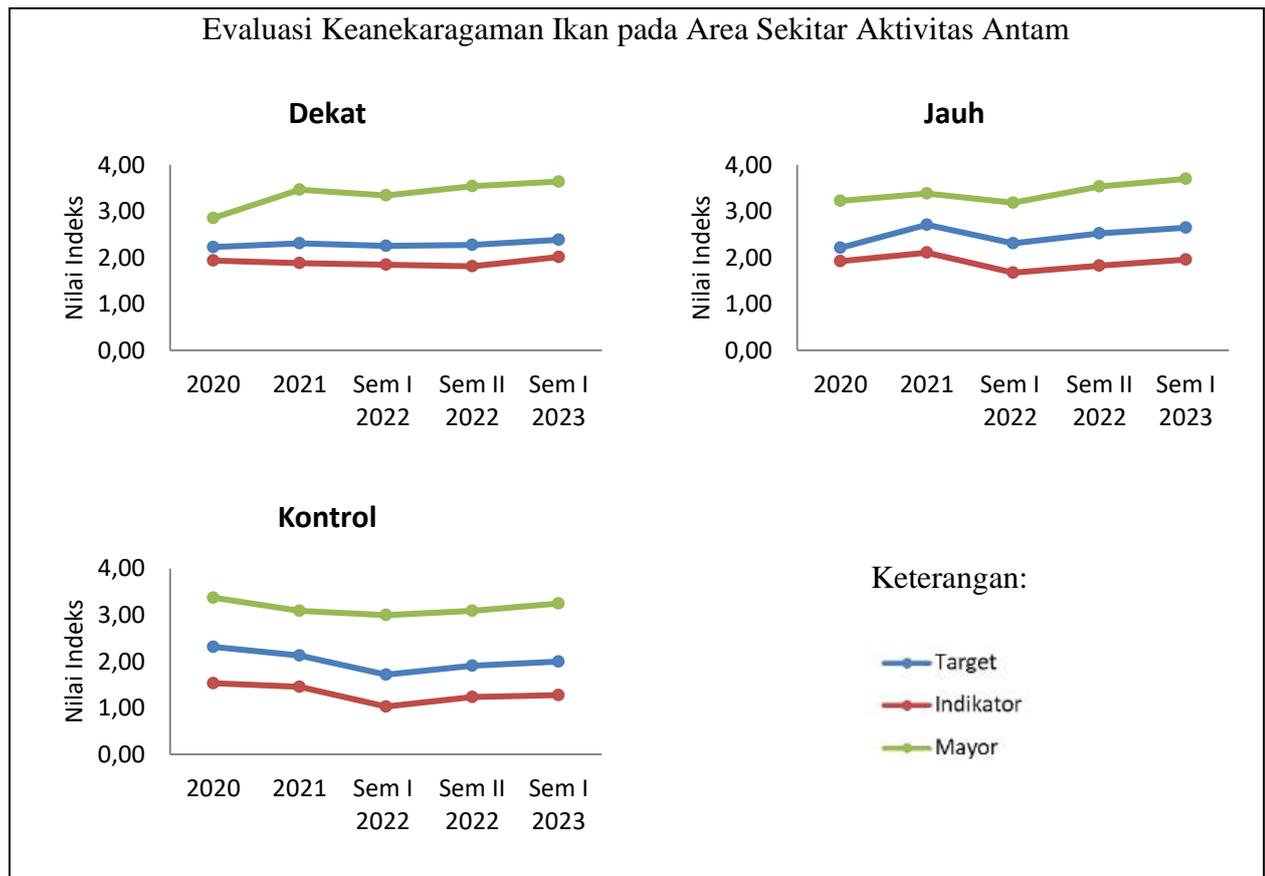
Seperti yang telah disajikan pada gambar 5.26, jumlah jenis invertebrata indikator *reef check* pada area rehabilitasi secara umum menunjukkan adanya pola tren grafik yang sama. Dimana pada area rehabilitasi bagian dalam (kerambah), dijumpai sebanyak satu jenis invertebrata indikator *reef check* di tahun 2020 hingga tahun 2022 I. Kemudian meningkat pada periode pemantauan berikutnya (2022 II) dan tidak mengalami perubahan jumlah hingga tahun 2023 I. Sementara itu, untuk invertebrata non indikator *reef check*, jumlahnya tetap sama dengan tahun sebelumnya.

5.5.3 Evaluasi Perbandingan Keanekaragaman dan Kelimpahan Ikan Karang

Ikan Karang adalah ikan yang tinggal di dalam atau berdekatan dengan terumbu karang. Ratusan spesies dapat ada di tempat kecil dari sebuah karang sehat, beberapa diantaranya bersembunyi atau bahkan berkamuflase. Ikan karang mengembangkan beberapa spesialisasi adaptasi untuk bertahan hidup di karang. Kehadiran atau ketidakhadiran jenis-jenis ikan adalah petunjuk yang akurat dalam kasus-kasus tertentu (misal pencemaran dan ketiadaan makanan), karena kemampuan ikan dapat berpindah-pindah, ikan dapat keluar dari wilayah tetap untuk memilih habitat-habitat dengan keadaan yang lebih menguntungkan. Lahan terumbu karang dengan kekeruhan yang kronis akan berpengaruh terhadap kehidupan ikan karang, dengan kondisi vegetasi dan keragaman jenis karang yang rendah dapat berpengaruh terhadap komposisi jenis ikan yang hadir. Perubahan-

perubahan dalam keanekaragaman dan kelimpahan ikan karang dapat menjadi petunjuk ada gangguan pada habitat dan rantai makanan serta adanya faktor lain.

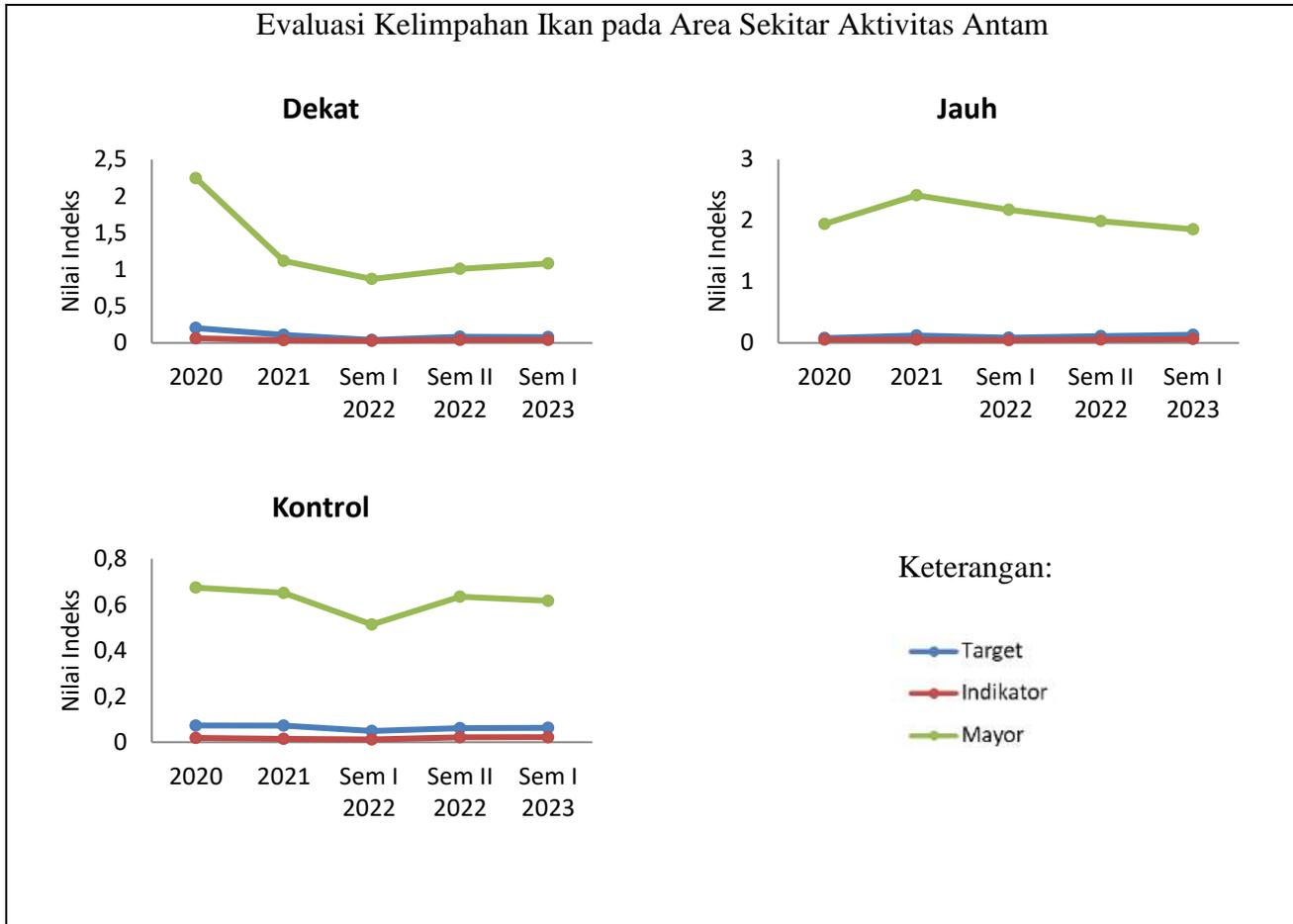
Berdasarkan survei pemantauan ikan karang yang dilakukan di PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023 diperoleh hasil keanekaragaman dan kelimpahan ikan sebagai data untuk mengevaluasi kondisi ikan di wilayah perusahaan.



Gambar 5.27 Grafik evaluasi keanekaragaman ikan disekitar aktivitas Antam tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.

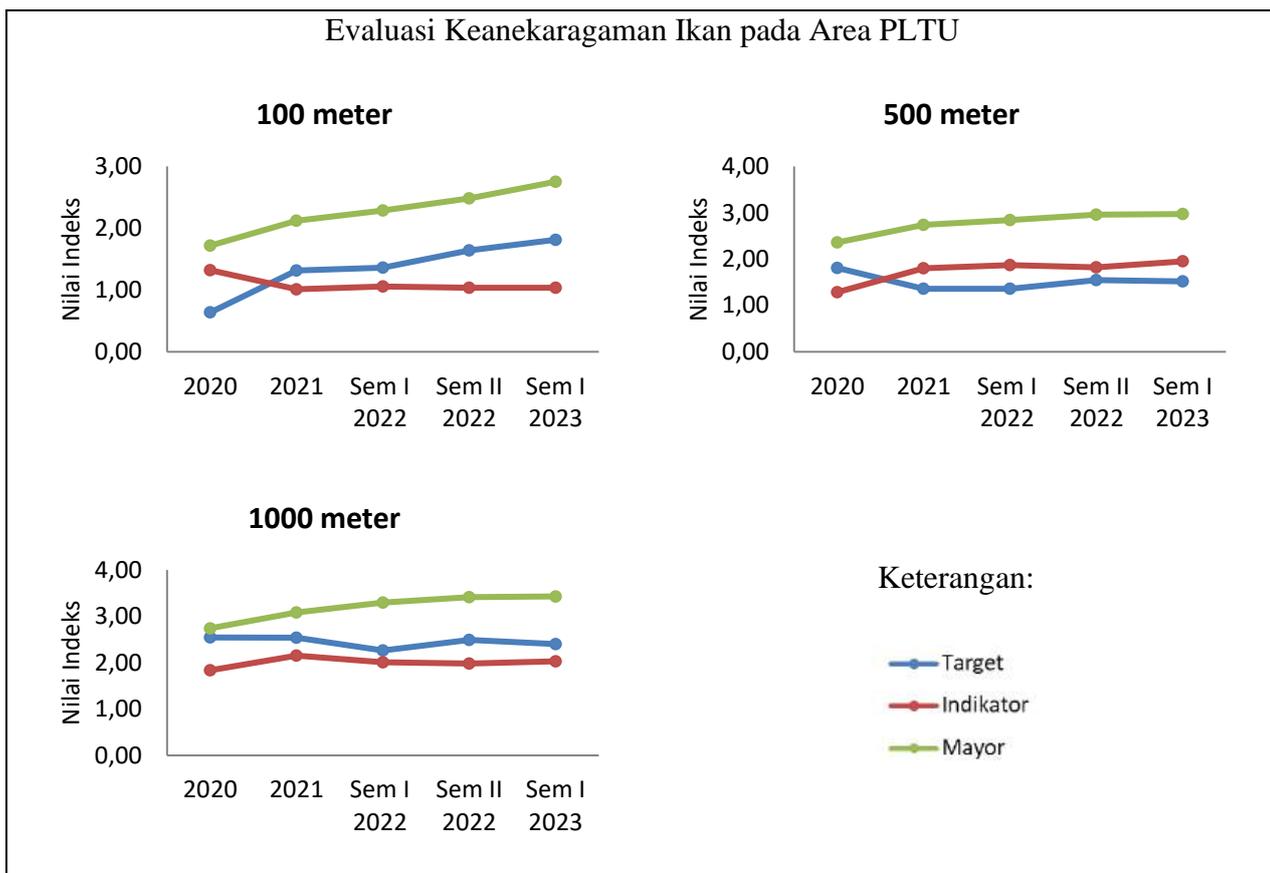
Hasil perbandingan data keanekaragaman dan kelimpahan ikan disekitar aktivitas Antam pada tahun 2020 hingga semester I tahun 2023 ditunjukkan pada Gambar 5.27. Berdasarkan grafik tersebut keanekaragaman ikan disekitar aktivitas Antam mengalami perubahan pada tiap periode pemantaun, pada area dekat aktivitas Antam kategori ikan mayor, ikan indikator, dan ikan target menunjukkan nilai keanekaragaman yang semakin membaik pada semster I tahun 2023. Pada area jauh dari aktivitas Antam dan area kontrol juga menunjukkan nilai

keanekaragaman yang semakin membaik pada semester I tahun 2023, meskipun pada semester I tahun 2022 mengalami penurunan. Kondisi tersebut dialami pada semua kategori ikan yaitu ikan mayor, ikan indikator, dan ikan target.



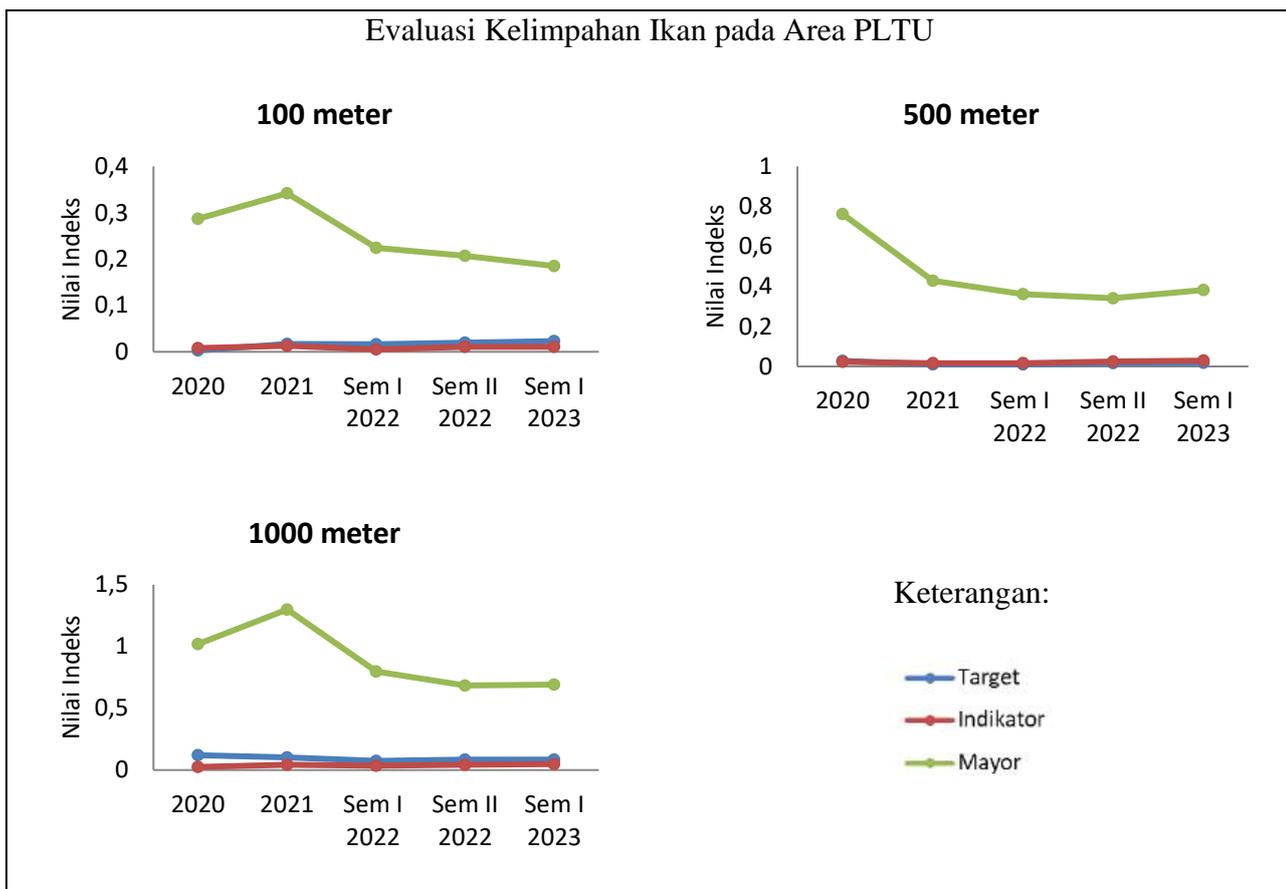
Gambar 5.28 Grafik evaluasi kelimpahan ikan disekitar aktivitas Antam pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.

Nilai kelimpahan ikan juga mengalami perubahan pada area dekat, jauh, dan kontrol dari aktivitas Antam. Area dekat aktivitas Antam dan area kontrol mengalami penurunan kelimpahan dari tahun 2020 hingga semester I tahun 2022, kemudian mengalami kenaikan kembali hingga semester I tahun 2023. Sementara untuk area jauh aktivitas Antam mengalami kenaikan pada tahun 2021 dan turun hingga semester I tahun 2023 untuk kategori ikan mayor., kecuali untuk kategori ikan indikator yang mengalami penurunan hingga tahun 2022 kemudian naik hingga semester I tahun 2023.



Gambar 5.29 Grafik evaluasi keanekaragaman ikan pada area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.

Hasil perbandingan nilai keanekaragaman ikan diarea Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020 hingga semester I tahun 2023 ditunjukkan pada Gambar 5.29. Berdasarkan grafik tersebut keanekaragaman ikan diarea PLTU 100m menunjukkan grafik yang semakin baik (naik) untuk kategori ikan mayor dan ikan target, sementara ikan indikator mengalami penurunan nilai keanekaragaman pada tahun 2021. Pada area PLTU 500m menunjukkan kenaikan pada tahun 2022 meskipun untuk kategori ikan indikator yang mengalami penurunan nilai keanekaragaman pada tahun 2021. Sementara pada area PLTU 1000m mengalami kenaikan hingga tahun 2021 namun untuk kategori ikan target dan ikan indikator mengalami penurunan nilai keanekaragaman pada tahun 2022.



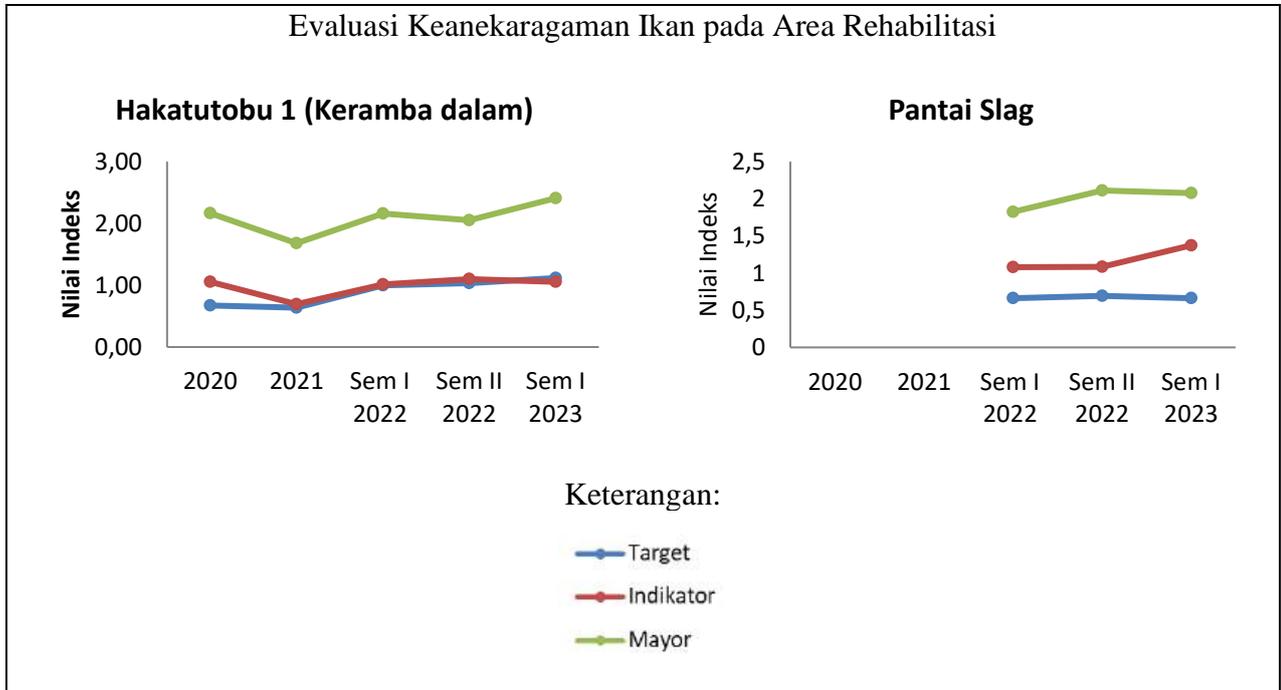
Gambar 5.30 Grafik evaluasi kelimpahan ikan diarea Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.

Nilai kelimpahan ikan juga mengalami perubahan pada area PLTU baik pada jarak 100m, 500m, dan 1000m. Kategori ikan target dan indikator tidak mengalami perubahan yang signifikan pada semua lokasi sekitar PLTU. Sementara kategori ikan mayor mengalami penurunan kelimpahan yang lebih banyak pada tahun 2022 jika dibandingkan kategori lainnya pada semua lokasi sekitar PLTU.

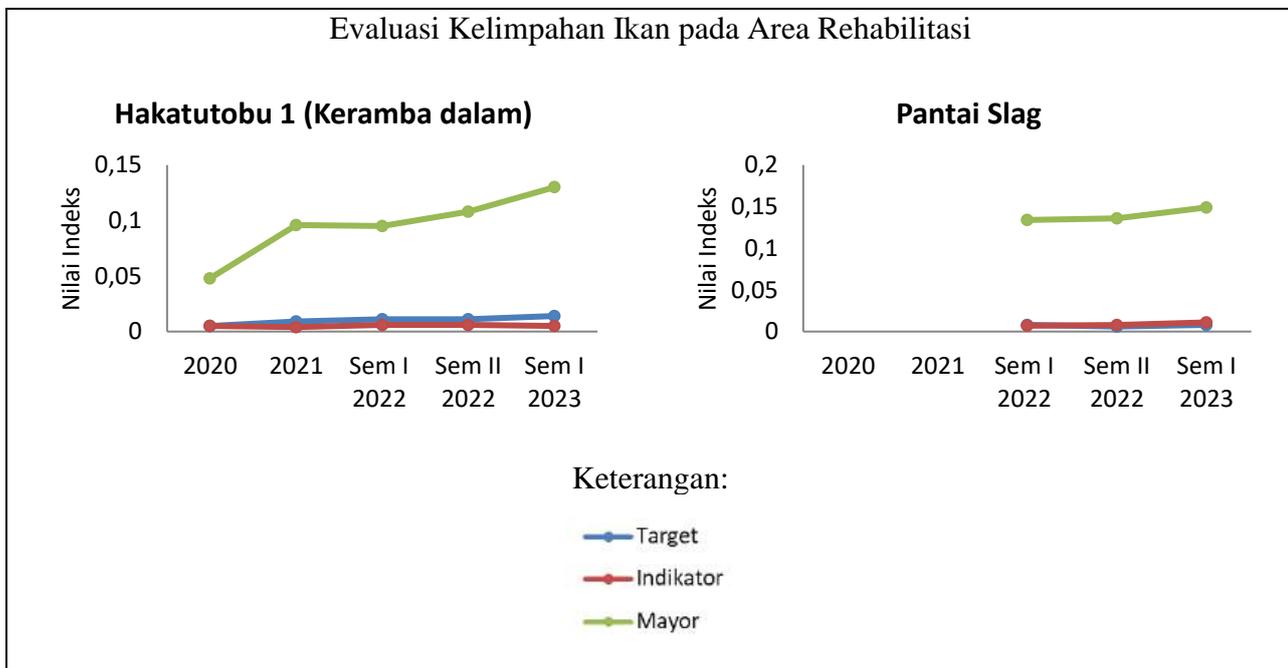
Hasil perbandingan data keanekaragaman dan kelimpahan ikan diarea Rehabilitasi pada tahun 2020, 2021, dan 2022 ditunjukkan pada Gambar 5.30. Berdasarkan grafik tersebut keanekaragaman ikan untuk semua kategori mengalami kenaikan pada tahun 2022 di area Hakatutobu 1 (keramba dalam), meskipun mengalami penurunan nilai keanekaragaman pada tahun 2021.

Nilai kelimpahan ikan pada area Rehabilitasi juga mengalami perubahan pada area Hakatutobu 1 (keramba dalam), secara umum pada area tersebut menunjukkan nilai kelimpahan yang lebih baik pada tahun 2022. Sementara untuk

keanekaragaman dan kelimpahan ikan karang pada area Pantai Slag masih terdata satu periode pada tahun 2022 sehingga belum menunjukkan adanya perbandingan data.

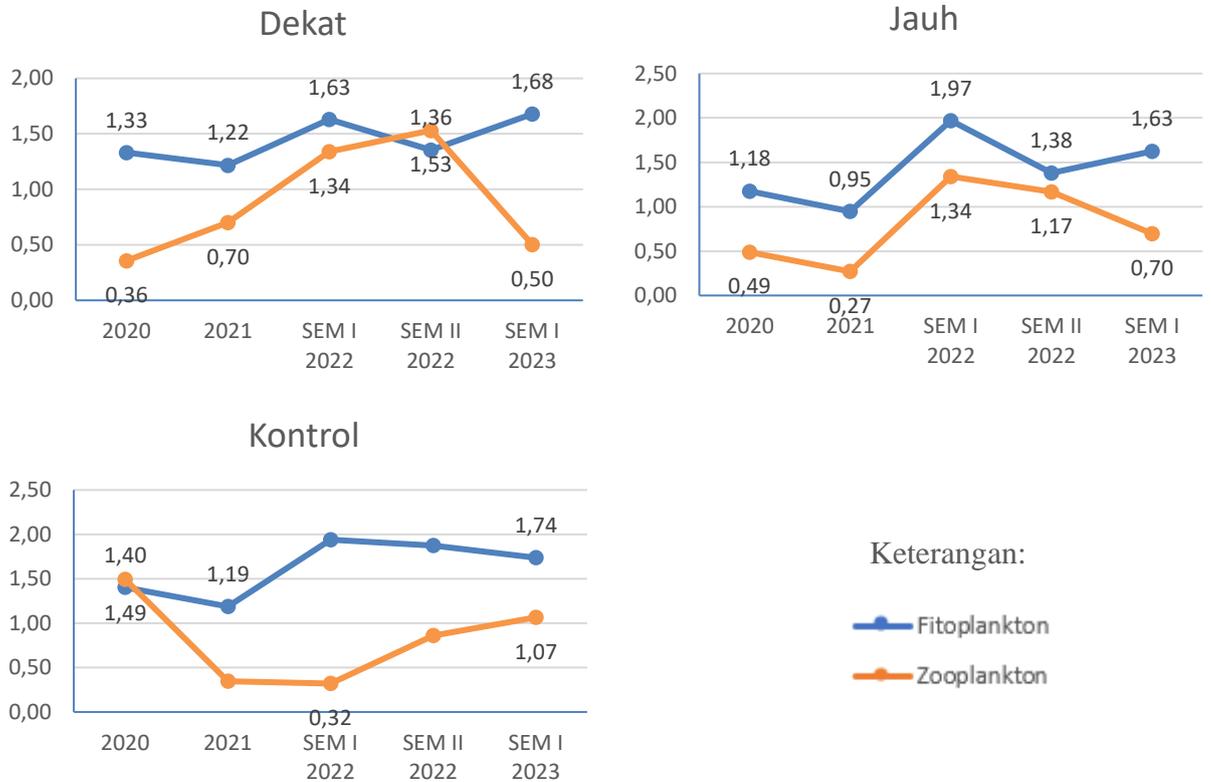


Gambar 5.31 Grafik evaluasi keanekaragaman ikan diarea Rehabilitasi pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.



Gambar 5.32 Grafik evaluasi kelimpahan ikan diarea Rehabilitasi pada tahun 2020, 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, dan semester I tahun 2023.

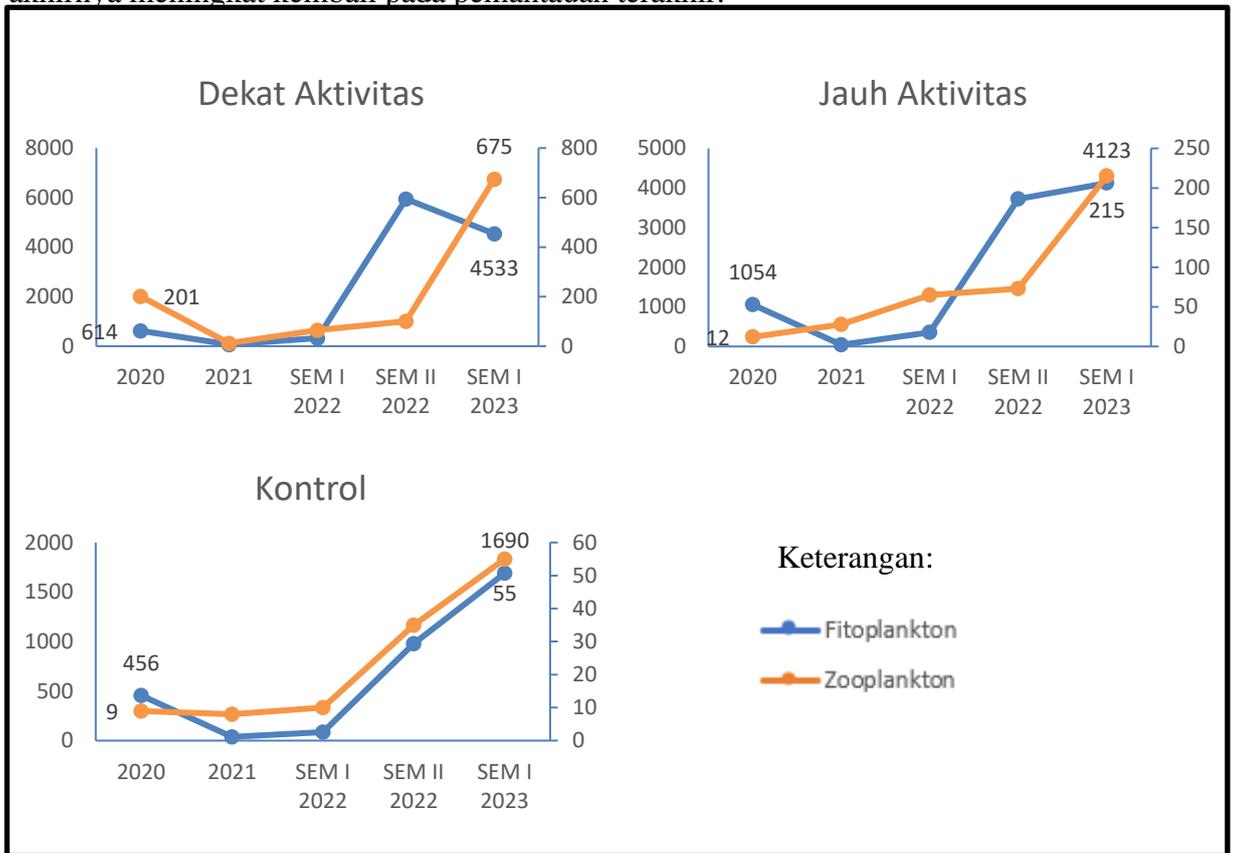
5.5.4 Evaluasi Keanekaragaman dan kelimpahan plankton laut



Gambar 5.33 Evaluasi Nilai Keanekaragaman Plankton Laut di Area Sekitar Aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester I.

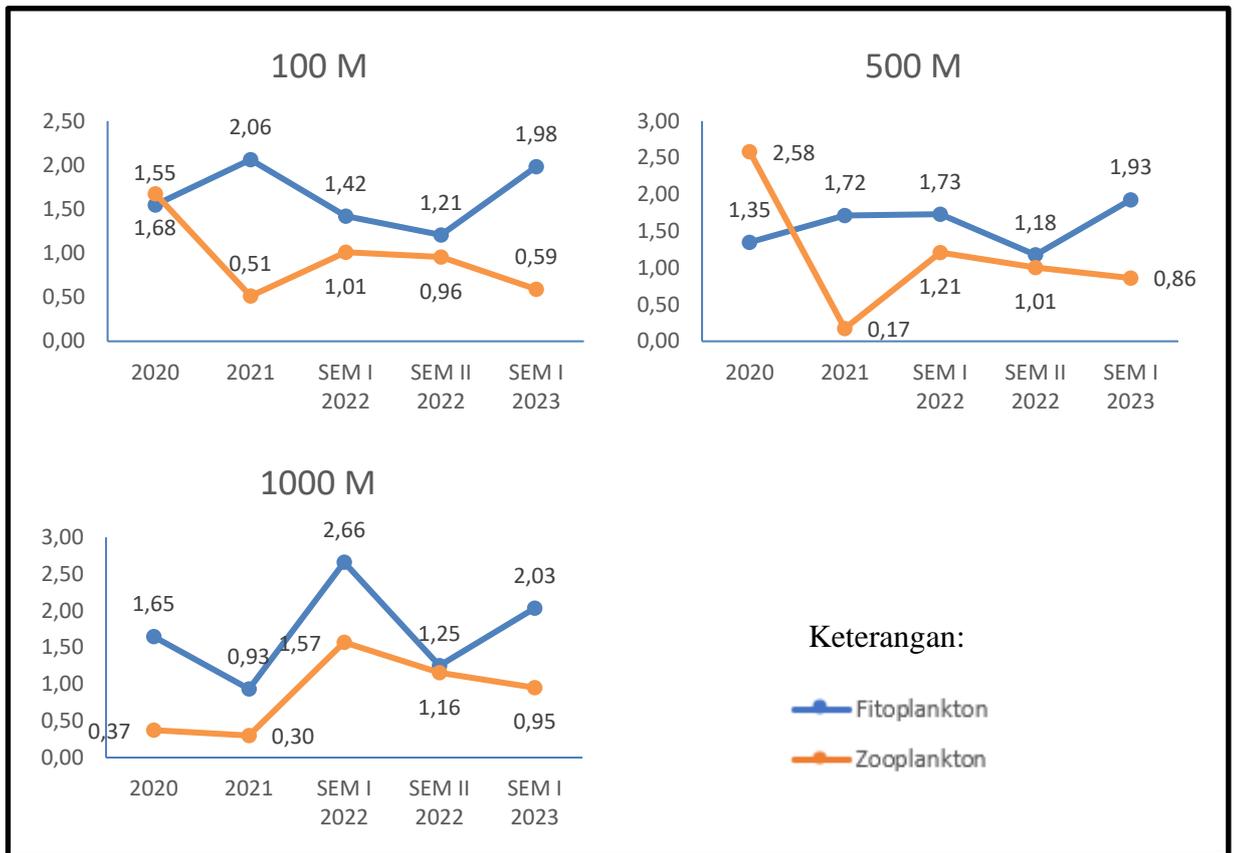
Selama periode pemantauan dari tahun 2020 hingga tahun 2023 Semester 1 di perairan sekitar aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka, terdapat variasi nilai keanekaragaman plankton yang cukup signifikan, namun secara umum, nilai-nilai ini cenderung berada dalam kategori keanekaragaman yang sedang. Selama empat periode pemantauan, puncak nilai keanekaragaman fitoplankton terjadi pada tahun 2022 Semester 1. Hasil analisis keanekaragaman zooplankton menunjukkan adanya tren peningkatan, walaupun fluktuatif, di beberapa lokasi pemantauan. Sebagian besar nilai keanekaragaman zooplankton mengalami peningkatan dari tingkat rendah ke tingkat sedang seiring berjalannya waktu dalam periode pemantauan tersebut. Selanjutnya, dalam rentang waktu pemantauan dari tahun 2020 hingga tahun 2021, terjadi penurunan nilai

keanekaragaman zooplankton di area kontrol hingga mencapai titik terendah, dan akhirnya meningkat kembali pada pemantauan terakhir.



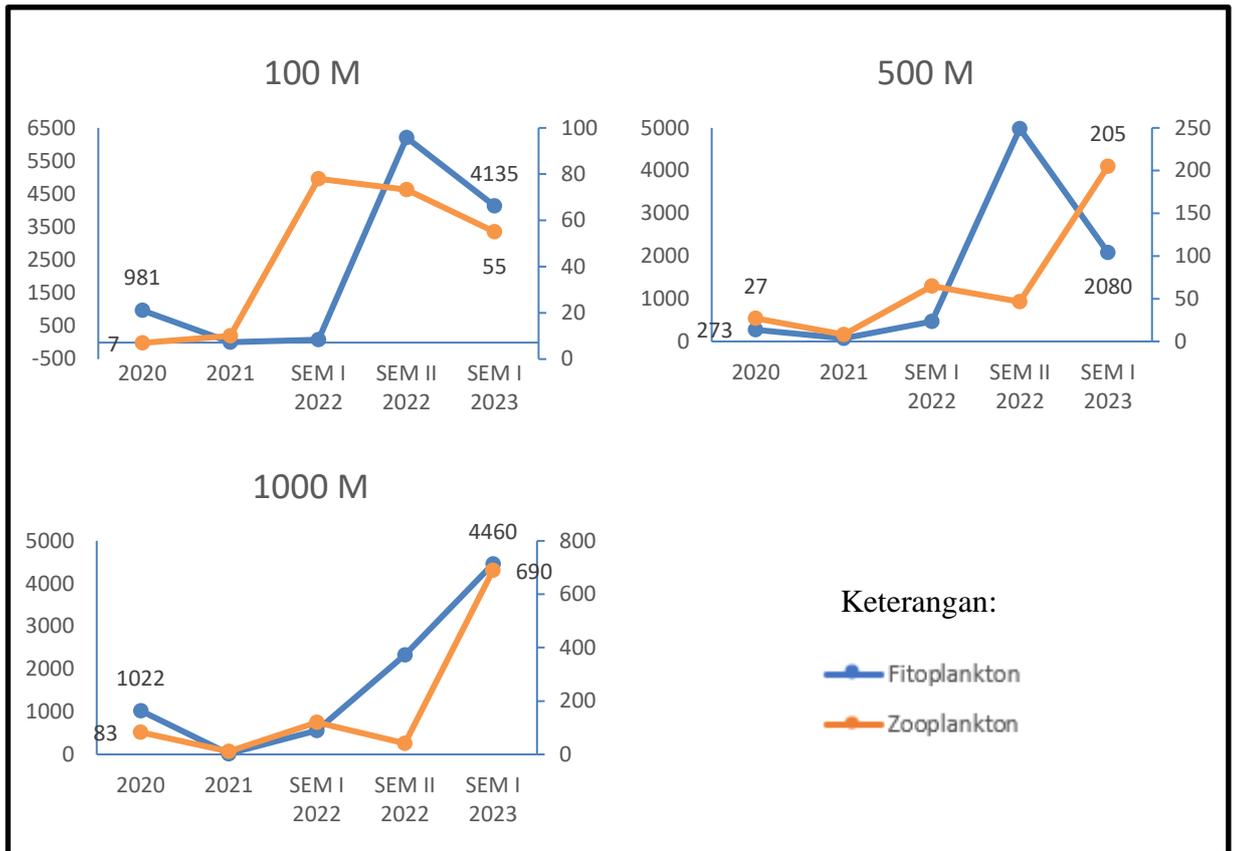
Gambar 5.34 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester I.

Grafik perbandingan nilai kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di area yang dekat dengan aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka, yang berlokasi jauh dari aktivitas, serta di area kontrol selama lima periode pemantauan dari tahun 2020 hingga tahun 2023 menunjukkan data yang bervariasi. Grafik tersebut mengindikasikan bahwa mayoritas kelimpahan plankton di perairan sekitar aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan nilai kelimpahan pada awal pencatatan data pada tahun 2020. Tingkat kelimpahan tertinggi tercatat pada pemantauan Semester I tahun 2023, kecuali untuk lokasi dekat aktivitas pertambangan. Sebaliknya, pada tahun 2021, sebagian besar nilai kelimpahan plankton di wilayah ini sempat mencapai titik terendah, tetapi akhirnya meningkat lagi hingga periode



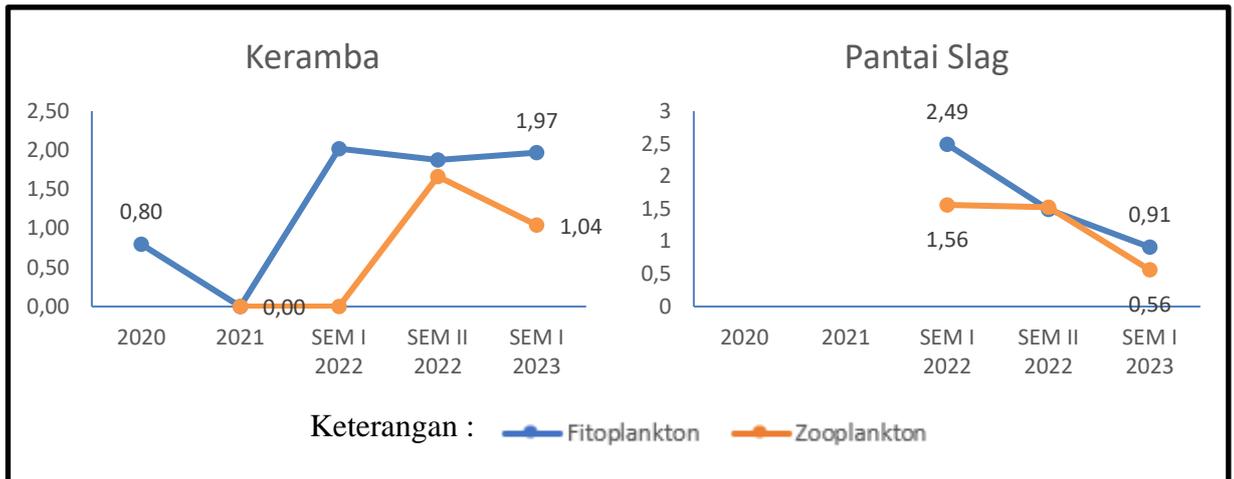
Gambar 5.35 Evaluasi Nilai Keanekaragaman Plankton Laut di Area PLTU PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester I.

Berdasarkan perbandingan data keanekaragaman plankton di perairan laut di sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.35, terlihat bahwa nilai keanekaragaman fitoplankton cenderung mengalami fluktuasi dari periode pemantauan tahun 2020 hingga tahun 2023. Di sisi lain, nilai keanekaragaman zooplankton mengalami penurunan dalam periode yang sama. Meskipun begitu, secara umum, tingkat keanekaragaman fitoplankton masih tetap berada dalam kategori keanekaragaman sedang, seperti sebelumnya. Sementara itu, tingkat keanekaragaman zooplankton mengalami peningkatan dari kategori keanekaragaman rendah menjadi sedang, tetapi kembali turun menjadi rendah kembali. Selain itu, terdapat kesamaan dalam pola grafik antara lokasi 500M dan 1000M dari PLTU, dimana keduanya menunjukkan titik terendah dalam nilai keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton pada tahun 2021, kemudian mencapai puncak nilai dalam periode pemantauan berikutnya.



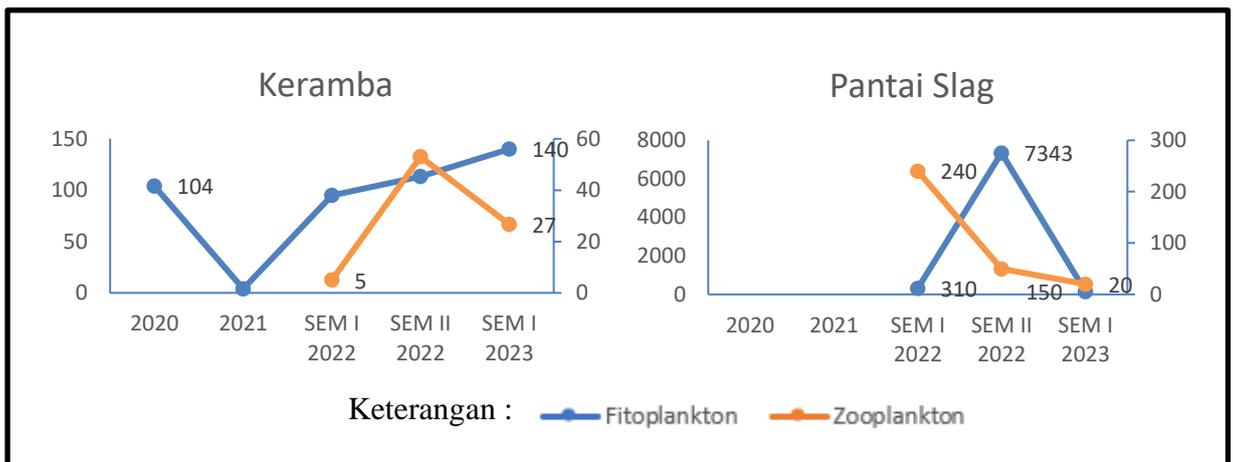
Gambar 5.36 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar PLTU PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester I.

Grafik perbandingan tingkat kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di perairan laut sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) selama lima periode pemantauan dari tahun 2020 hingga 2023 telah menunjukkan pola tertentu. Grafik tersebut menggambarkan bahwa sebagian besar kelimpahan plankton di wilayah perairan yang terhubung dengan aktivitas PT. Antam UBPN Kolaka mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan nilai kelimpahan pada awal pencatatan data pada tahun 2020. Puncak kelimpahan tertinggi tercatat pada pemantauan Semester II tahun 2022. Sebaliknya, pada tahun 2021, terjadi penurunan nilai kelimpahan fitoplankton di wilayah ini yang mencapai titik terendah, tetapi kemudian meningkat kembali, namun pada beberapa lokasi terdapat penurunan kembali. Selain itu, terdapat pola yang serupa antara grafik di lokasi 100M dan 500M, yang menunjukkan bahwa kondisi perairan di kedua lokasi tersebut juga cenderung serupa



Gambar 5.37 Evaluasi Keanekaragaman Plankton Laut di area sekitar Rehabilitasi PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester II.

Trend nilai keanekaragaman plankton di area keramba dan pantai slag menunjukkan arah yang berlawanan. Grafik keanekaragaman di area keramba cenderung mengalami peningkatan, terutama sejak tahun 2021. Sementara itu, di pantai slag, nilai keanekaragaman plankton mengalami penurunan sejak awal pemantauan pada tahun 2022 semester 1. Selain itu, jumlah kelimpahan plankton juga menunjukkan perbedaan antara kedua area perairan tersebut. Jumlah plankton mengalami peningkatan di area keramba untuk fitoplankton dan mengalami penurunan pada zooplankton. Di sisi lain, di area pantai slag, jumlah fitoplankton mengalami penurunan yang cukup besar, menurun dari 7343 individu per liter pada periode pemantauan Semester II 2022 menjadi 20 individu per liter pada pemantauan Semester I 2023. Sebaliknya, tren yang menurun terlihat pada nilai kelimpahan zooplankton.



Gambar 5.38 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar Rehabilitasi PT. Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-2023 Semester II.

BAB 6 REKOMENDASI

6.1 Rekomendasi untuk Lingkungan Darat

Hasil pemantauan flora fauna di wilayah pertambangan PT Antam, Tbk. Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka memperlihatkan bahwa perusahaan telah melakukan pengelolaan lingkungan dengan baik sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara.

Berdasarkan pemantauan pada flora darat di lingkungan PT Antam Tbk Semester I tahun 2023 dilihat dari status konservasinya, beberapa jenis tumbuhan yang khas dan mendominasi di wilayah PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka yang dijumpai pada pemantauan semester I tahun 2023 menggunakan data dari daftar merah IUCN dijumpai 9 jenis tumbuhan dengan status LC (*Least Concern*) dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br., Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq., Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L., Dengan *Dillenia serrata* Thumb., Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume), Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis*, Bitti *Vitex cofassus*, Belimbing hutan *Sarcotheca celebica* Veldkamp, dan Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume. dan 1 jenis tumbuhan VU (*Vulnerable*) yaitu Knema *Knema celebica* de Wilde. Berdasarkan sifat endemiknya di sulawesi, terdapat tiga jenis tumbuhan yang sifatnya Endemik yaitu Knema *Knema celebica* de Wilde., Belimbing hutan *Sarcotheca celebica* Veldkamp, dan Dengan *Dillenia serrata* Thumb. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.106/MENLHK//SETJEN/KUM.1/12/2018 terdapat satu jenis tumbuhan yang dilindungi yaitu dari jenis Kantong semar *Nepenthes* sp. dan masuk dalam Appendix II berdasarkan data dari peraturan perdagangan internasional CITES.

Berdasarkan pemantauan pada flora darat di lingkungan PT Antam, Tbk. Yang dilakukan pada 12 area berdasarkan kondisi ekosistemnya menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman di setiap area memiliki komposisi jenis dan presentase tutupan tanah yang berbeda-beda. Adapun persentase tutupan tanah

berdasarkan tahun penanamannya yaitu revegetasi 2015 (57,7%), revegetasi 2016 (81,14%), revegetasi 2017 (33,45%), revegetasi 2018 (40,0%), revegetasi 2019 (41,6%), revegetasi 2020 (48,2%), revegetasi 2021 (74,0%), dan revegetasi 2022 (92,5%). Sedangkan di Pulau Maniang sudah ada proses reklamasi atau revegetasi yang dilakukan yaitu revegetasi tahun 2022 dengan tutupan 60,0 %.

Data tersebut memperlihatkan bahwa semakin lama waktu reklamasi maka persentase tumbuhan penutupan tanah (*Cover crop*) semakin berkurang, namun persentase tanaman penutup tanah akan kembali bertambah seiring dengan lamanya waktu penanaman dan tersedianya kebutuhan tanaman pada area tersebut. Perubahan ini normal pada proses suksesi ekosistem yang telah mengalami gangguan dan pertumbuhan. Nilai tersebut dapat kita bandingkan dengan persentase penutupan pada ekosistem virgin disekitar lokasi yaitu rata-rata nilai persentase tanaman penutup tanah sebesar 47,39%. Perubahan persentasi penutupan ini juga dipengaruhi habitus vegetasi berupa pohon, tiang, pancang dan semai pada daerah revegetasi/reklamasi baik oleh tumbuhan yang sengaja ditanam sebagai tanaman revegetasi maupun tumbuhan yang tumbuh secara alami. Data evaluasi tinggi juga menunjukkan bahwa partambahan tinggi tanaman pada habitus tiang sudah hampir menyerupai tanaman pada habitus pohon. Hal ini juga yang mempengaruhi persentase tanaman penutup tanah berkurang akibat luasnya kanopi dan banyaknya serasah daun yang menutupi permukaan tanah sehingga tanaman di bawahnya sulit untuk tumbuh.

Berdasarkan pemantauan fauna darat yang terdapat di wilayah pertambangan, fauna yang tercatat terdiri dari kelas Aves, Mamalia, dan Reptilia. Dari kelas Aves terdapat terdapat tiga jenis yang dilindungi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, yaitu burung Elang-ular sulawesi (*Spilornis rufipectus*), Elang-alap dada-merah (*Accipiter rhodogaster*), dan Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*). Ketiga jenis burung tersebut juga termasuk ke dalam kategori Appendix II dalam peraturan perdagangan internasional (CITES). Selain itu, terdapat sembilan jenis (24.3%) yang merupakan burung endemik Sulawesi yaitu Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*), Kehicap sulawesi (*Hypothymis puella*), Pelanduk sulawesi

(*Pellorneum celebense*), Elang-alap dada-merah (*Accipiter rhodogaster*), Cabai panggul-kelabu (*Dicaeum celebicum*), Cabai panggul-kuning (*Dicaeum aureolimbatum*), Elang-ular sulawesi (*Spilornis rufipectus*), Bubut sulawesi (*Centopus celebensis*), dan Kepudang-sunggu sulawesi (*Edolisoma morio*). Semua jenis yang tercatat tergolong ke dalam Least Concern (tingkat risiko rendah) berdasarkan daftar merah *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN-red list).

Selain itu, dari kelas Mamalia, terdapat dua jenis yang masuk ke dalam daftar merah IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), yaitu Monyet Digo (*Macaca ochareata*) yang tergolong jenis mamalia yang rentan terhadap kepunahan (*Vulnerable*, VU) dan tergolong ke dalam status Appendix II dalam pengawasan perdagangan internasional (CITES). Jenis ini merupakan jenis endemik di Sulawesi Tenggara. Selain itu, Babi Sulawesi (*Sus celebensis*) merupakan spesies yang mendekati terancam (*Near Threatened*, NT), dan merupakan jenis endemik di pulau Sulawesi.

Hasil analisis jenis pakan (*feeding guild*) menunjukkan bahwa kelompok burung insektivora (pemakan serangga) merupakan kelompok yang mendominasi dengan proporsi sebesar 52%, yang kemudian diikuti oleh kelompok burung frugifora (pemakan buah) dengan proporsi sebesar 21%. Tingginya persentase burung insektivora yang ada di wilayah pengamatan disebabkan oleh tingginya populasi serangga sebagai sumber pakan utamanya. Adapun kelompok frugivora yang cukup melimpah dapat mengindikasikan ketersediaan pohon berbuah pada area pertambangan PT Antam Tbk. Kehadiran burung frugivora dinilai sangat penting, karena merupakan salah satu agen yang efektif dalam proses regenerasi vegetasi dan persebaran tumbuhan pada suatu habitat.

Berdasarkan hasil pemantauan flora dan fauna pada tahun 2023 Semester I di wilayah pertambangan PT Antam Tbk. UBPN Kolaka maka direkomendasikan:

1. Menetapkan dan melestarikan daerah-daerah virgin yang bisa dijadikan sebagai kontrol dan sumber plasma nutfah untuk bibit keperluan reklamasi.
2. Tanaman revegetasi yang akan ditanam seharusnya berasal dari tumbuhan lokal yang sebelumnya telah tumbuh secara alami pada area penanaman.

3. Pembuatan terasering untuk meningkatkan peresapan air ke dalam tanah dan mengurangi jumlah aliran permukaan sehingga memperkecil resiko pengikisan oleh air
4. Memperbanyak jenis-jenis tanaman yang menghasilkan bunga, biji, dan buah pada lokasi reklamasi, agar dapat menunjang kehidupan fauna darat.
5. Melindungi habitat yang di dalamnya ditemukan jenis-jenis endemik ataupun dilindungi, sehingga terlindung dari kepunahan. Terutama Monyet Digo (*Macaca ochreata*) yang habitatnya mulai terkikis dan berpengaruh terhadap pola pencarian pakan hingga mulai mendekati area pemukiman dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

6.2 Rekomendasi untuk Lingkungan Perairan Sungai

Hasil analisis data pemantauan flora-fauna pada lingkungan perairan sungai pada tahun Semester I 2023 di sekitar PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka, dimana hasil yang diperoleh menunjukkan keanekaragaman plankton memiliki indeks keanekaragaman sedang, kelimpahan fitoplankton pada setiap lokasi di area sekitar aktivitas Antam menunjukkan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan rendah (oligotrofik) dan nilai kelimpahan zooplankton pada setiap lokasi di area sekitar aktivitas Antam menunjukkan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan sedang (mesotrofik). Rekomendasi pada pemantauan periode ini, merekomendasikan agar melakukan upaya-upaya revegetasi di daerah sekitar sempadan sungai untuk meningkatkan kualitas ekosistem wilayah sungai. Selain itu, perlu memperhatikan polutan atau limbah yang masuk ke aliran sungai agar tingkat pencemaran dapat dikendalikan dengan baik khususnya pada beberapa lokasi pemantauan sungai yang memiliki kondisi air yang jernih yaitu di Sungai Oko-oko (Hulu–Hilir) dan Sungai Huko-huko (Hulu). Peninjauan juga perlu dilakukan pada Sungai Tonggoni hilir dan Sungai Pelambua hulu yang telah mengalami kekeringan.

6.3 Rekomendasi untuk Lingkungan Mangrove

Hasil analisis data pada pemantauan fauna burung pada lingkungan mangrove pada Semester I tahun 2023 di sekitar PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka, terdapat lima spesies (14.4%) burung yang dilindungi berdasarkan Peraturan

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, dan empat spesies (11.4%) burung yang merupakan burung endemik Sulawesi. Berdasarkan peraturan perdagangan internasional CITES, terdapat dua spesies burung yang termasuk kategori Appendix II, yaitu Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*) dan Elang-laut dada-putih (*Haliaeetus leucogaster*). Selain itu, terdapat satu jenis burung yang tergolong ke dalam status “hampir terancam” (*Near Threatened/NT*) dalam IUCN-red list, yaitu Itik benjut (*Anas gibberifrons*) yang dijumpai pada area rehabilitasi mangrove Pantai Harapan.

Indeks keanekaragaman yang diperoleh pada area rehabilitasi mangrove menunjukkan keanekaragaman sedang ($1 < H' \leq 3$), dan tidak jauh berbeda dengan nilai keanekaragaman burung yang diperoleh di area virgin. Hal tersebut menandakan bahwa proses rehabilitasi yang dilakukan sudah cukup baik, dan telah dapat menunjang keberadaan berbagai jenis burung, baik untuk bersarang ataupun mencari makan. Selain itu, area rehabilitasi juga mendukung untuk kehidupan berbagai jenis burung air (*water bird*). Lokasinya yang berbatasan langsung dengan laut lepas, dan vegetasinya yang sudah tinggi dan lebat juga telah dapat dijadikan sebagai tempat bersarang oleh berbagai jenis burung air, salah satunya Gajah punggala (*Numenius phaeopus*) yang merupakan burung dilindungi.

Berdasarkan hasil pemantauan flora dan fauna tahun 2023 Semester I di Wilayah Mangrove PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka, maka direkomendasikan untuk melakukan penambahan luasan area rehabilitasi mangrove dalam rangka meningkatkan keanekaragaman flora fauna di lingkungan mangrove. Selain itu juga perlu menanam variasi berbagai jenis tanaman mangrove agar dapat mendekati keanekaragaman flora dan fauna di area virgin.

6.4 Rekomendasi untuk Lingkungan Perairan Laut

Ekosistem perairan laut yang penting di wilayah perusahaan PT Antam Tbk. UBPN Kolaka adalah ekosistem terumbu karang yang memiliki peranan penting dalam menunjang keberlangsungan ketersediaan sumber daya laut, seperti tersedianya berbagai jenis ikan dan fauna invertebrata yang dapat dimanfaatkan oleh manusia secara langsung. Namun disisi lain ekosistem terumbu karang dapat

rusak oleh aktivitas manusia itu sendiri. Beberapa aktivitas manusia yang dapat merusak ekosistem terumbu karang seperti penggunaan bom, penggunaan bahan-bahan kimia yang beracun, atau aktivitas pembukaan lahan di darat yang akan menimbulkan erosi dan sedimentasi pada ekosistem perairan yang dapat memberikan dampak negatif pada ekosistem terumbu karang. Adanya sedimen yang masuk ke dasar perairan akan mengganggu kehidupan biota laut yang ada didalamnya dan jika tidak mampu ditolerir akhirnya dapat menyebabkan spesies tersebut mengalami kematian. Sehubungan dengan hal tersebut maka beberapa hal di rekomendasikan adalah:

1. Meningkatkan koordinasi dengan instansi terkait dalam rangka perlindungan dan pemulihan ekosistem laut di perairan Pomalaa.
2. Mengupayakan melakukan pengelolaan lingkungan wilayah laut untuk pemulihan atau perbaikan kondisi ekosistem laut.

BAB 7

PENUTUP

Pelestarian keanekaragaman hayati yang mencakup flora dan fauna di kawasan pertambangan yang dilakukan oleh PT Antam, Tbk. Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka merupakan suatu komitmen dari perusahaan sesuai arahan dari dokumen lingkungan yang dimilikinya. Pemantauan flora fauna dilakukan untuk melakukan evaluasi keberhasilan kinerja pengelolaan lingkungan yang telah dilakukan, mendapatkan tanda peringatan sedini mungkin mengenai perubahan lingkungan yang tidak dikehendaki sehingga dapat mengambil keputusan cepat dan tepat dalam upaya perbaikannya, serta mengetahui kondisi terkini flora dan fauna di darat maupun biota di perairan sungai dan laut yang berada di area perusahaan. Pemantauan yang berkelanjutan akan menyediakan data yang berkelanjutan, dan diharapkan dapat bermanfaat bagi pemrakarsa dan semua instansi terkait pada kegiatan penambangan ini.

Pemantauan flora fauna Semester I tahun 2023 ini meliputi wilayah tambang Utara, wilayah tambang Tengah, wilayah tambang Selatan, wilayah tambang Pulau Maniang, sungai-sungai di wilayah pertambangan, ekosistem mangrove dan ekosistem perairan laut/terumbu karang. Pelaksanaan pemantauan flora fauna yang telah dilakukan ini menunjukkan bahwa perusahaan sebagai salah satu BUMN di Republik Indonesia telah memperlihatkan salah satu bagian ketaatan dalam melakukan kaidah pertambangan yang baik sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, B., Safe'i, R., dan Hidayat, W. 2018. Analisis Kerusakan Pohon di Hutan Kota Stadion Kota Metro Provinsi Lampung. OJS UNPATTI. 3(11): 2621-8798.
- Adrim, M., S.A. Harahap, dan K. Wibowo. 2012. Struktur komunitas ikan karang di perairan Kendari. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.17 (3):154-163.
- Allen G R, Steene R, Humann P, Deloach N. 2003. Reef Fish Identification Tropical Pacific. Australia New World Publications.
- Allen, G.R. 2005. Coral Reef Fishes of Southwestern Halmahera, Indonesia. Report of Halmahera Survey, 2005.
- Angelia, D. 2019. Keanekaragaman dan Kelimpahan Makrozoobentos di Pantai Batu Belubang, Bangka Tengah (Doctoral dissertation, Universitas Bangka Belitung).
- Arlott N. 2018. *Birds of the Philippines, Sumatra, Java, Bali, Borneo, Sulawesi, the Lesser Sundas, and Moluccas*. William Collins Publisher. United Kingdom
- Bai'un, N. H., Riyantini, I., Mulyani, Y., & Zallesa, S. 2021. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kondisi Perairan Di Ekosistem Mangrove Pulau Pari, Kepulauan Seribu. JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research). 5(2). 227-238.
- Bathmann, U dan Marine Zooplankton Colloquium 2. 2001. Future Marine Zooplankton research-a perspective. Marine ecology Progress Series. 222: 297-308.
- Barkia, H., Barkia A., Yacoubi, R., Guamri, Y. E., Tahiri, M., Kharrim, K. E. 2014. Distribution of fresh-water mollusks of the Gharb area (Morocco). *Environments*. 1: 4-13.
- Bell, J.D. and R. Galzin. 1984. Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. Marine Ecology Progress Series, 5:265-274. <https://pdfs.semanticscholar.org/3327/7427c90b72e08d614814e529390bf5dfd481>.
- Bengen, D.G. 2013. Bioekologi terumbu karang status dan tantangan pengelolaan. Dalam: Nikijuluw, et al. (eds.). Coral governance. IPB Press. Bogor. Hlm.: 62-74
- Bibby C, Burgess N, Hill D, Mustoe S. 2000. *Bird Census Techniques 2nd Edition*. Academic Press. United Kingdom.
- Bibi F dan Ali Z. 2013. *Measurement of Diversity Indices of Avian Communities at Taunsa Barrage Wildlife Sanctuary, Pakistan*. Japs, Journal Of Animal And Plant Sciences 23:469–474.
- Boyce RL. 2015. *Life Under Your Feet: Measuring Soil Invertebrata Diversity*. Teaching Issues and Experiments in Ecology. 3: 1–28.
- Brower, J.E., and Zar, J.H., 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. W.M.C. Brown Company Publishers, Iowa.
- Brower, J.E., and Zar, J.H., 1997. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. W.M.C. Brown Company Publishers, Iowa.

- Cameron R. A. dan Schroeter S. C. 1980. Sea urchin recruitment: Effect of substrate selection on juvenile distribution. *Marine Ecology Progress Series*. 2: 243-247.
- Choat, J. H. & D. R. Bellwood. 1991. *Reef Fish, Their History and Evolution: Sale P. F. (Ed), The Ecology of Fish on Coral Reef*. Academic Press. San Diego, California. Hlm 39 – 66.
- Dahuri R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Darmi, Tri Rima Setyawati, and Ari Hepi Yanti. 2017. Jenis-Jenis Gastropoda di Kawasan Hutan Mangrove Muara Sungai Kuala Baru Kecamatan Jawai Kabupaten Sambas. *Jurnal Protobiont*. 6(1). 17-20.
- Dash, M. C. dan S. P. Dash. 2009. *Fundamentals of ecology Third Edition*. The McGraw-Hill Companies. New Delhi.
- Davis, C., C., 1955. *The Marine and Fresh Water Plankton*. Michigan State University, Chicago.
- Dewi RS, Mulyani Y, Santosa Y. 2007. *Keanekaragaman Spesies Burung di Beberapa Tipe Habitat Taman Nasional Gunung Ciremai*. Yayasan Penerbit IPB. Bogor.
- Dupinay T, Gheit T, Roques P, Cova L, Chevallier-Queyron P, Tasashu S, Le Grand R, Simon F, Cordier G, Wakrim L, Benjelloun S, Trepo C, Chemin I. 2013. Discovery of naturally occurring transmissible chronic hepatitis B virus infection among *Macaca fascicularis* from Mauritius Island. *Hepatology* 58(5): 1610-1620.
- English, S., C. William, & V. Baker. 1994. *Survey Manual of Tropical Marine Resources. Asean - Australian Marine Project*. Australia. 112 hlm.
- Fachrul, M. F., 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Giyanto, Anna E.W. M., Muhammad A., Rikoh M. S., Sasanti R.S., Kunto W., Isa N. A., Hendrik A.W., Cappenberg, Hendra F. S., 2014. *Panduan Monitoring Kesehatan Terumbu Karang*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Indonesia.
- Gomez, E. D. dan Yap, H. 1988. *Monitoring Reef Condition. Coral Reef Management Hand Book*. Unesco Regional Office for Science and Technology for South East Asia. Jakarta.
- Green, A.L. 2009. *Spatial, temporal and ontogenetic patterns of habitat use by coral reef Fishes (family Labridae)*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 133, 1–11. doi:10.3354/meps 133001
- Hadi T. A. 2018. Peranan Ekologis Spons Pada Ekosistem Terumbu Karang. *Oseana*, 43(1): 53-62.
- Hadiprakarsa, Y. dan N. L. Winarni. 2007. Fragmentasi hutan di Lampung, Sumatera vs burung rangkong: Mampukah burung rangkong bertahan hidup? *Jurnal Indonesian Ornithologists' Union (IdOU)*. 5 (1):94—102.
- Hidayat., T., Kusmana., C, Dan Tiryana T. 2010. *Species Composition And Structure Of Secondary Mangrove Forest In Rawa Timur, Central Java, Indonesia*.

- Study Program Of Tropical Silviculture, Graduate School Of Bogor Agricultural University. Volume 10. Issue 4.
- Himmah, I., S. Utami. dan K. Baskoro. 2010. Struktur dan komposisi vegetasi habitat julang emas (*Aceros undulatus*) di Gunung Unggaran Jawa Tengah. *Jurnal Sains dan Matematika (JSM)*. 18 (3):104—110.
- Hummer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for aducation and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.
- Hutcheson, K., 1970. *A Test For Comparing Diversities Based On The Shannon Formula*. *J. theor. Biol*, XXIX, p.151.
- Ilham, Litaay M, Priosambodo D, Moka W. 2017. *Penutupan Karang di Pulau Baranglombo dan Pulau Bone Batang Berdasarkan Metode Reef Check. Spermonde*. 3(1): 35-41.
- Karim MR, Wang R, Dong H, Zhang L, Li J, Zhang S, Rume FI, Qi M, Jian F, Sun M, Yang G, Zou F, Ning C, Xiao L. 2014. Genetic polymorphism and zoonotic potential of *Enterocytozoon bieneusi* from nonhuman primates in China. *Appl Environ Microbiol* 1893-1898.
- Karnan. 2000. *Asosiasi Spasio-Temporal Komunitas Karang dengan Bentuk Pertumbuhan Karang di Perairan Barat Daya Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat*. Tesis.Program Pascasarjana. IPB. Bogor. 77 hlm.
- Kassim, Z., Ahmad, Z. & Ismail, N., 2018. *Diversity Of Bivalves In Mangrove Forest Tok Bali Kelantan Malaysia*. *Science Heritage Journal/ Galeri Warisan Sains*, II(2), pp.4-9.
- Krebs CJ. 1985. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row. United Kingdom.
- Kuiter, C. J. 1992. *Tropical Reef Fish of Western Paci/ic. Indonesia and Adjacent Waters*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 314 hlm.2
- Kuiter, R.H. & Tonozuka, T. 2001. *Pictorial Guide to: Indonesian Reef Fishes*. Australia: Zoonetics Publ. Seaford VIC 3198.
- Kumar & Khan. 2013. *The Ditribution and Diversity of Benthic Macroinvertebrate Fauna in Pondicherry, Mangrove, India*. *Aquatic Biosystems* 9:15.
- McConnel, R. H. 1987. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press. Cambridge, London. 1987. hlm. 171-211.
- Mackinnon J, Phillipps K, van Balen B. 2010. *Burung-Burung Di Sumatera, Jawa, Bali Dan Kalimantan: (Termasuk Sabah, Sarawak Dan Brunei Darussalam)*. Burung Indonesia. Bogor.
- Magurran AE. 2014. *Measuring Biological Diversity*. John Wiley & Sons. Oxford.
- Mahasani, I. G. A. I., Nuryani Widagti, dan I. W. G. A. Karang. 2015. Estimasi persentase karbon organik di hutan mangrove bekas tambak, Perancak, Jembrana, Bali.*Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 1(1): 14-18.
- Mangangantung, B., D. Y. Katili., Saroyo dan Pience V. Maabuat. 2015. Densitas dan jenis pakan burung rangkong (*Rhyticeros cassidix*) di Cagar Alam Tangkoko

- Batuangus. Jurnal MIPA UNSRAT Online. 4 (1):88—92.
- Manuputty AEW, dan Djuwariah. 2009. Panduan Metode : *Point Intercept Transect (PIT)* Untuk Masyarakat. Studi Baseline dan Monitoring Kesehatan Karang di Lokasi Daerah Perlindungan Laut (DPL). COREMAP II – LIPI. Jakarta.
- Marshel, A. and P.J. Mumby. 2015. The role of surgeonfish (Acanthuridae) in maintaining algal turf biomass on coral reef. *J. of Experimental Marine Biologi and Ecology*, 473:152-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2015.09.002>.
- Matz-Rensing K, Floto A, Schrod A, Becker T, Finke EJ, Seibold E, Splettstoesser WD, Kaup FJ. 2007. Epizootic of tularemia in an outdoor housed group of cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*). *Vet Pathol* 44: 327-334.
- McMurray DN. 2000. A nonhuman primate model for preclinical testing of new tuberculosis vaccines. *Clin Infect Dis* 30: 210-212.
- Mernisa, M. & Oktamarsetyani, W., 2017. *Keanekaragaman Jenis Vegetasi Mangrove di Desa Sebong Lagoi, Kabupaten Bintan*. Prosiding seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi, pp.39-50.
- Montgomery WLT, Gerrodette dan Marshall LD. 1980. Coral ang Fish Community Structure of Sombrero Island, Batangas, Philippines. *Proc. Fourth Int. Coral Reef Symp. Vol 2*.
- Muhammad GA, Mardastuti A, Sunarminto T. 2018. *Keanekaragaman jenis dan kelompok pakan avifauna di Gunung Pinang, Kramatwatu, Kabupaten Serang, Banten*. *Media Konservasi*. 2 (23): 178-186.
- Munandar, A., Ali., M, S., dan Karina S. 2016. *Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Estuari Kuala Rigaih Kecamatan Setia bakti Kabupaten Aceh Jaya*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. Volume 1, Nomor 3:331-336.
- Nonji. 2008. *Plankton Laut*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Obura, D.O., & Grimsdith, G. (2009). *Resilience Assessment of coral reefs – Assessment protocol for coral reefs, focusing on coral bleaching and thermal stress (p. 70)*. Gland, Switzerland: IUCN working group on Climate Change and Coral Reefs.
- Oche, W. 2021. Distribusi dan Kepadatan Keong Bakau (*Telescopium telescopium*) pada Ekosistem Mangrove di Nagari Gasan Kabupaten Padang Pariaman Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik*, 2(2): 1-5.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi Umum*. Diterjemahkan oleh T. Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. hlm 574.
- Odum, E.P. 1998. *Dasar-Dasar Ekologi Edisi Ketiga*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Persulesy, M., & Arini, I. 2018. Keanekaragaman jenis dan kepadatan gastropoda di berbagai substrat berkarang di perairan Pantai Tihunitu Kecamatan Pulau Haruku Kabupaten Maluku Tengah. *BIOPENDIX: Jurnal Biologi*,

- Pendidikan Dan Terapan. 5(1): 45-52.
- Peters, R.H. 1983. *The Ecological Implication of Body Size*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Pratchett, M. S., Graham, N.A.J. & Cole, A.J. (2013). Specialist corallivores dominate butterflyfish assemblages in coral dominated reef habitats. *Journal of Fish Biology*, 82(4), 1177-1191. doi: 10.1111/jfb.12056.
- Prihadi, D. J., Riyantini, I. R., & Ismail, M. R. 2018. Pengelolaan Kondisi Ekosistem Mangrove dan Daya Dukung Lingkungan Kawasan Wisata Bahari Mangrove Di Karangsong Indramayu. *Jurnal Kelautan Nasional*. 13(1): 53.
- Primack. 1998. *Biologi Konservasi*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Putra,P.S. Dewiyanti, I. Dan Agustina, S. 2017. Biota Penempel yang Berasosiasi di Kawasan Mangrove Rehabilitasi Pantai Iboih Kecamatan Sukakarya Kota Sabang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah*. 2(4):1-7.
- Reese ES. 1981. Predation on Coral by Fishes of the Family Chaetodontidae: Implications for Conservation and Management of Coral Reef Ecosystems. *Buletin of Marine Science*.
- Roberts, C.M., & Ormond, R.F.G. (1987). *Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs*. *Marine Ecology*, 41, 1 – 8.
- Sachlan, M. 1972. *Planktonology*. Direktorat Jenderal Perikanan Departemen Pertanian Jakarta.
- Shuman, Craig S., Hodgson, Gregor, Ambrose, Richard F. 2004. Managing the marine aquarium trade: is eco-certification the answer? *Environmental Conservation*, 31: 339-348.
- Suharsono. 2008. *Jenis-Jenis Karang di Indonesia*. LIPI Pres. Jakarta.
- Suryanto, A. M., Umi, H. S., 2009. *Pendugaan status trofik dengan pendekatan kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di waduk sengguruh, karangkates, Lahor, Wlingi Raya dan Wonorejo, Jawa Timur*. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol 1(1): 7-13.
- Uspar, Mapparimeng, Akbar. 2021. Analisis Keanekaragaman Gastropoda Di Ekosistem Prihadi, D. J., Riyantini, I. R., & Ismail, M. R. 2018. Pengelolaan Kondisi Ekosistem Mangrove dan Daya Dukung Lingkungan Kawasan Wisata Bahari Mangrove Di Karangsong Indramayu. *Jurnal Kelautan Nasional*. 13(1): 53.
- Widjojo, N. Rangkong badak. 2011. Factsheet Yayasan WWF Indonesia.
- Wolfe ND, Daszak P, Kilpatrick AM, Burke DS. 2005. Bushmeat hunting, deforestation, and prediction of zoonoses emergence. *Emerg Infect Dis* 11(12): 1822-1827.

LAMPIRAN