

LAPORAN PEMANTAUAN

Flora Fauna Darat dan Biota Air

Oleh :

PT ANTAM Tbk UPBN KOLAKA

dengan

BALAI BESAR STANDARISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI HASIL PERKEBUNAN
MINERAL LOGAM DAN MARITIM (BBIHPMM) MAKASSAR, KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
2023

Semester II
2023



KATA PENGANTAR

Segala pujian kita panjatkan kehadirat Allah SWT sehingga Pemantauan Flora dan Fauna PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka semester II Tahun 2023 dapat terlaksana dengan sukses. Sebagai perusahaan yang bertanggung jawab melakukan program pemantauan flora fauna, mengucapkan terima kasih banyak kepada Balai Besar Standardisasi Dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan Mineral Logam dan Maritim (BBSPJIHPMM) serta seluruh pihak yang terlibat, baik yang berpartisipasi aktif maupun yang tidak dalam pemantauan flora fauna semester II tahun 2023.

Laporan ini menyajikan hasil pemantauan flora fauna dan biota perairan semester II tahun 2023 di area pertambangan PT Antam Tbk, yang meliputi Wilayah Tambang Utara (WTU), Wilayah Tambang Tengah (WTT), Wilayah Tambang Selatan (WTS) dan Wilayah Tambang Pulau Maniang. Laporan pemantauan ini diharapkan dapat memberikan gambaran secara umum informasi 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, serta salah satu acuan dalam dokumen pendukung kinerja Proper PT Antam Tbk UBPN Kolaka.

Pomalaa, Desember 2023
General Manager South East
Sulawesi Nickel Mining Business
Unit

Nilus Rahmat, S.T., M.Si.

NPP. 100278 6759

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	1
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	18
3.2.3 Analisis Data	20
3.3 Pemantauan Biota Sungai	22
3.3.1 Lokasi Pemantauan	22
3.3.2 Metode Pemantauan Bentos	25
3.3.3 Metode Pemantauan Plankton	25
3.4 Pemantauan Mangrove	26
3.4.1 Lokasi Pemantauan	26

3.4.2 Metode Pemantauan Vegetasi Mangrove.....	29
3.4.3 Analisis Vegetasi Mangrove	29
3.4.4 Metode Pemantauan Fauna Mangrove.....	30
3.5. Pemantauan Biota Laut	31
3.5.1 Lokasi Pemantauan	31
3.5.2 Metode Pemantauan Terumbu Karang.....	35
3.5.3 Metode Pemantauan Bentos/Invertebrata	36
3.5.4 Metode Pemantauan Ikan.....	36
3.5.5 Metode Pemantauan Plankton.....	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Flora dan Fauna Darat.....	40
4.1.1 Flora Darat	40
4.1.1.1 Area Virgin (Alami).....	40
4.1.1.2 Area Revegetasi Tahun 2015 (N8)	42
4.1.1.3 Area Revegetasi Tahun 2016 (N7)	43
4.1.1.4 Area Revegetasi Tahun 2017 (N6)	45
4.1.1.5 Area Revegetasi Tahun 2018 (N5)	47
4.1.1.6 Area Revegetasi Tahun 2019 (N4)	48
4.1.1.7 Area Revegetasi Tahun 2020 (N3)	49
4.1.1.8 Area Revegetasi Tahun 2021 (N2)	51
4.1.1.9 Area Revegetasi Tahun 2022 (N1)	52
4.1.1.10 Area Terganggu (N0).....	53
4.1.1.11 Wilayah Tambang Pulau Maniang	55
4.1.1.12 Analisis Tinggi Vegetasi.....	58
4.1.1.13 Analisis Keanekaragaman Jenis dan Perbandingan Jumlah Spesies	63
4.1.1.14 Persentase Tumbuhan Penutup Tanah (<i>Cover Crop</i>)	66
4.1.2 Fauna Darat	74
4.1.2.2 Fauna Burung di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM)	87
4.2 Serangga.....	91
4.3 Biota Sungai.....	111

4.3.1 Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Sungai di Area PT Antam	111
4.4 Mangrove	114
4.4.1 Vegetasi Mangrove	114
4.4.1.1 Analisis INP Vegetasi Mangrove di Pesisir Pantai Harapan, Pantai Sitado dan Pesisir Galangan	115
4.4.1.2 Analisis Tinggi Vegetasi Mangrove di Pesisir Pantai Harapan dan Pantai Sitado	118
4.4.2 Fauna Mangrove.....	119
4.4.2.1 Makro zoobentos Mangrove	119
4.4.2.2 Fauna Burung Mangrove	124
4.5 Biota Laut.....	128
4.5.1 Terumbu Karang	128
4.5.1.1 Kondisi Terumbu Karang Area Pemantauan Dekat, Jauh Aktivitas Antam, dan Kontrol.....	129
4.5.1.2 Kondisi Terumbu Karang Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	133
4.5.1.3 Kondisi Terumbu Karang Area Rehabilitasi	135
4.5.2 Invertebrata	136
4.5.2.1 Invertebrata di Area Perairan Sekitar Aktivitas Antam.	137
4.5.2.2 Invertebrata Area Perairan Sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	139
4.5.2.3 Invertebrata area Rehabilitasi	140
4.5.3 Ikan.....	141
4.5.3.1 Diversitas Ikan Karang pada Area Sekitar Aktivitas Antam ..	142
4.5.3.2 Diversitas Ikan Karang pada Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	147
4.5.3.3 Diversitas Ikan Karang pada Area Rehabilitasi.....	150
4.5.4 Plankton.....	153
BAB 5 EVALUASI.....	160
5.1 Flora darat	160

5.1.1	Evaluasi Indeks Nilai Penting (INP)	160
5.1.1.1	Wilayah Virgin (Alami).....	160
5.1.1.2	Area Revegetasi Tahun 2015 (N8)	162
5.1.1.3	Area Revegetasi Tahun 2016 (N7)	164
5.1.1.4	Area Revegetasi Tahun 2017 (N6)	167
5.1.1.5	Area Revegetasi Tahun 2018 (N5)	169
5.1.1.6	Area Revegetasi Tahun 2019 (N4)	171
5.1.1.7	Area Revegetasi Tahun 2020 (N3)	173
5.1.1.8	Area Revegetasi tahun 2021 (N2).....	175
5.1.1.9	Area Revegetasi tahun 2022 (N1).....	176
5.1.1.10	Area Pulau Maniang	177
5.1.2	Evaluasi Jumlah Jenis dan Indeks Keanekaragaman	180
5.1.3	Evaluasi Perbandingan Tinggi Flora.....	182
5.1.4	Evaluasi Persentase Tumbuhan Penutup Tanah (<i>Plant cover</i>)	184
5.2	Fauna darat.....	187
5.2.1	Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTU, WTT, dan WTS.....	187
5.2.2	Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTPM	188
5.3	Plankton Sungai	189
5.3.1	Evaluasi Kelimpahan Plankton	189
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 Jenis Bentos Mangrove	194
5.4.3	Evaluasi Jumlah Jenis dan Keanekaragaman Fauna Burung Mangrove	197
5.5	Biota Laut.....	197
5.5.1	Evaluasi Perbandingan Substrat Karang	197
5.5.2	Evaluasi Perbandingan Spesies Invertebrata.....	201

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.....	17
Gambar 3. 4 Struktur Alat Pitfall Trap.....	19
Gambar 3. 5 Struktur Alat <i>Pan Trap</i>	19
Gambar 3. 6 Ilustrasi Metode Visual Survey	20
Gambar 3. 7 Titik pemantauan biota sungai.	24
Gambar 3. 8 Titik pemantauan mangrove.....	28
Gambar 3. 9 Desain petak contoh berupa jalur berpetak (Ghufrona, 2015).	29
Gambar 3. 10 Titik pemantauan biota laut.....	34
Gambar 4. 1 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Virgin (Alami).....	41
Gambar 4. 2 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2015 (N8).....	42
Gambar 4. 3 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2016 (N7).....	44
Gambar 4. 4 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2017 (N6).....	45
Gambar 4. 5 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2018 (N5).....	47
Gambar 4. 6 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2019 (N4).....	48
Gambar 4. 7 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2020 (N3).....	50
Gambar 4. 8 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2021 (N2).....	51
Gambar 4. 9 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Revegetasi tahun 2022 (N1).....	52

Gambar 4. 10 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Area Terganggu (N0)	54
Gambar 4. 11 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang.....	56
Gambar 4. 12 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Bukit WSWD 003 (Rev. 2022), Wilayah Tambang Pulau Maniang	57
Gambar 4. 13 Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023.....	59
Gambar 4. 14 Rerata tinggi pada delapan jenis tanaman di Area Revegetasi (N1-N8) di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023.....	61
Gambar 4. 15 Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM) semester II tahun 2023.....	62
Gambar 4. 16 Perbandingan jumlah spesies pada dua belas area pemantauan di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023	65
Gambar 4. 17 Persentase penutupan tanah oleh tumbuhan <i>cover crop</i> di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023	66
Gambar 4. 18 Tumbuhan jenis Kayu besi <i>Xantosthemon novoguineensis</i> dan Mangga-mangga <i>Buchanania arborescens</i> dijumpai mendominasi di area virgin.....	69
Gambar 4. 19 Tumbuhan jenis Kantong semar <i>Nepenthes</i> sp. yang dijumpai diwilah tambang PT Antam, Pomalaa	71
Gambar 4. 20 Tumbuhan jenis Belimbing bajo <i>Sarcotecha celebica</i> dan Kersen hutan <i>Trema Orientale</i> yang dijumpai sebagai tumbuhan pioneer di area revegetasi	73
Gambar 4. 21 (a) Monyet Butung yang dijumpai di area TPA (b) Bekas galian Babi Hutan yang sering dijumpai pada wilayah pengamatan, khususnya di area revegetasi.	75

Gambar 4. 22 Baza Jerdon <i>Aviceda jerdoni</i> , burung berstatus dilindungi di Indonesia dengan kategori Appedidix II, yang dijumpai di area virgin, Wilayah Tambang Tengah.....	81
Gambar 4. 23 Burung madu kelapa (Jantan) <i>Anthreptes malacensis</i> yang dijumpai pada area Area Bukit TLE-TLF (revegetasi 2015) WTT	82
Gambar 4. 24 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di PT Antam Tbk.....	84
Gambar 4. 25 Burung kehicap Sulawesi <i>Hypothymis azurea</i> burung berkicau endemik Sulawesi ditemukan di area bukit fortuner (revegetasi 2021).....	85
Gambar 4. 26 Burung srigunting jambul rambut <i>Dicrurus hottentottus</i> merupakan jenis burung yang ditemukan hanya di area Area Bukit Triton (rev 2019) WTS.....	85
Gambar 4.27 Pada Area Bukit QT (rev 2018) WTS ditemukan dua ekor Elang alap ekor totol <i>Accipiter gularis</i> kehadiran burung pemangsa mengindikasikan ekosistem rantai makanan yang sehat pada area ini.....	87
Gambar 4. 28 Burung madu hitam <i>Nectarina aspasia</i> adalah burung kecil pemakan nektar yang terlihat tersebar di area WTPM.	88
Gambar 4. 29 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di WTPM	90
Gambar 4. 30 Burung kaca mata laut <i>Zosterops chloris</i> adalah burung pemakan serangga dan dapat ditemukan pada area Bukit WSWD 003 (area revegetasi 2022) dan <i>Haulingroad</i> (area virgin), Pulau Maniang.....	90
Gambar 4. 31 Perbandingan jumlah spesies serangga berdasarkan ordo serangga pada pemantauan 2023.	96
Gambar 4. 32 Komposisi Ordo tiap stasiun, Angka dalam blok grafik merupakan jumlah spesies dari ordo/blok tersebut.....	97

Gambar 4. 33 Perbandingan jumlah spesies serangga pada pemantauan 2023. Trendline menunjukkan adanya kenaikan jumlah spesies.....	98
Gambar 4. 34 Kepompong Kupu-kupu <i>Charaxes</i> sp. yang hinggap di daun Tirotasi.....	99
Gambar 4. 35 Indeks Keanekaragaman tiap stasiun. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data keseluruhan (gabungan hasil pengamatan dengan menggunakan tiga metode).....	100
Gambar 4. 36 Histogram Indeks Keanekaragaman tiap stasiun. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data keseluruhan (gabungan hasil pengamatan dengan menggunakan tiga metode).	101
Gambar 4. 37 Lalat <i>Chrysomyia</i> sp. yang sedang bertengger pada daun	102
Gambar 4. 38 Histogram Indeks Keanekaragaman pada Bukit IV.V Area Terganggu.....	102
Gambar 4. 39 Belalang kembara <i>Locusta migratoria</i>	103
Gambar 4. 40 Histogram Indeks Keanekaragaman Bukit Strada N+1.	103
Gambar 4. 41 <i>Leucopholis rorida</i>	104
Gambar 4. 42 Histogram Indeks Keanekaragaman Bukit Strada N+2	104
Gambar 4. 43 Tawon <i>Ropalidia</i> sp.	105
Gambar 4. 44 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area bukit Oscar N+3	105
Gambar 4. 45 Kupu-kupu kuning <i>Catopsilla pomona</i>	106
Gambar 4. 46 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Q N+4.	106
Gambar 4. 47 Kupu-kupu <i>Danaus affinis</i> yang tergolong kupu-kupu langka ...	107
Gambar 4. 48 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit QT N+5	107
Gambar 4. 49 Tawon kertas <i>Polistes</i> sp.	108
Gambar 4. 50 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TY2 N+6 ..	108
Gambar 4. 51 Kepik <i>Epilachna admirabilis</i>	109
Gambar 4. 52 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TY2 N+7 ..	109
Gambar 4. 53 Kupu-kupu <i>Charasex</i> sp.....	110
Gambar 4. 54 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TLE-TLF N+8	110
Gambar 4. 55 Ngengat <i>Amata huebneri</i>	111

Gambar 4. 56 Keanekaragaman plankton sungai pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk, Pomalaa Semester II tahun 2023.	112
Gambar 4. 57 Kelimpahan Plankton pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka Semester I tahun 2023.	113
Gambar 4. 58 Histogram Indeks Nilai Penting (%) jenis mangrove pada Pantai Harapan (PH), Sitado (ST) dan Pesisir Galangan (PG) di lokasi tambang PT Antam Tbk, Pomalaa tahun 2023, Semester 2.....	116
Gambar 4. 59 Rerata tinggi jenis vegetasi di kawasan Mangrove Pantai Harapan, Sitado, dan Pesisir Galangan pada pemantauan 2023 Semester 2.....	118
Gambar 4. 60 Histogram Perbandingan Nilai Indeks Keanekaragaman Makrozoobenthos pada Lokasi Pemantauan PT Antam Tbk. Semester II tahun 2023.	122
Gambar 4.61 Cabai panggul kelabu <i>Diaceum celebicum</i> salah satu burung endemic Sulawesi di kawasan mangrove PT Antam, Tbk	124
Gambar 4.62 Gajahan Eurasia <i>Numenius arquata</i> salah satu burung air yang sering dijumpai di kawasan mangrove PT Antam, Tbk	125
Gambar 4. 63 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, pemerataan dan dominansi fauna burung pada masing-masing habitat di kawasan mangrove	127
Gambar 4. 64 Kondisi tutupan substrat pada area pemantauan Dekat Aktivitas Antam, Jauh Aktivitas Antam dan Kontrol semester II tahun 2023.	129
Gambar 4. 65 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan yang Dekat Aktivitas Antam semester II tahun 2023. ...	130
Gambar 4. 66 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan Jauh Aktivitas Antam semester II tahun 2023.	131
Gambar 4. 67 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan area Kontrol semester II tahun 2023.	132

Gambar 4. 68 Tutupan makro alga <i>Padina</i> sp dan soft coral <i>Heteractis magnifica</i> di stasiun pemantauan Maniang 2 (a), dan <i>Leppe-Maniang</i> 2 (b)..	132
Gambar 4. 69 Penutupan substrat pada area pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) semester II tahun 2022.....	133
Gambar 4. 70 Penutupan substrat pada lokasi pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) semester II tahun 2023.....	134
Gambar 4. 71 Sponge (SP) yang merupakan Living cover yang dijumpai pada area PLTU AL 5 (a) dan PLTU AL 10 (b).	135
Gambar 4. 72 Persentase tutupan wilayah rehabilitasi Dalam Keramba Hakatutobu dan Pantai Slag semester II tahun 2023.	135
Gambar 4. 73 Kondisi nursery karang di area rehabilitasi lokasi pemantauan dalam Keramba media VAR (a) dan media <i>Spider</i> (b) serta kondisi <i>Coral Bleaching</i> pada media <i>Spider</i> Pantai Slag (c).	136
Gambar 4. 74 Nilai Kelimpahan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area perairan laut sekitar aktivitas PT Antam UBPN Kolaka.....	138
Gambar 4. 75 Nilai Kepadatan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area perairan laut sekitar PLTU PT Antam UBPN Kolaka.	139
Gambar 4. 76 Nilai Kepadatan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area Rehabilitasi Terumbu Karang PT Antam UBPN Kolaka.....	140
Gambar 4. 77 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area sekitar Antam.....	143
Gambar 4. 78 Koloni ikan famili Pomacentridae pada area reef flat Stasiun Maniang 1.....	144
Gambar 4. 79 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area sekitar Antam	145
Gambar 4. 80 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area sekitar aktivitas Antam.....	146

Gambar 4. 81 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area PLTU.	147
Gambar 4. 82 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area PLTU.	148
Gambar 4. 83 Schooling ikan target <i>Siganus vulpinus</i> di area PLTU AL 5 dan ikan indikator <i>Chelmon rostratus</i> di area PLTU AL 10.	149
Gambar 4. 84 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area PLTU.	149
Gambar 4. 85 Kondisi substrat pada PLTU AL 3.	150
Gambar 4. 86 <i>Hamphead/Napoleon (Cheilinus undulatus)</i> dan Ikan Napoleon <i>Bolbometopon muricatum</i> pada stasiun Hakatutobu 1 (keramba dalam).	150
Gambar 4. 87 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area rehabilitasi.	151
Gambar 4. 88 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area Rehabilitasi.	152
Gambar 4. 89 <i>Chaetodon lunulatus</i> salah satu spesies ikan indikator yang dijumpai pada area Pantai Slag.	152
Gambar 4. 90 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area Rehabilitasi.	153
Gambar 4. 91 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam, Jauh dengan aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).	154
Gambar 4. 92 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam, Jauh dengan aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).	155
Gambar 4. 93 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).	156
Gambar 4. 94 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).	157
Gambar 4. 95 Keanekaragaman Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutobu dan pantai Slag.	158

Gambar 4. 96 Kelimpahan Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutobu dan
pantai Slag. 159

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Koordinat Lokasi Pemantauan Flora Fauna semester II tahun 2023	7
Tabel 3. 2 Koordinat Lokasi Pemantauan Serangga Darat semester II tahun 2023	16
Tabel 3. 3 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Sungai semester II tahun 2023	22
Tabel 3. 4 Koordinat Lokasi Pemantauan Mangrove semester II tahun 2023.	27
Tabel 3. 5 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Laut semester II tahun 2023.	32
Tabel 4. 1 Indeks Keanekaragaman (H') jenis tumbuhan berdasarkan Indeks Shannon-Wiener di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa, Semester II tahun 2023	63
Tabel 4. 2 Jenis tumbuhan khas dan mendominasi di wilayah Antam	70
Tabel 4. 3 Daftar Jenis Burung di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk.....	78
Tabel 4.4 Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTU, WTT, dan WTS.....	80
Tabel 4. 5 Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi di setiap habitat	82
Tabel 4. 6 Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTPM.....	87
Tabel 4.7 Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada masing-masing habitat di WTPM	89
Tabel 4. 8 Daftar ordo dan jenis serangga yang ditemukan pada pemantauan antam 2023.	92
Tabel 4. 9 Daftar jenis Mangrove yang terpantau tumbuh di area Pantai Harapan, Sitado dan Pesisir Galangan PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023.....	117
Tabel 4.10 Jumlah dan status konservasi fauna burung kawasan Mangrove.....	124
Tabel 4. 11 Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada kawasan Mangrove.....	125
Tabel 4. 12 Jenis jenis invertebrata indikator dan non indikator dalam metode <i>reef check</i>	137

Tabel 5. 1 Komposisi jenis Mangrove pada keempat periode pemantauan..... 193
Tabel 5. 2 Komposisi jenis benthos berdasarkan periode pemantauannya..... 195

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Antam Tbk. Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka sebagai usaha yang telah mendapat 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 dalam upaya penataan pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan lingkungan sesuai dengan pada dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Amdal).

Pada periode pemantauan semester II tahun 2023, PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka tetap konsisten 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 bekerja sama 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 pengelolaan dan pemantauan.

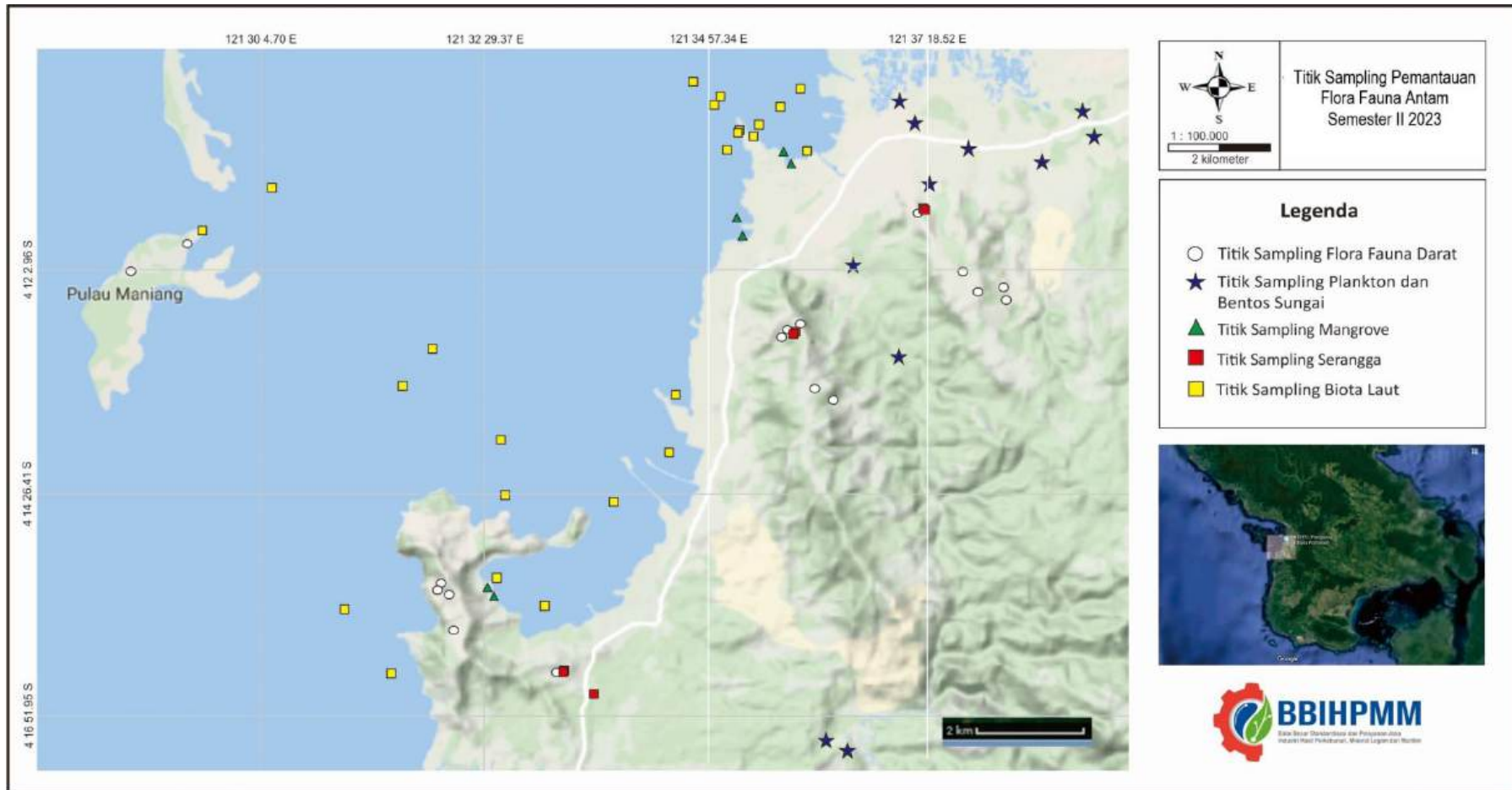
2. Memberikan kemudahan kepada berbagai instansi terkait dalam pengawasan pelaksanaan Pengelolaan dan pemantauan lingkungan.
3. Tersedianya data-data bagi pemrakarsa untuk dimanfaatkan dalam melaksanakan sistem pengelolaan lingkungan yang berdasarkan prinsip-prinsip perbaikan secara terus menerus (*continual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

1.3 Waktu dan Lokasi Pemantauan

Kegiatan pemantauan flora dan fauna serta biota perairan semester II dilaksanakan pada periode bulan Desember 2023. Lokasi kegiatan ini secara umum berada pada area 4°12'20.55"–4°11'6.79" LS dan 121°35'26.94"–121°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 permodalan	: 65% Mining Industry Indonesia (MIND ID) dan 35% Publik.
Bidang usaha dan atau kegiatan	: Pertambangan Nikel.
SK AMDAL yang disetujui	:
	1. SK Bupati Kolaka No. 30 Tahun 2005.
	2. SK Bupati Kolaka No. 188.45/162/2014 tentang Kelayakan lingkungan hidup adendum 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 adendum 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	: General Manager South East Sulawesi 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 : Salman Al Farisi, S.Si
 - b. Tim Flora, Fauna Darat dan Mangrove : Mutiara Hikmah Shabrina, S.Si
: Mega Karunia Sari, S.Si
: Anisa Iriani
: Amelia Gabriel Kangsantoso
: A. Darmawansyah Ridwan, S.Si
: Abdul Hayat
: Sita, S.Si
: Corezy Filadelfi Amba Salu
: Saefullah Musawwir, S.Si
 - c. Tim Biota perairan : Ambo Tuwo, S.Pi
: Farhan Syah Rafli Pasolong, 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 dua tahun dan kurang dari tiga 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 tiga tahun dan kurang dari empat 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 empat tahun kedua dan kurang dari lima 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 lima tahun dan kurang dari enam 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 enam tahun dan kurang dari tujuh 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 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 II 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			
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

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
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 2016)*	UTM 51M 343913.227E 9534310.457N	4° 12' 42.80" S 121° 35' 37.16" E	WTT
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			

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
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:

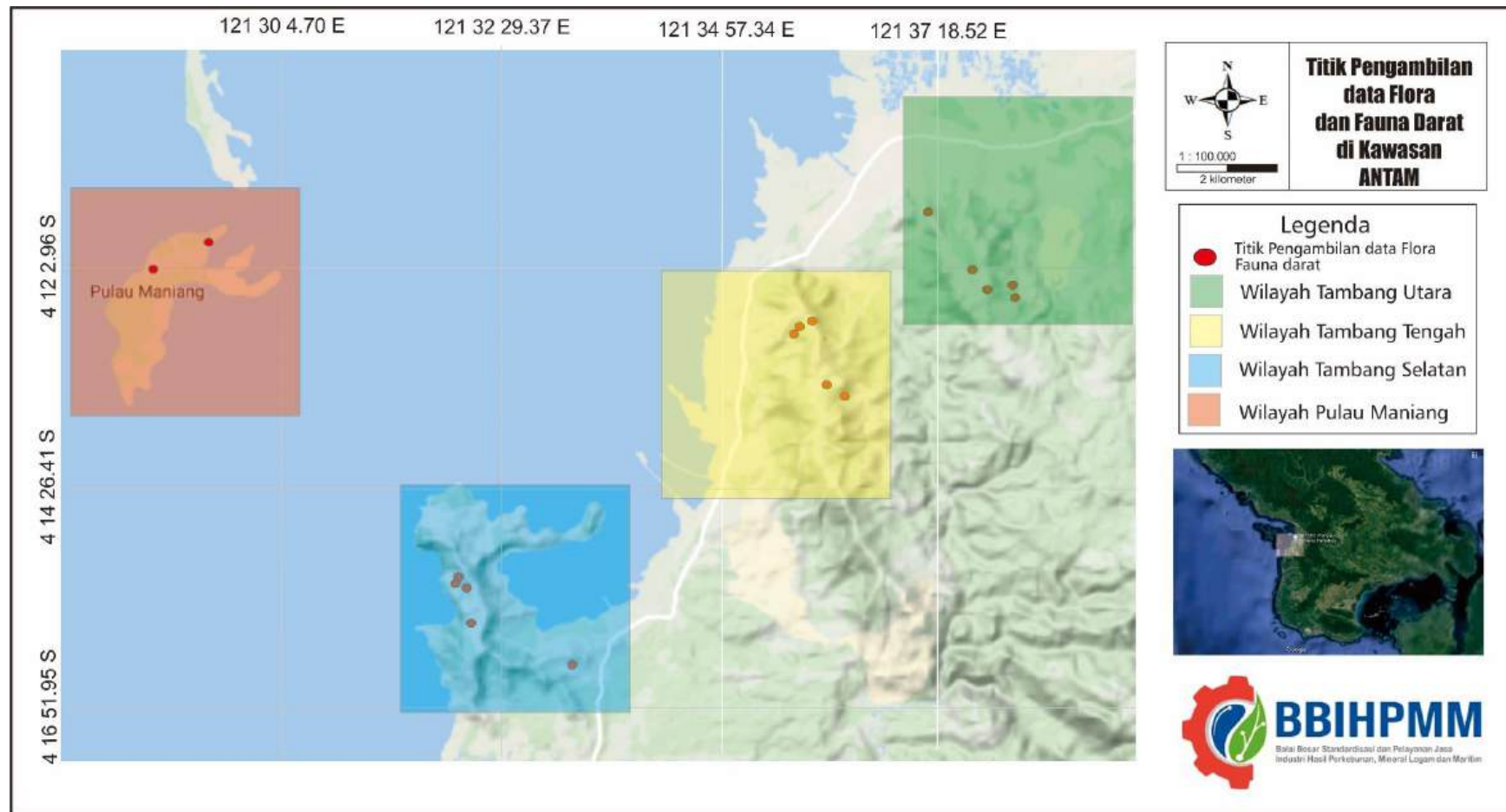
WTU : Area Tambang Utara

WTT : Area Tambang Timur

WTS : Area Tambang Selatan

WTPM : Area Tambang Pulau Maniang

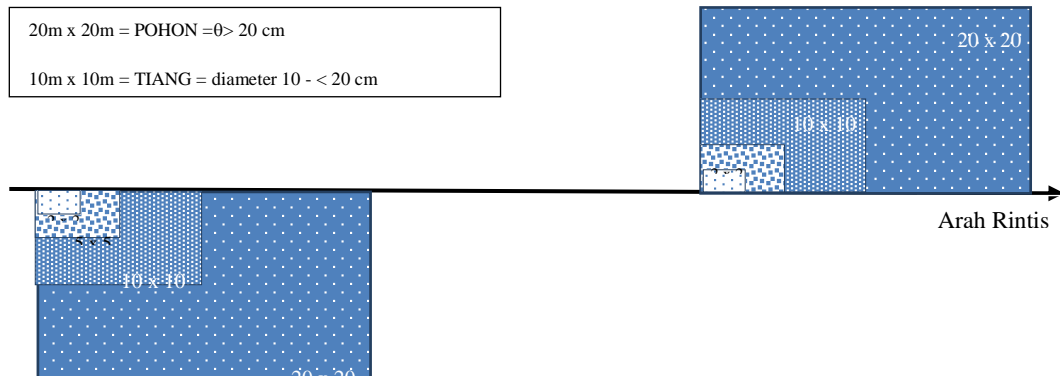
* : Lokasi pemantauan fauna darat (Serangga)



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 ditempati 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 identifikasi 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** ($KM \frac{ind}{meter^2}$) = $\frac{Jumlah\ individu\ sp\ i}{Total\ luas\ plot}$(3.1).

b. **Kerapatan Relatif** (%) = $\frac{Kerapatan\ mutlak\ sp\ i}{Total\ kerapatan\ mutlak\ seluruh\ sp} \times 100\%$(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) = $\frac{Jumlah\ plot\ yang\ di\ tempati\ sp\ i}{Jumlah\ semua\ plot}$(3.3).

b. **Frekuensi Relatif** (FR) = $\frac{Frekuensi\ mutlak\ sp\ i}{Total\ jumlah\ frekuensi\ seluruh\ sp} \times 100\%$(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) = $\frac{Luas\ bidang\ dasar\ sp\ i}{Total\ luas\ plot}$(3.5).

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

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

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 disampling 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.

$$H' = - \sum P_i \cdot \ln(P_i)$$

$$P_i = n_i/N$$

Dimana :

H': Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener.

P_i : Probabilitas spesies (kepadatan relatif).

ln(pi): Logaritma bilangan natural dari pi.

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 Pielou (E)

Keanekaragaman di 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

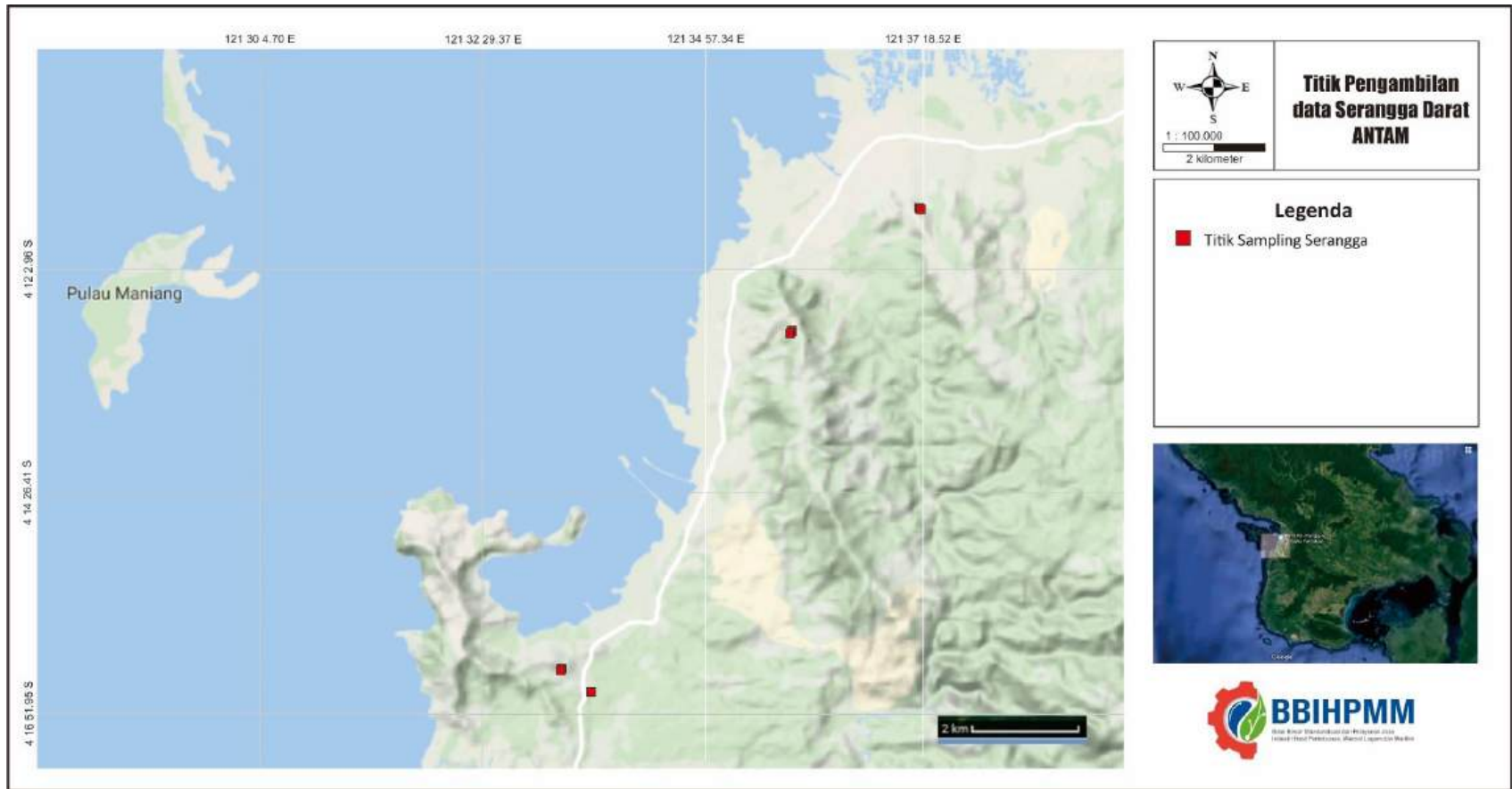
3.2 Pemantauan Serangga Darat

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 II 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	WTT
N+7 (Bukit TY2)	51M 343990.486E 9534355.775N	
N+8 (Bukit TLE-TLF)	51M 344750.649E 9533020.271N	



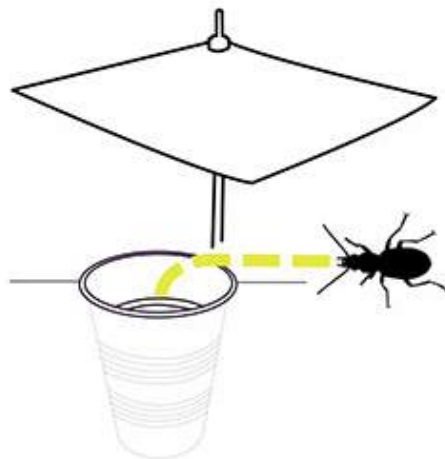
Gambar 3. 3 Titik Pemantauan Serangga Darat

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

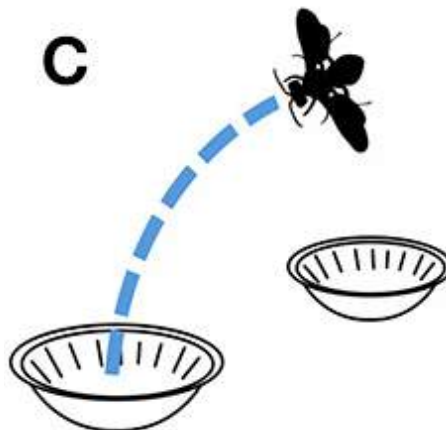
Pitfall Trapping merupakan metode yang umum digunakan untuk mengoleksi serangga-serangga yang hidup di bawah permukaan tanah. alat ini berupa wadah yang di letakan terbenam dimana mulut wadah sejajar dengan permukaan tanah dengan struktur corong menutupi bagian atasnya. Agar lubang masuk tidak tertutupi air atau dedaunan, di pasang struktur atap tepat di atas lubang perangkap seperti pada **Gambar 3.4**. Prinsip kerja alat ini memanfaatkan perilaku serangga yang berjalan di permukaan tanah, melewati permukaan corong kemudian masuk ke dalam 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

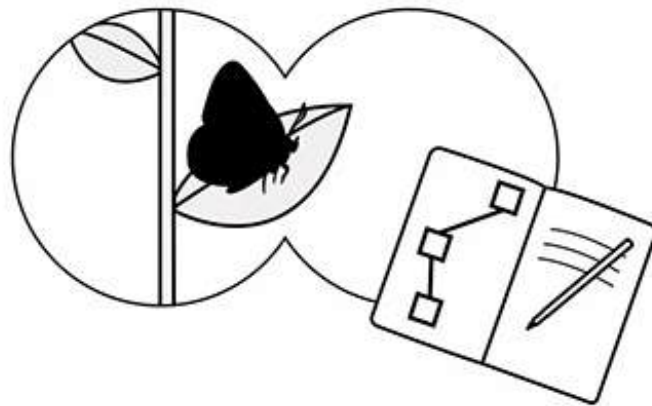
Pan Trap merupakan metode pengkoleksian serangga dengan menggunakan wadah yang terisi dengan cairan (air sabun atau propylene glycol) yang di pasang untuk menarik serangga **Gambar 3.5**. Selain aroma cairan, alat ini memanfaatkan warna pada wadah sebagai daya tarik serangga. Warna yang paling disukai adalah warna kuning. *Pan Trap* dapat dibuat dari wadah apa pun yang dapat menampung cairan (biasanya plastik sekali pakai). Ukuran penampung tidak mempengaruhi hasil tangkapan. Umumnya digunakan wadah berdiameter 7 cm. Wadah perangkap dapat di tepatkan di atas permukaan tanah atau dapat dibenamkan di antara substrat 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 spesimen), 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 perangkap. 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 merespons 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 II 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 Pesouha (hulu), Tambang Utara.	UTM 51M 349137.585E 9537636.277N	4 °10'54.82"S 121 °38'26.77"E	WTU

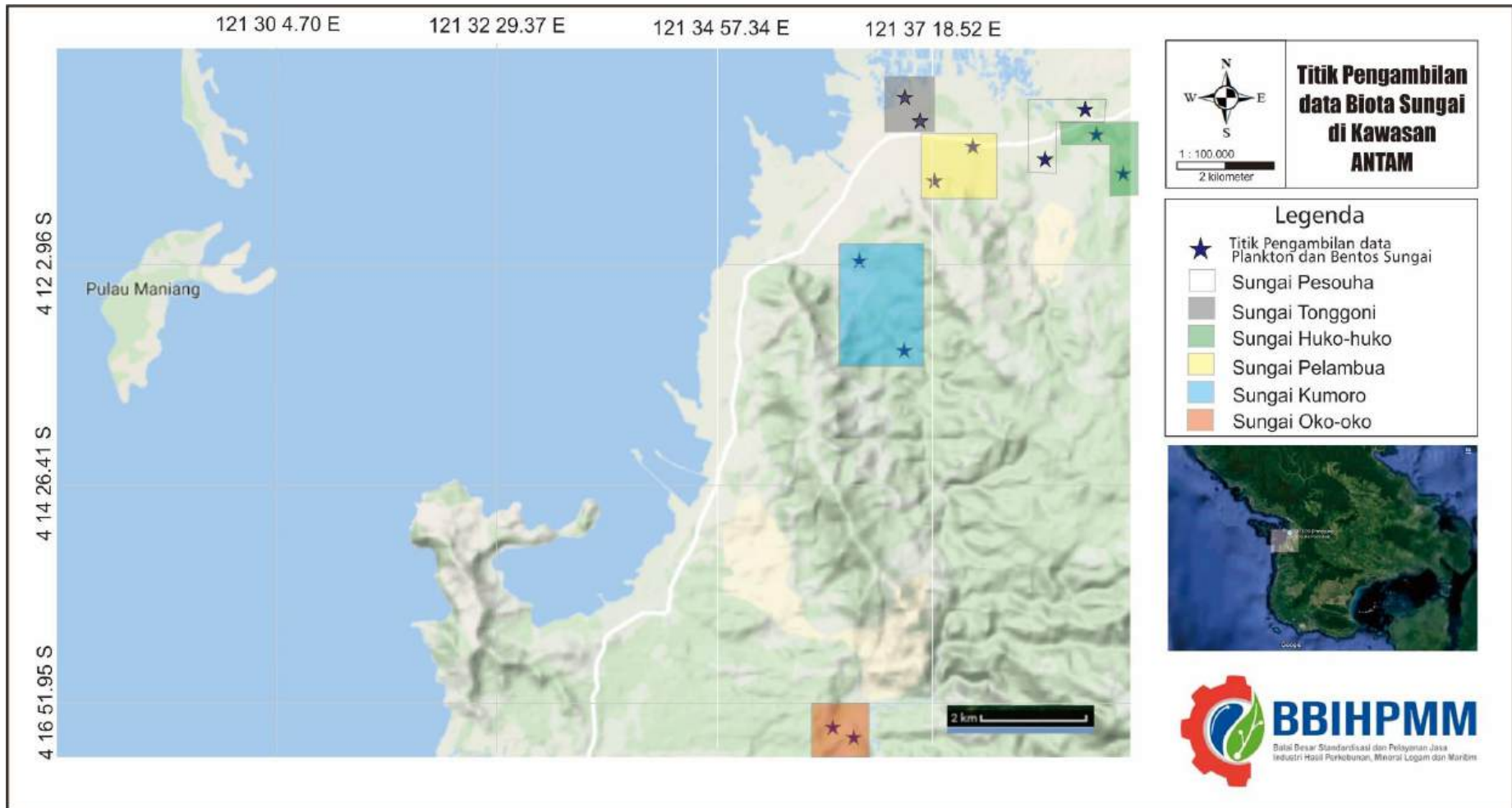
Sungai Kumoro (hilir), Tambang Tengah.	UTM 51M 344912.673E 9535836.531N	4 °12'19.22" S 121 °36'9.61"E	WTT
Sungai Kumoro (hulu), Tambang Tengah.	UTM 51M 346259.03E 9534168.309N	4 °12'59.06" S 121 °37'4.58" E	WTT
Sungai Oko-oko (hilir), Tambang Selatan.	UTM 51M 351309.112E 9537381.132N	4 ° 18'23.79" S 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 Shannon-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 metode sapuan di atas *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 II tahun 2023.

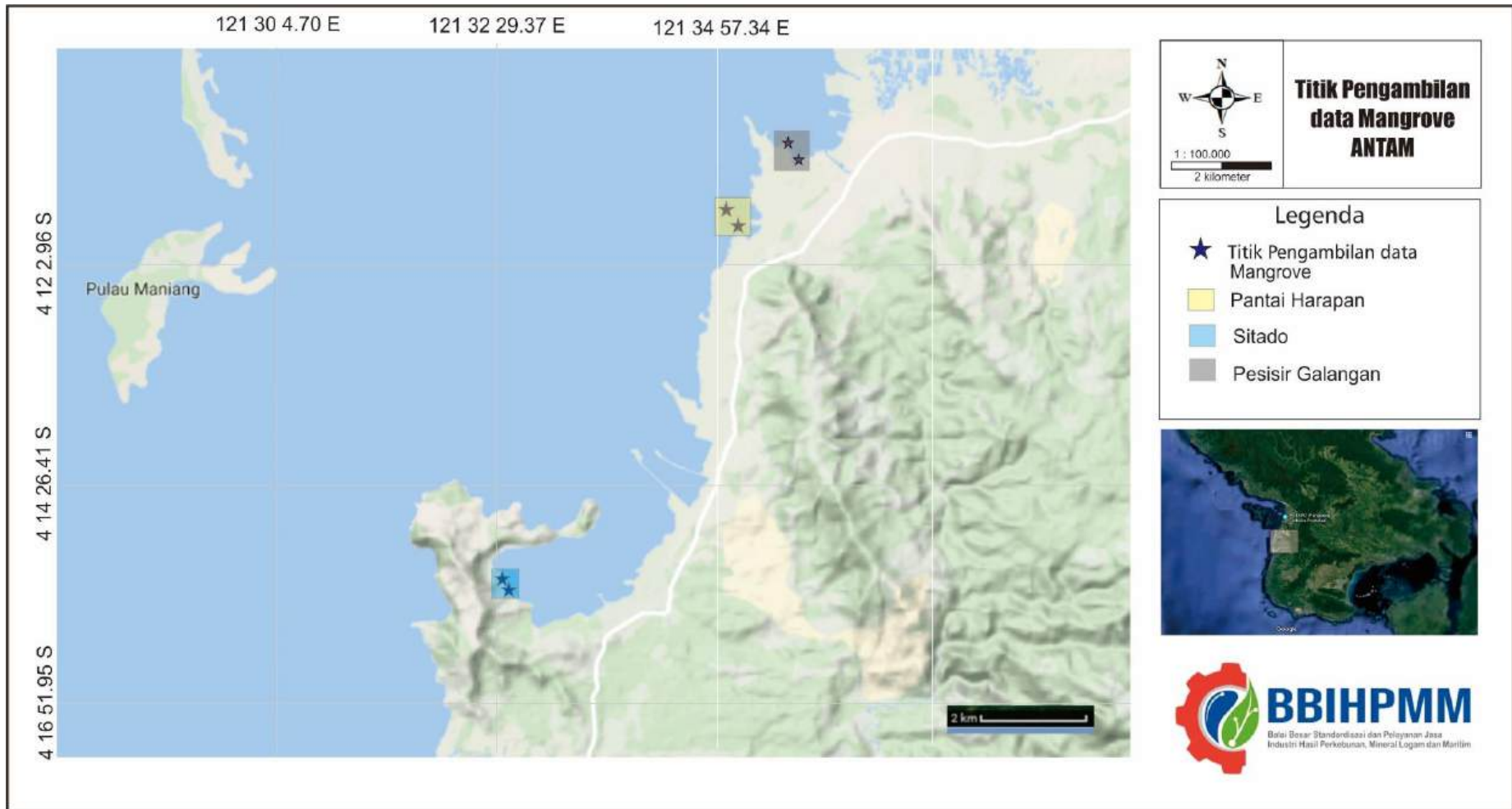
Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Area rehabilitasi Mangrove, Pantai Harapan	UTM 51M 343854.674E 9536577.874N	4° 11' 28.98" S 121° 35' 35.40" E	WTU
Area virgin Mangrove, Pantai Harapan	UTM 51M 344049.242E 9536340.354N	4° 11' 36.72" S 121° 35' 41.69" E	WTU
Area rehabilitasi Mangrove, 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



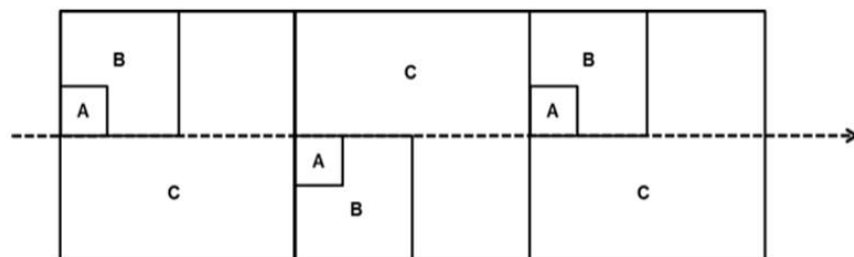
Gambar 3. 8 Titik pemantauan Mangrove

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 = $\frac{\text{Jumlah luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{Luas area sampling/total luas plot}}$

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 (H')

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

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

Keterangan :

H' : Indeks keanekaragaman (Shannon-Wiener)

ni : Jumlah total individu spesies (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 bentos 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 di bagian 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.

3.5. Pemantauan Biota Laut

3.5.1 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 modeling 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 UBPB 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**.

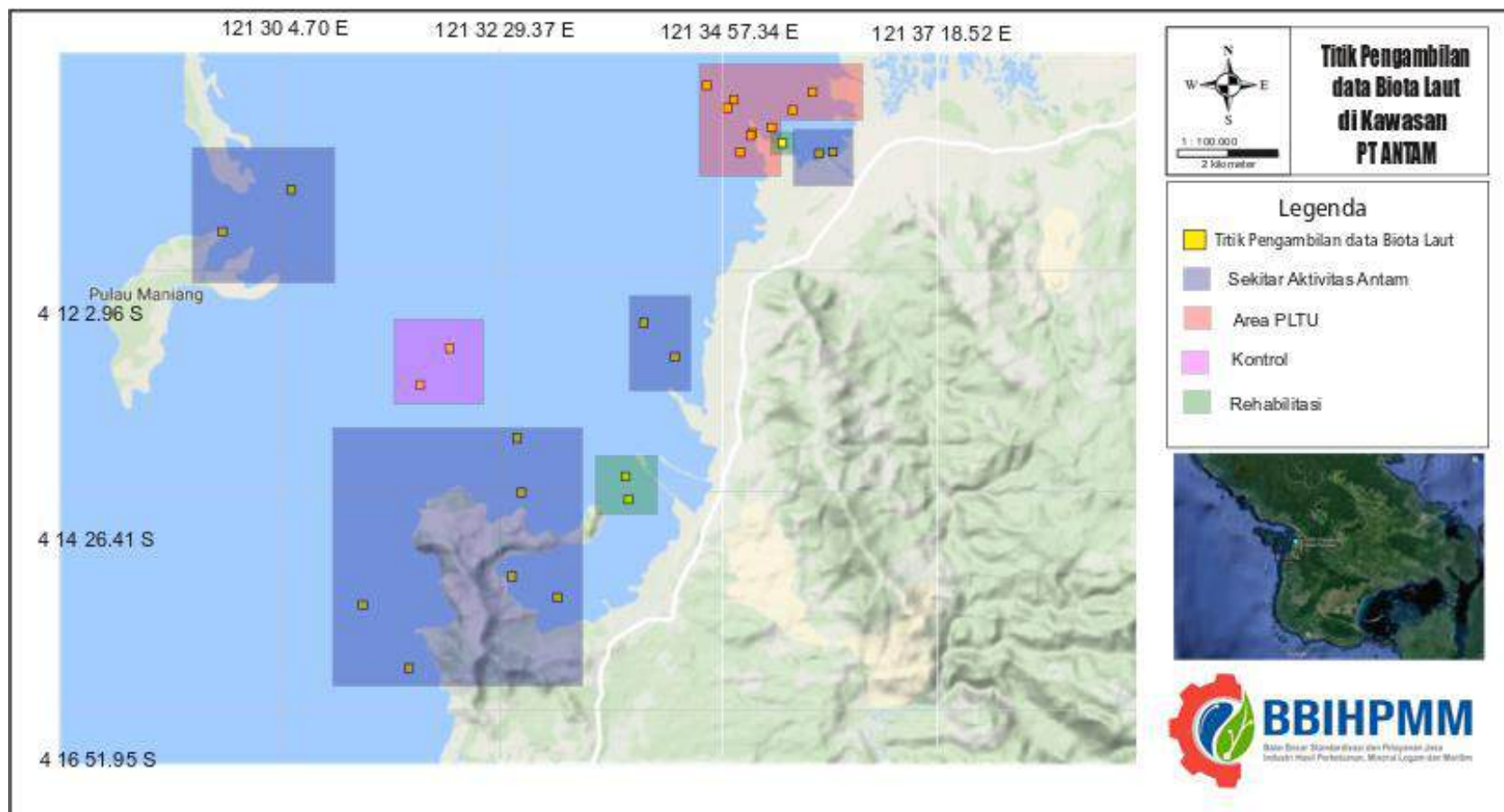
Tabel 3. 5 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Laut semester II tahun 2023.

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
lokasi ini 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Tengah	UTM 51M 341660.161E 9533873.709N	4°12'56.89" S 121°34'24.07" E	WTT
lokasi ini 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
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

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
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 Barat), Tambang Utara.	UTM 51M 0342566 9539210	4°10'3.2" S 121°34'53.76" E	WTU
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.

3.5.2 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 di sepanjang 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 sehingga terdapat 40 titik data di 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 apa pun yang ditutup turf alga atau koralin alga, dan karang yang mati lebih dari setahun, dalam literatur 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%**.

3.5.3 Metode Pemantauan Bentos/Invertebrata

Pemantauan invertebrata dilakukan dengan metode transek sabuk (*belt transect*) sepanjang 100 meter yang mengacu pada standar *Reef Check International*. Di sepanjang 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 di sepanjang garis transek untuk menghitung invertebrata indikator. Posisi terbaik untuk mendata invertebrata adalah wajah menghadap ke bawah 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*
7. Lobster *Panulirus versicolor*.
8. *Giant Clam*: Kima *Tridacna* spp.
9. *Sea Cucumber*: Teripang dengan jenis *Thelenata ananas*, *Stichopus cloronatus*, dan *Holothuria edulis*.

3.5.4 Metode Pemantauan Ikan

Pemantauan ikan/*nekton* dilakukan dengan metode UVC (*Underwater Visual Census*). Di sepanjang 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 ke dalam 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 di atas 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):

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

Keterangan X : kelimpahan ikan karang

X_r : jumlah ikan pada stasiun pengamatan ke-i

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

3.5.5 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

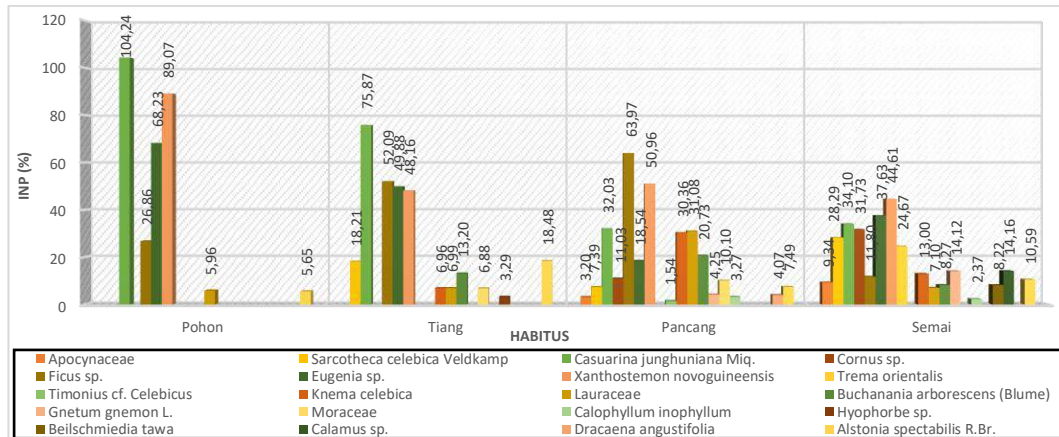
4.1.1 Flora Darat

Pemantauan flora darat yang ada di Wilayah PT Antam Tbk, Pomalaa 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 II 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 28,8°C–31°C, kelembapan udara antara 73,9%–77,2%, intensitas cahaya 1.429 lux–1.791 lux, kelembapan tanah 10%-20%, dan pH tanah 7-8.

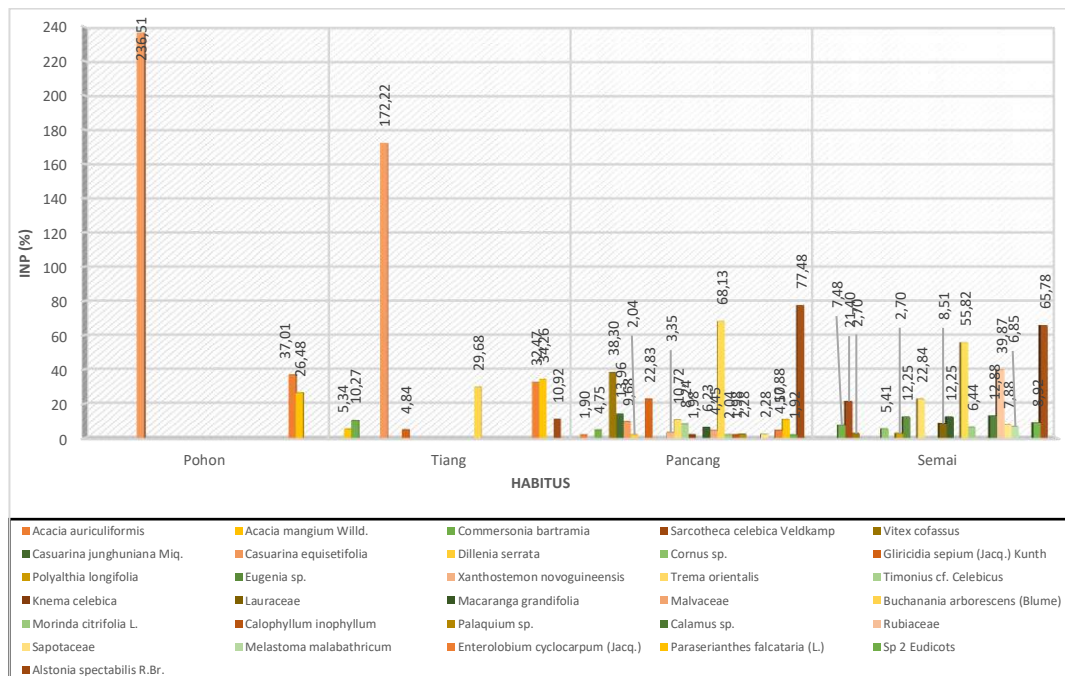
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 6 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di area virgin (alami), INP tertinggi dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (104,24%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (5,65%). 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. (75,87%) dan terendah dari jenis Palem *Hyophorbe* sp. (3,29%). 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. (63,97%) dan terendah dari jenis Ketimunan *Timonius cf Celebicus* (1,54%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 16 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (44,61%) dan INP terendah dari jenis tumbuhan Nyamplung *Calophyllum inophyllum* (2,37%).

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,

Jambu-jambu, Beringin, Tirotasi 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 28,7°C–30,0°C, kelembapan udara 72,6%-76,3%, intensitas cahaya 1.315 lux–1.940 lux, kelembapan tanah 20%, dan pH tanah 8.

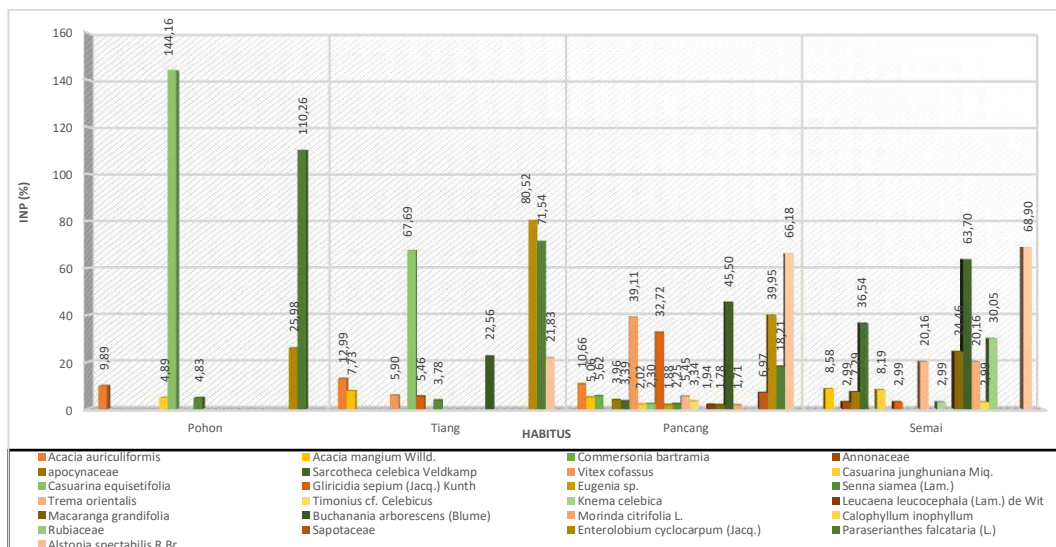
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area

Revegetasi tahun 2015 (N8), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (236,51%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (26,48%). 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* (172,22%) dan terendah dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (4,84%). 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. (77,48%) dan terendah yaitu Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* dengan nilai INP (1,90%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 17 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (65,78%) dan INP terendah dari dua jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus* dan Glodokan tiang *Polyathia longifolia* dengan nilai INP (2,70%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2015 (N8) terdapat 31 jenis tumbuhan. Dari seluruh jenis tumbuhan tersebut tidak dijumpai tumbuhan yang mempunyai habitus hidup lengkap. Terdapat 6 jenis tumbuhan yang memiliki tiga kategori habitus. Habitus tumbuhan yang memiliki kategori pohon, tiang dan pancang meliputi Cemara laut, Sengon laut dan Sengon buto, sedangkan tiga jenis lainnya yang dijumpai dengan habitus semai, pancang dan tiang yaitu Belimbing hutan, Mangga-mangga, dan Tirotasi. 25 jenis tumbuhan lainnya hanya dua kategori habitus saja. Pada Area Revegetasi tahun 2015 (N8) relatif sudah baik dengan terjadinya suksesi alami dan keanekaragaman jenis alami yang tumbuh dengan baik, sehingga fungsi ekosistem akan berfungsi lebih alami. Pada Area Revegetasi tahun 2015 (N8) juga memperlihatkan tanaman pionir telah tumbuh dengan baik mencapai puncak bahkan ada telah mengalami kematian seperti jenis Sengon yang ditemukan telah mengalami kematian, namun hal ini tidak memberikan masalah terhadap kondisi ekosistem karena vegetasi alami telah tumbuh dengan baik dan akan membentuk ekosistem lebih baik atau stabil.

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)

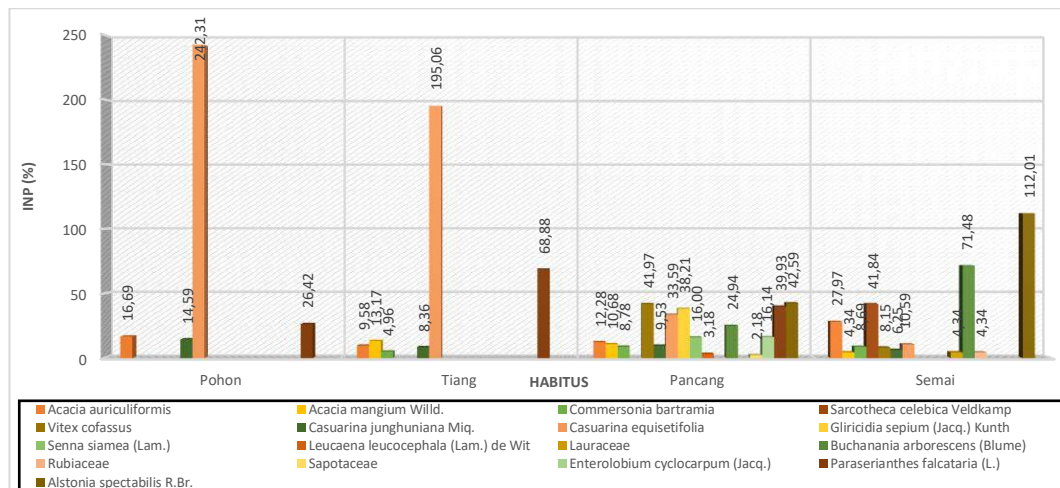
Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2016 (N7) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit I Wilayah Tambang Utara (182 mdpl) dengan luas 4,35 ha, dan Bukit TY.2 Tambang Tengah (143 mdpl) dengan luas 3,40 ha. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 26,9°C–31,6°C, kelembapan udara 53,6%–84,0%, intensitas cahaya 1.839 lux-1.930 lux, kelembapan tanah 20% dan pH tanah 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* (144,16%) 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 cyclocarpum* (Jacq.) (80,52%) 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. (66,18%) dan terendah dari jenis Mengkudu *Morinda citrifolia* L. (1,71%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 14 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* (68,90%) 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 (2,99%).

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. Pada area ini terdapat Terdapat 10 jenis tumbuhan yang memiliki tiga kategori habitus. Habitus tumbuhan yang memiliki kategori pohon, tiang dan pancang terdapat 6 jenis meliputi Cemara laut, Cemara gunung, Sengon laut dan Sengon buto, Akasia daun kecil dan Johar, sedangkan empat jenis lainnya yang dijumpai dengan habitus semai, pancang dan tiang yaitu Akasia daun lebar Gamal, Mangga-mangga, dan Tirotasi. 15 jenis tumbuhan lainnya hanya dua kategori habitus saja. Pada Area Revegetasi tahun 2016 (N7) relatif sudah baik dengan terjadinya suksesi alami dan keanekaragaman jenis alami yang tumbuh dengan baik, sehingga fungsi ekosistem akan berfungsi secara alami. Pada Area Revegetasi tahun 2016 (N7) juga memperlihatkan tanaman pionir telah tumbuh dengan baik mencapai puncak dengan habitus pohon, sementara dilain pihak suksesi vegetasi alami telah tumbuh dengan baik dan akan membentuk ekosistem yang lebih baik.

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 29,2°C–30,0°C, kelembapan udara 55,7%-77,2%, intensitas cahaya 1.429 lux–1.870 lux, kelembapan tanah 5-20%, dan pH tanah 8.

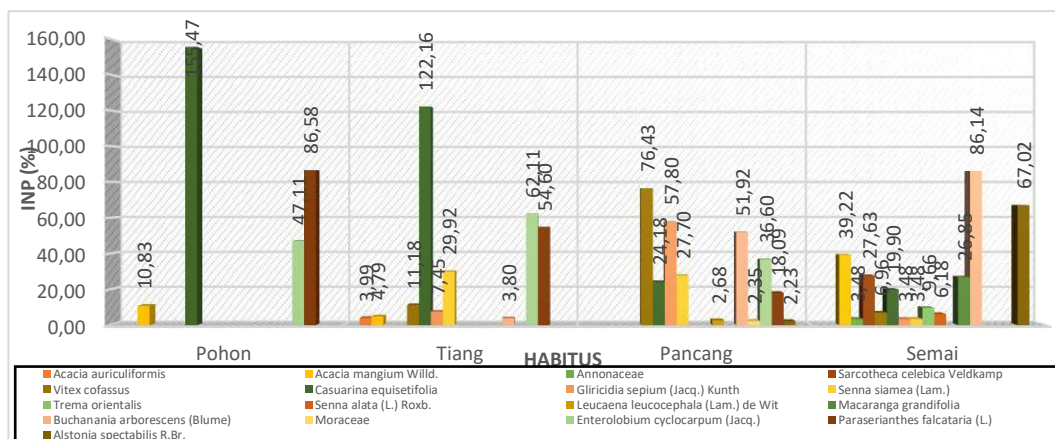
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2017 (N6). INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (242,31%) dan terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq. (14,59%). 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* (195,06%) dan terendah dari jenis Andilau *Commersonia bartramia* (4,96%). 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. (42,59%) dan terendah dari jenis famili Sapotaceae (2,18%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 11 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R. Br. (112,01%) dan INP terendah dari tiga jenis tumbuhan yaitu Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd., famili Lauraceae, dan famili Rubiaceae dengan nilai INP (4,34%).

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 3 (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 yang kategori berhabitus lengkap memiliki potensi sebagai sumber bibit untuk revegetasi.

Pada Area Revegetasi tahun 2017 (N6) memperlihatkan relatif sudah baik dengan telah ditemukan suksesi vegetasi alami dan tumbuh dengan baik, sehingga fungsi ekosistem akan berfungsi lebih alami. Pada Area Revegetasi tahun 2017 (N6) juga memperlihatkan tanaman pionir telah tumbuh dengan baik dan mencapai kategori dengan habitus pohon, sementara dilain pihak suksesi vegetasi alami telah tumbuh dengan baik dan akan membentuk ekosistem yang lebih baik.

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 28,1°C–30,5°C, kelembapan udara 40,9%–83,1%, intensitas cahaya 1.163 lux–1.550 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

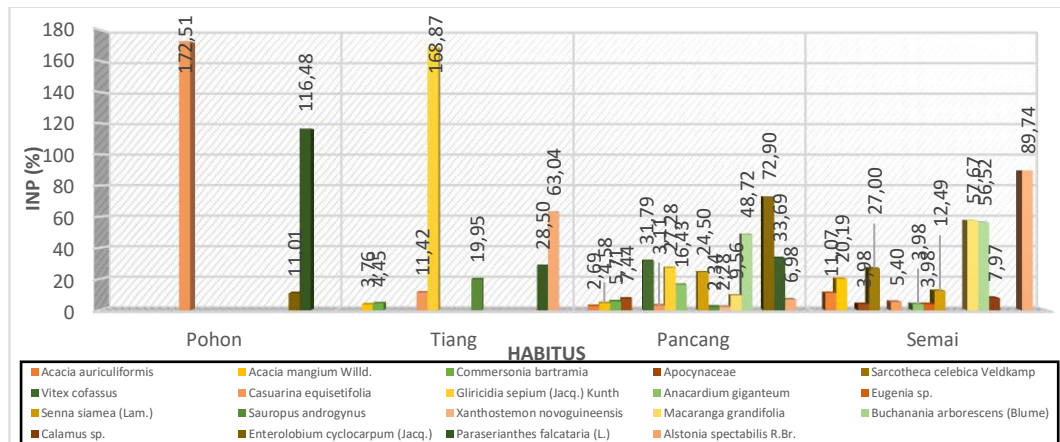
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2018 (N5), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (155,47%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd. (10,83%). 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* (122,16%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga (3,80%). 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* (76,43%) dan terendah dari jenis Tirota *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,23%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 12 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (86,14%) dan INP terendah dari tiga jenis tumbuhan yaitu

Johar *Senna siamea* (Lam.), Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) dan famili Annonaceae dengan nilai INP (3,48%).

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)

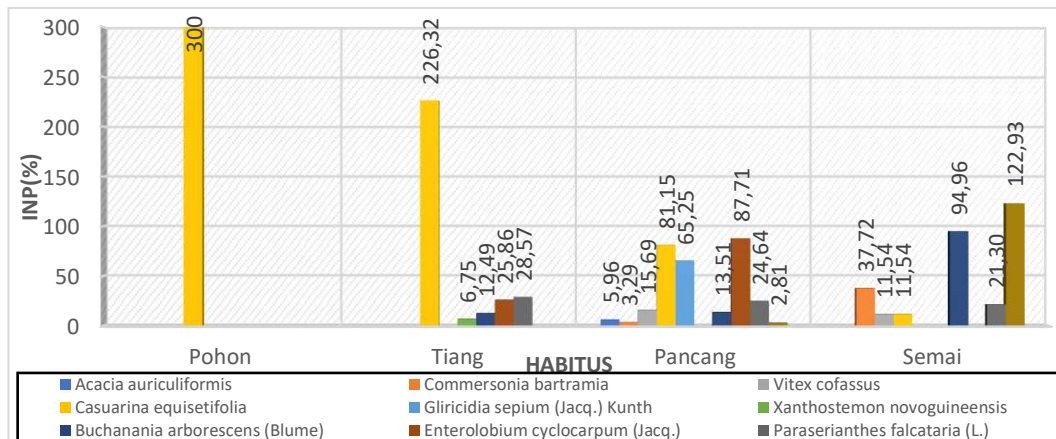
Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2019 (N4) dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit Triton (113 mdpl) dengan luas 12,55 ha dan Bukit Q (25,11 mdpl) dengan luas 7,47 ha, Wilayah Tambang Selatan. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 30,4°C–31,2°C, kelembapan udara 64,3%–64,9%, intensitas cahaya 1.143 lux–1.523 lux, kelembapan tanah 5%–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 2019 (N4). INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (172,51%) 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* (168,87%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd. (3,76%). 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.) (72,90%) dan terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (2,28%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 12 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (89,74%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu famili Apocynaceae, Jambu monyet *Anacardium giganteum* dan Jambu-jambu *Eugenia* sp. dengan nilai INP (3,98%).

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 28,3°C–33,1°C, kelembapan udara 60,3%-83,5%, intensitas cahaya 1.966 lux–1.974 lux, kelembapan tanah 10%, dan pH tanah 8.

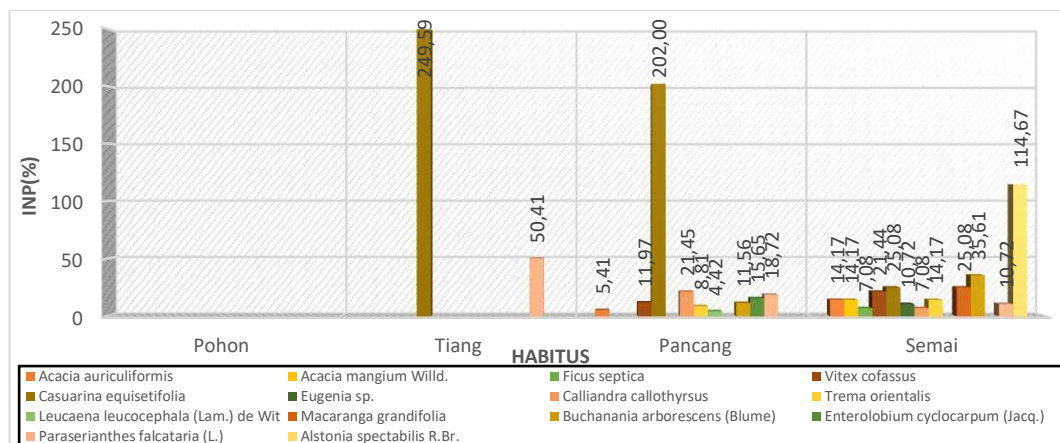
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa terdapat 1 jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) di Area Revegetasi tahun 2020 (N3), INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (300,00%). Nilai INP tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) terdapat 5 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (226,32%) 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.) (87,71%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,81%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 6 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (122,93%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus* dan Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. dengan nilai INP (11,54%).

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 **Gambar 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–32,0°C, kelembapan udara 56,2%–66,7%, intensitas cahaya 1.555 lux–1.661 lux, kelembapan tanah 10%–30%, dan pH tanah 8.

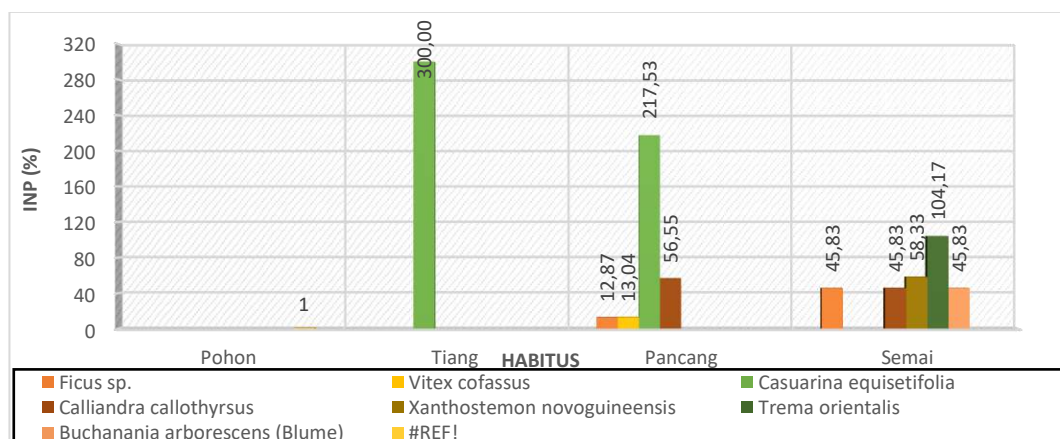
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm), namun sudah terdapat tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter batang >10 cm-<20 cm) sebanyak 2 jenis, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia*

(249,59%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (50,41%). Tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) sebanyak 9 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (202,00%) dan terendah dari jenis Lamtoro *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (4,42%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 12 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tiroisasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (114,67%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Kaliandra *Calliandra callothrysus* dan Awar-awar *Ficus Septica* dengan nilai INP (7,08%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2021 (N2) terdapat 14 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 **Gambar 4.9** berikut.



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

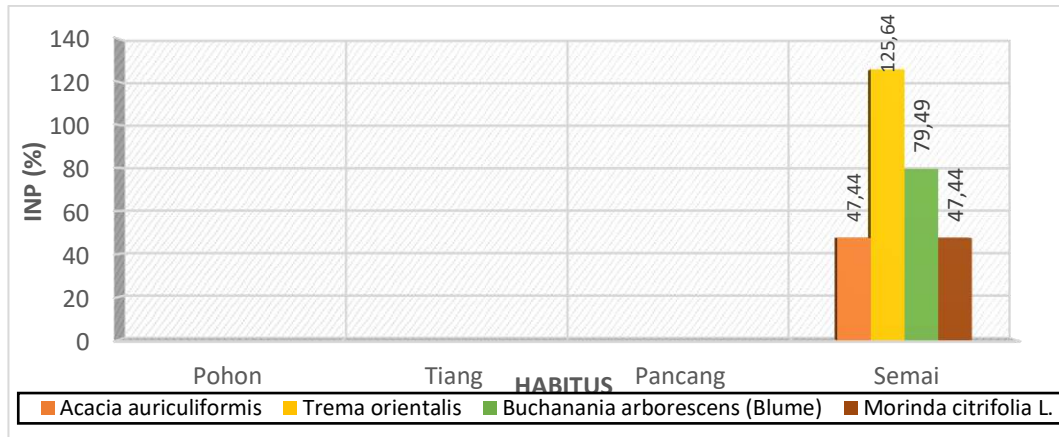
Pemantauan flora di Area Revegetasi tahun 2022 (N1) dilakukan pada satu lokasi yaitu Bukit Strada (107 mdpl) Wilayah Tambang Utara dengan luas 21,19 ha. Pemantauan vegetasi tumbuhan yang dilakukan di Area Revegetasi tahun 2022 (N1) merupakan pemantauan tahun pertama di semester ini. Adapun informasi parameter lingkungan berupa suhu udara berkisar 35°C, kelembapan udara 54,0%, intensitas cahaya 1.904 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 1 jenis dengan nilai INP dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (300,00%). Tumbuhan yang berhabitus pancang (tinggi > 1,5 m, diameter < 10 cm) sebanyak 4 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (217,53%) dan terendah dari jenis Beringin *Ficus* sp. (12,87%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 5 jenis tumbuhan, dengan nilai INP tertinggi dari jenis Kersen hutan *Trema orientalis* (104,17%) dan nilai INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu jenis Beringin *Ficus* sp., Kaliandra *Calliandra callothyrsus* dan Mangga -mangga *Buchanania arborescens* (Blume) dengan nilai INP (45,83%).

Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Revegetasi tahun 2022 (N1) terdapat 7 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 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 35,0°C–36,0°C, kelembapan udara 51,0%-54,0%, intensitas cahaya 1.704 lux –1.947 lux, kelembapan tanah 10%-35%, dan pH tanah 8.

Area terganggu merupakan area bekas wilayah pertambangan, namun belum ada proses revegetasi tanaman di dalamnya. 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*, Kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume dan Mengkudu *Morinda citrifolia* L. Selain itu terdapat tumbuhan alami dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* yang merupakan tumbuhan yang juga digunakan sebagai tanaman revegetasi. Keberhasilan pertumbuhannya ditunjang oleh faktor lingkungan misalnya kandungan unsur hara yang ada di dalam tanah serta kondisi air yang cukup.

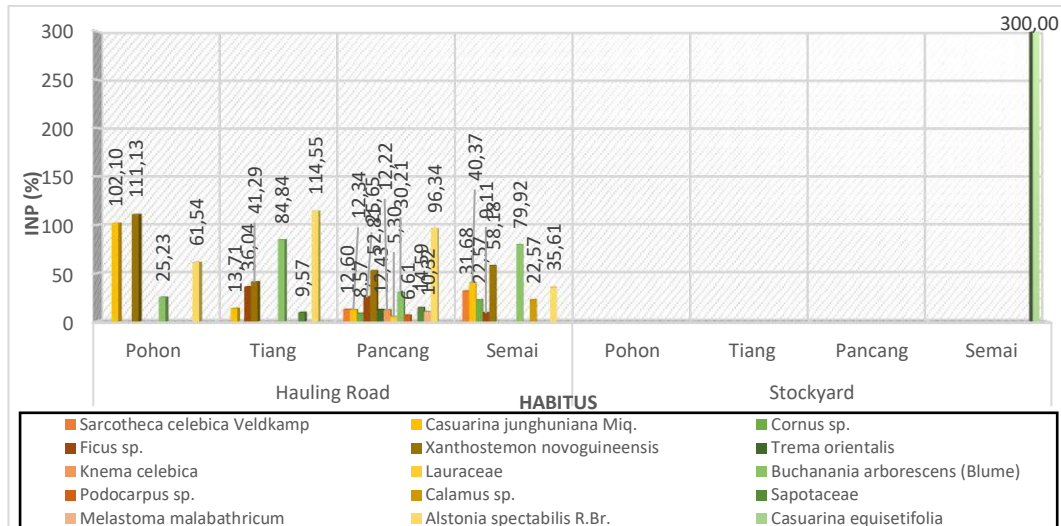
Keseimbangan ekosistem pada vegetasi flora di area ini perlu dilakukan tindakan awal sebagai salah satu cara untuk mengembalikan kondisi ekosistem seperti semula. Berdasarkan informasi beberapa jenis tumbuhan yang ada di daerah ini, bisa dijadikan sebagai pengambilan kebijakan dalam mengembalikan kondisi ekosistem dengan melakukan penanaman tanaman revegetasi yang telah ditemukan dalam pemantauan-pemantauan sebelumnya. Misalnya kedua tumbuhan pionir 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 di samping pertumbuhannya yang cepat juga dapat menyuburkan tanah karena termasuk tumbuhan kelompok polong-polongan (Papilionaceae), di samping 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 II tahun 2023 karena mengalami pergeseran titik dari lokasi pemantauan sebelumnya. Adapun informasi parameter lingkungan di Wilayah Tambang Pulau Maniang berupa suhu udara berkisar 31,2°C–40,3°C, kelembapan udara 31,2%-76,9%, intensitas cahaya 1.240 lux–9.560 lux, kelembapan tanah 10%-60% 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.



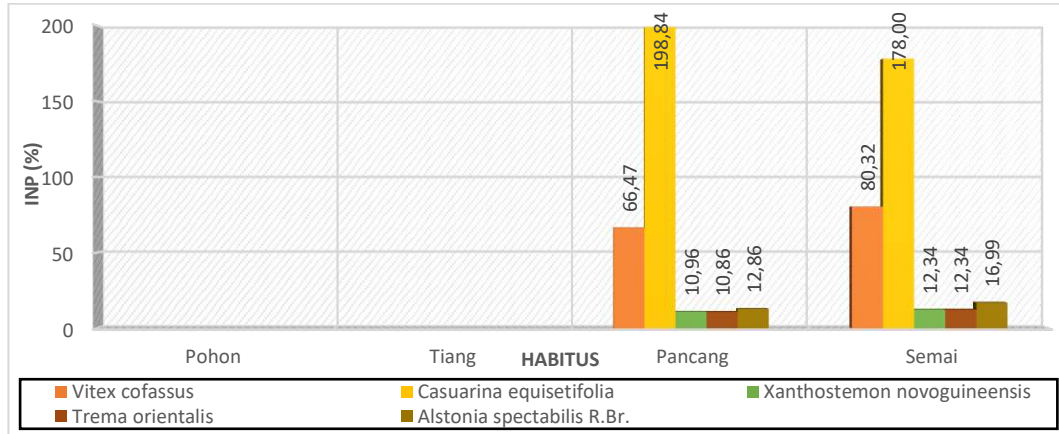
Gambar 4. 11 Indeks Nilai Penting (INP) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang

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* (111,13%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (25,23%). 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. (114,55%) dan terendah dari jenis famili Sapotaceae (9,57%). 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 (96,34%) dan terendah dari jenis famili Lauraceae (5,30%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 8 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (79,92%) dan INP terendah dari jenis Beringin *Ficus* sp. (9,11%).

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 pada pemantauan tahun 2023. 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. (198,84%) dan terendah dari jenis Kersen hutan *Trema orientalis* (10,86%). Sedangkan nilai INP tumbuhan berhabitus semai terdapat 5 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. (178,00%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis*. Dan Kersen hutan *Trema orientalis* dengan nilai INP yaitu (12,34%).

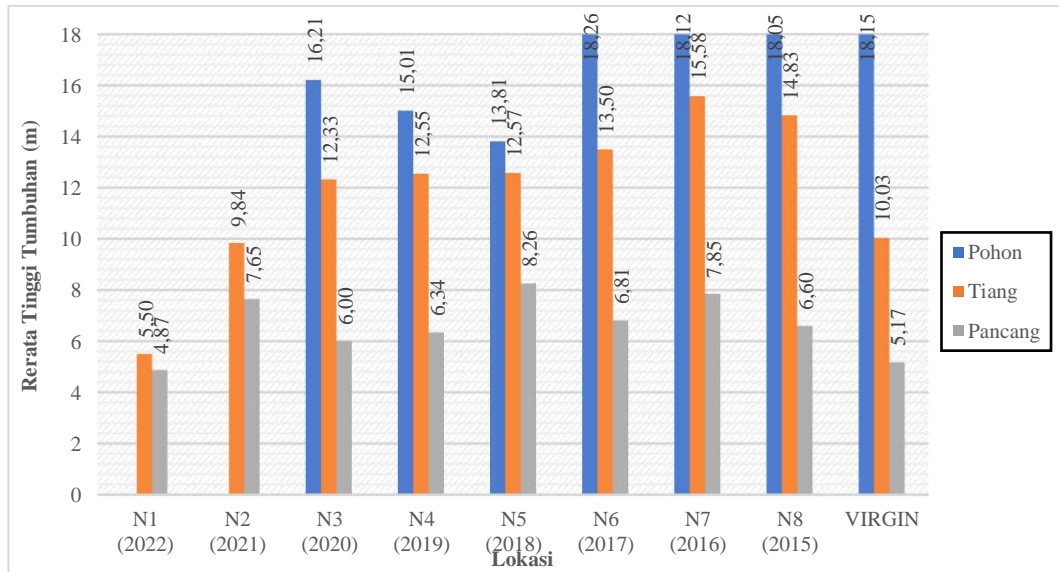
Data pemantauan menunjukkan bahwa struktur dan komposisi jenis vegetasi yang berada di dalam plot pemantauan di Area Virgin (*Hauling Road*) terdapat 14 jenis tumbuhan, Area Terganggu (*Stockyard*) terdapat 1 jenis tumbuhan dan Bukit WSWD 003 (Revegetasi 2022) terdapat 5 jenis tumbuhan. Dari seluruh 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, Pomalaa semester II tahun 2023 dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.

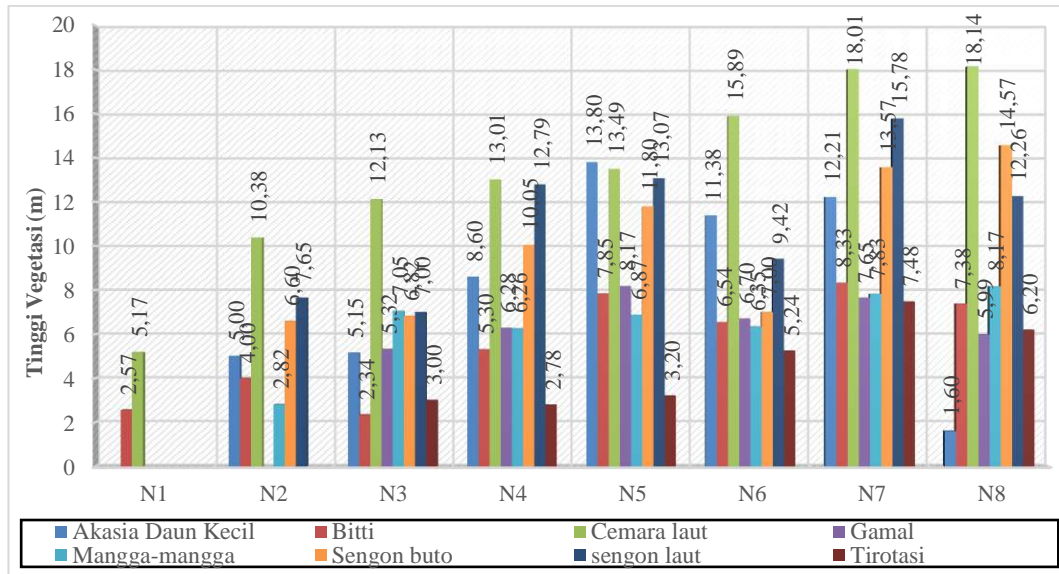


Gambar 4. 13 Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023

Hasil analisis rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus mulai dari kategori pohon, tiang dan pancang ditunjukkan pada gambar di atas. 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 5,50 m, sedangkan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 4,87 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 9,84 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 7,65 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2020 (N3) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 16,21 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 12,33 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 6,00 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2019 (N4) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 15,01 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 12,55 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 6,34 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2018 (N5) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 13,81 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 12,57 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 8,26 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2017 (N6) menunjukkan bahwa

tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 18,26 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 13,50 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 6,81 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2016 (N7) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 18,12 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 15,58 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 7,85 m. Vegetasi tanaman di Area Revegetasi tahun 2015 (N8) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 18,05 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 14,83 m dan kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 6,60 m. Sedangkan vegetasi tumbuhan di Area Virgin (Alami) menunjukkan bahwa tanaman pada habitus pohon mencapai rerata tinggi tanaman sebesar 18,15 m, kategori tiang dengan rerata tinggi tanaman 10,03 m, kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 5,17 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, Pomalaa semester II tahun 2023 dapat dilihat pada **Gambar 4.14** sebagai berikut.



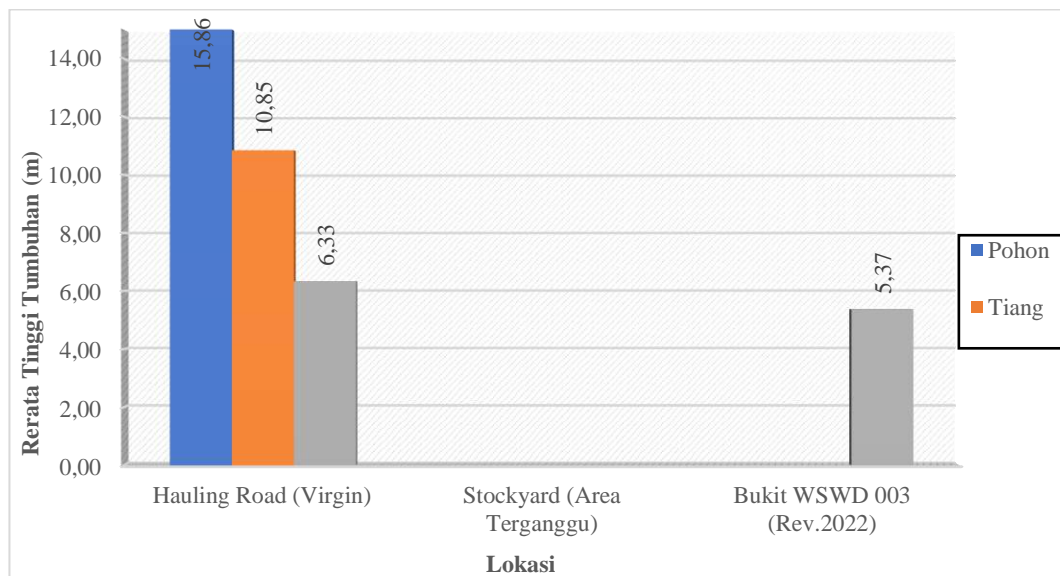
Gambar 4. 14 Rerata tinggi pada delapan jenis tanaman di Area Revegetasi (N1-N8) di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023

Hasil analisis data rerata tinggi tanaman menunjukkan bahwa terdapat delapan jenis tanaman yang merupakan tanaman revegetasi yang memiliki habitus hidup lengkap 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 2,34 m-8,33 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2016 (N7). Jenis tanaman

Cemara laut dengan rata-rata tinggi mencapai 5,17 m-18,14 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2015 (N8). Jenis tanaman Gamal dengan rata-rata tinggi mencapai 5,32 m-8,17 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2018 (N5). Jenis tanaman Mangga-mangga dengan rata-rata tinggi mencapai 2,82 m-8,17 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2015 (N8). Jenis tanaman Sengon buto dengan rata-rata tinggi mencapai 6,60 m-14,57 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2015 (N8). Jenis tanaman Sengon laut dengan rata-rata tinggi mencapai 7,00 m-15,78 m dan rerata tertinggi berada pada area revegetasi tahun 2016 (N7). Jenis tanaman Tirotasi dengan rata-rata tinggi mencapai 2,78 m-7,48 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 II tahun 2023 dapat dilihat pada **Gambar 4.15** sebagai berikut.



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

Rerata tinggi tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di Wilayah Tambang Pulau Maniang semester II tahun 2023 mulai dari habitus pohon, tiang dan pancang ditunjukkan pada gambar di atas. 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 15,86 m, untuk habitus tiang adalah 10,85 m dan rerata tinggi tanaman pada habitus pancang adalah 6,33 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 pertambahan 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 5,37m. 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) mengatakan 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, Pomalaa 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, Pomalaa, Semester II tahun 2023

No.	Lokasi	Σ Jenis	Σ Individu	Indeks Keanekaragaman	Kategori
1	Virgin	20	635	2,41	Sedang

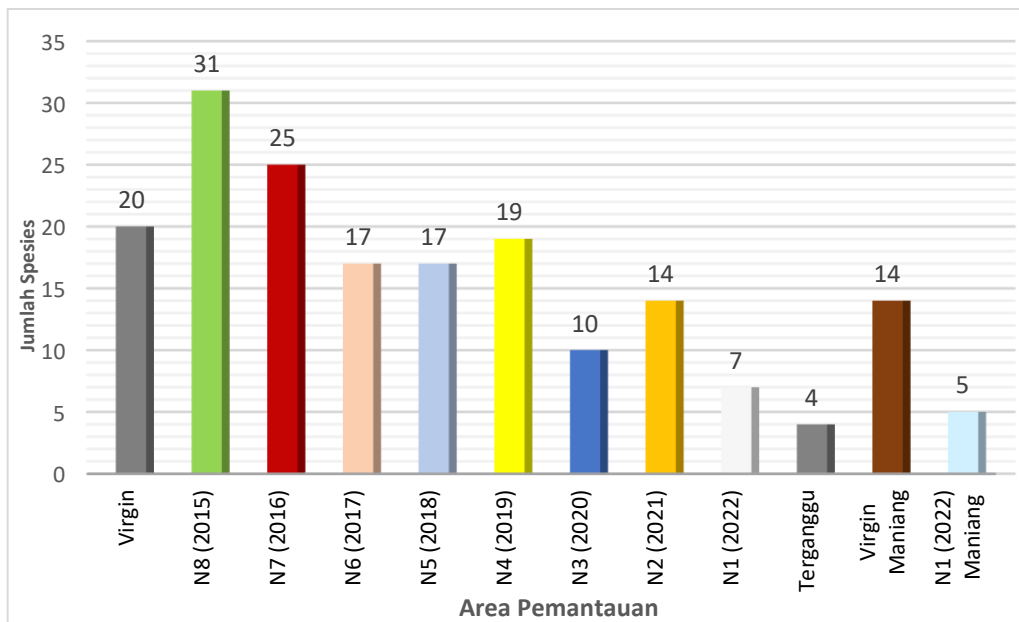
2	Revegetasi 2015 (N8)	31	719	2,34	Sedang
3	Revegetasi 2016 (N7)	25	652	2,48	Sedang
4	Revegetasi 2017 (N6)	17	517	2,12	Sedang
5	Revegetasi 2018 (N5)	17	612	2,25	Sedang
6	Revegetasi 2019 (4)	19	583	2,30	Sedang
7	Revegetasi 2020 (N3)	10	366	1,71	Rendah
8	Revegetasi 2021 (N2)	14	247	1,45	Rendah
9	Revegetasi 2022 (N1)	7	44	1,35	Rendah
10	Pulau Maniang	16	282	2,21	Sedang

Sumber: Hasil perhitungan Flora, Desember 2024.

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 di dalamnya 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, Pomalaa semester II tahun 2023 dapat dilihat pada **Gambar 4.16** sebagai berikut.



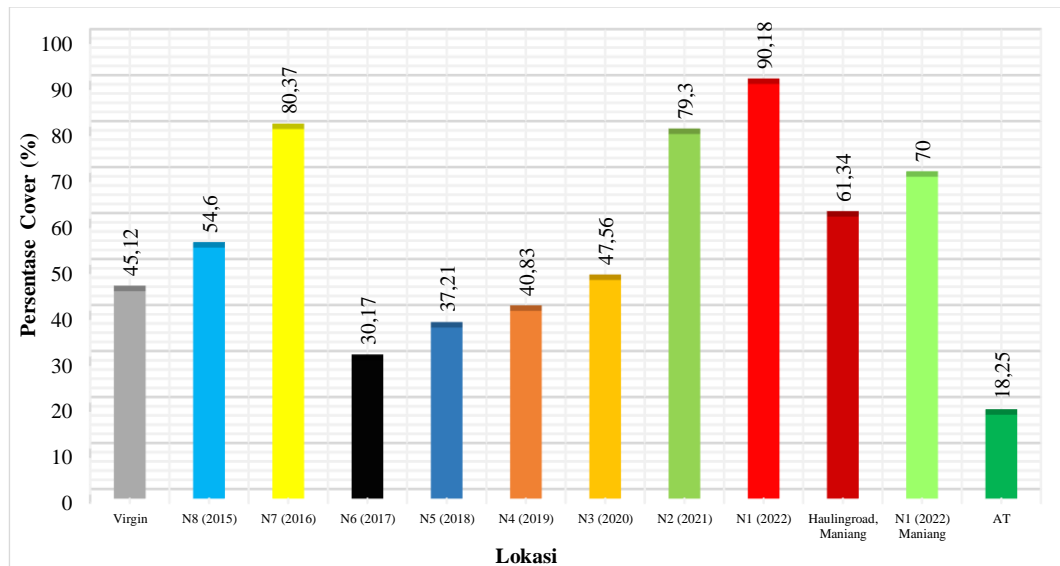
Gambar 4. 16 Perbandingan jumlah spesies pada dua belas area pemantauan di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023

Jumlah spesies berdasarkan kategori vegetasi menunjukkan diagram yang 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 31 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 ditumbuhi 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, Pomalaa semester I tahun 2023 dapat dilihat pada **Gambar 4.17** sebagai berikut.



Gambar 4. 17 Persentase penutupan tanah oleh tumbuhan *cover crop* di Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II 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 tahun 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 sehingga 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 Kirinyu *Chromolaena odorata* L., Tembelean *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 V.

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 diduga 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, Pomalaa semester II 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 mengalami penurunan 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. Tampak 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 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 II 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 novoguineensis*, 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 *Panicum* sp. (tumbuhan rumput revegetasi).



Gambar 4. 18 Tumbuhan jenis Kayu besi *Xantosthemon novoguineensis* dan Mangga-mangga *Buchanania arborescens* dijumpai mendominasi di area virgin

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, Pomalaa yang dijumpai pada pemantauan semester II 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 novoguineensis</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, Desember 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 di atas dapat dijumpai pada seluruh lokasi pemantauan dan lebih rincinya dapat dilihat pada Lampiran 1. Khusus pada jenis tumbuhan *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 di Lindungi 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.



Gambar 4. 19 Tumbuhan jenis Kantong semar *Nepenthes* sp. yang dijumpai di wilayah tambang PT Antam, Pomalaa

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 keanekaragaman 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 pionir atau tumbuhan perintis yang tumbuh secara alami pada area revegetasi dan merupakan tumbuhan endemik Sulawesi yang khas dengan kondisi tempat tumbuh pada tanah bersifat ultra basa 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 di sekitar areal penambangan nikel di Sulawesi adalah Kersen hutan *Trema Orientale* L. (Blume). Tumbuhan ini merupakan tumbuhan pionir yang adaptif dan bersifat katalistik untuk rehabilitasi lahan pasca tambang karena tumbuh relatif cepat dan tidak memerlukan perawatan yang intensif. Tumbuhan jenis ini mampu tumbuh berasosiasi dengan tanaman revegetasi yang lain di area revegetasi.



Gambar 4. 20 Tumbuhan jenis Belimbing bajo *Sarcotecha celebica* dan Kersen hutan *Trema Orientale* yang dijumpai sebagai tumbuhan pioneer di area revegetasi

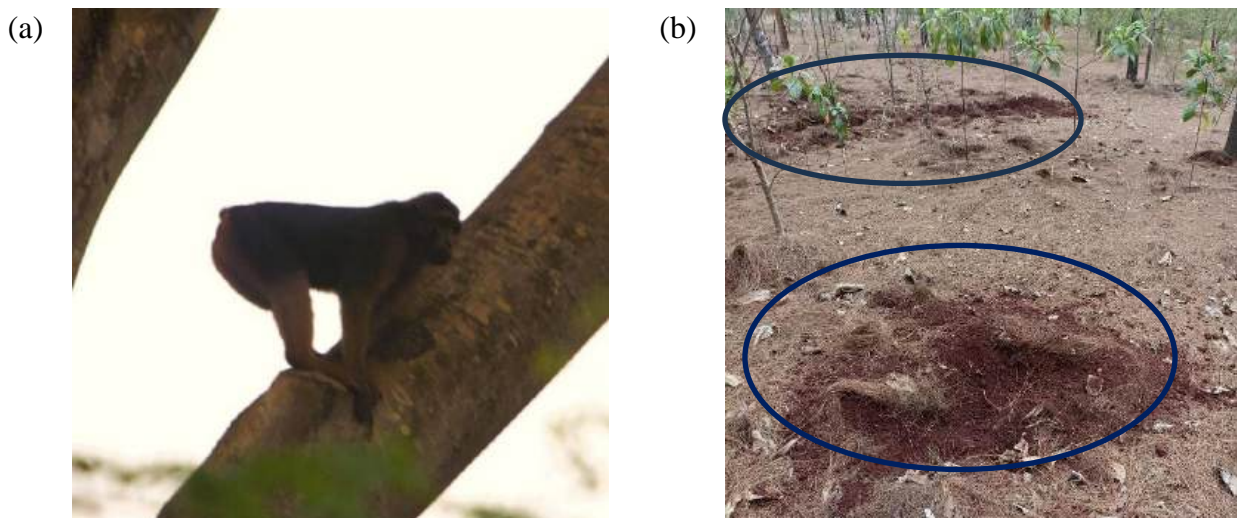
Beberapa jenis tumbuhan lainnya yang perlu dipertimbangkan untuk ditanam, karena sifatnya tumbuh pada daerah ultrabasa dan endemik Sulawesi, walaupun dalam pemantauan belum terdeteksi keberadaannya di lokasi Tambang Perusahaan, yaitu Majegau *Dysoxylum* sp. (hidup di tanah ultrabasa), *Girouneria subaequalis* 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 pionir dalam kegiatan reboisasi karena cepat tumbuh). Demikian pula perlu pertimbangan mendalam pada jenis tumbuhan Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* A. Cunn, exBth, Kirinyu *Chromolaena odorata* L., Tembelekan *Lantana camara*, Putri malu, *Mimosa pudica*, Lamtoro *Leucaena* sp., Alang-alang *Imperata cylindrica* L. (penghasil zat alelopati pada akar), karena tumbuhan ini sangat invasif, sehingga jika sudah tumbuh dalam jumlah banyak akan susah dalam mengendalikannya.

4.1.2 Fauna Darat

Keanekaragaman hayati adalah berbagai jenis kehidupan yang dapat ditemukan di satu wilayah, dalam hal ini keanekaragaman hewan, tumbuhan, jamur, dan bahkan mikroorganisme. Masing-masing spesies dan organisme ini bekerja sama dalam ekosistem, seperti jaringan yang rumit, untuk menjaga keseimbangan dan mendukung kehidupan (Hancock, 2019) Salah satu indikator yang digunakan dalam menilai keberhasilan suatu program revegetasi atau terjaganya suatu ekosistem hutan adalah dengan melihat keanekaragaman (*biodiversitas*) fauna. Pengamatan dan analisis keanekaragaman khususnya fauna darat merupakan langkah yang dapat dilakukan untuk menjamin fungsi dan manfaat hutan dapat berjalan sesuai mekanisme yang terdapat pada ekosistem.

Pengamatan fauna darat dapat mempengaruhi atau dijadikan sebuah bioindikator pada sebuah lingkungan, terutama pada wilayah fokus yang tersebar pada beberapa titik area pertambangan PT Antam Tbk. Terbagi menjadi dua

kategori yaitu Area Revegetasi, dimana terdapat aktivitas penanaman di dalamnya, dan Area Virgin, sebuah area referensi yang belum tersentuh aktivitas pertambangan. Adapun pengamatan fauna darat pada kegiatan Monitoring semester II tahun 2023 mencakup Kelas Mamalia (hewan menyusui), Avifauna (hewan burung), dan Reptilia (hewan melata). Analisis pengamatan fauna darat akan melihat data terkait jumlah jenis, jumlah individu, status perlindungan (konservasi), indeks keanekaragaman jenis, dan analisis habitat.



Gambar 4. 21 (a) Monyet Butung yang dijumpai di area TPA (b) Bekas galian Babi Hutan yang sering dijumpai pada wilayah pengamatan, khususnya di area revegetasi.

Reptil atau setiap anggota kelas Reptilia, merupakan kelompok hewan bertulang belakang yang menghirup udara, memiliki pembuahan internal, dan sisik *epidermis* yang menutupi sebagian atau seluruh tubuhnya dan tersusun dari zat keratin (Zug, 2021). Hasil temuan dan catatan dari berbagai lokasi yaitu Kadal Pelangi *Lampropholis delicata*, Kadal Terbang *Draco sp.*, Kadal Kebun *Lampropholis guichenoti*, Cicak Kayu *Hemidactylus frenatus*, dan Biawak *Varanus salvator*. Perjumpaan spesies ini dapat ditemukan di seluruh tipe habitat yaitu area revegetasi dan area virgin PT Antam Tbk. karena melimpahnya serangga, tutupan vegetasi dan serasah sebagai habitat ideal bagi reptil berukuran kecil. Untuk jenis Biawak hanya ditemukan di area revegetasi yang dekat dengan sumber air. Adapun status konservasi untuk semua spesies yang dijumpai masih tergolong rendah karena merupakan spesies yang umum dan populasinya masih stabil, dengan kategori IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) *Least Concern*.

Mamalia merupakan setiap anggota kelompok hewan vertebrata dimana anak-anaknya diberi makan dengan susu dari kelenjar susu khusus induknya. Selain ciri khas kelenjar susu tersebut, mamalia juga memiliki beberapa ciri unik lainnya yaitu memiliki rambut yang menutupi permukaan tubuhnya (Armstrong *et al*, 2023). Jenis mamalia yang ditemukan di area pengamatan PT Antam Tbk yaitu Babi Hutan *Sus scrofa*, Sapi *Bos taurus*, dan Monyet Butung *Macaca ochreata*. Keberadaan mamalia pada suatu ekosistem hutan menandakan bahwa area tersebut masih memiliki sumber daya yang mendukung kehidupannya. Pada beberapa area revegetasi ataupun area virgin masih ditemukan jejak dan kotoran dari jenis mamalia tersebut.

Pada area revegetasi dengan dominasi vegetasi Cemara Laut *Casuarina equisetifolia* ditemukan banyak jejak kotoran dan bekas bongkaran tanah dari babi hutan yang mencari makan di lantai hutan dengan tumpukan serasah daun. Babi hutan adalah omnivora dan akan memakan berbagai macam tumbuhan dan hewan. Mayoritas makanan mereka terdiri dari akar, umbi, biji-bijian, kacang-kacangan dan tanaman hijau. Namun, sebagai pemakan oportunistik, mereka akan memakan sebagian besar makanan yang mereka temukan di lantai hutan. Hal ini dapat mencakup bangkai, mamalia kecil, telur burung, cacing tanah, dan invertebrata lainnya (Trust, 2024). Status konservasi babi hutan adalah rendah dengan kategori IUCN *Least Concern*

Jenis mamalia lain yaitu anjing dan sapi, merupakan Binatang peliharaan warga yang berkeliaran hingga ke area pengamatan dengan perjumpaan berupa bekas jejak kaki dan kotoran, umumnya ditemukan di area revegetasi dekat dengan pemukiman. Salah satu mamalia yang dijumpai pada area pengamatan dan sangat khas adalah Monyet Digo atau Monyet Butung *Macaca ochreata*. Termasuk dalam primata endemik Sulawesi Tenggara dan berdasarkan daftar merah IUCN tergolong jenis mamalia yang rentan terhadap kepunahan (*Vulnerable*, VU) dan dalam status Appendix II yaitu dalam pengawasan perdagangan internasional CITES (Convention on International Trade in Endangered Species) (Fairuztania, Z., dan Mustari, 2017). Perjumpaan di area pengamatan semester II tahun 2023 sangat kurang, hanya berupa jejak kaki di salah satu area virgin dan kelompok dengan jumlah sekitar 17 ekor pada area pembuangan sampah kompleks PT Antam Tbk.

Hal ini dapat disebabkan karena musim kering berkepanjangan sehingga kelompok monyet ini bermigrasi jauh ke pedalaman hutan dimana masih melimpah sumber makanan dan mata air alami untuk menunjang kehidupannya.

Dalam pengamatan monyet butung dijumpai hubungan interaksi dengan spesies burung Kadalan Sulawesi *Raimphococcyx calyrorhynchus* yang senantiasa mengikuti pergerakan kawanan monyet butung. Jumlah individu burung yang mengikuti antara satu hingga empat ekor. Dengan suara yang khas dan terbang rendah antar cabang pohon. Asosiasi antara burung kadalan dengan beberapa primata endemik Sulawesi merupakan hubungan interaksi atau hubungan simbiosis tipe komensalisme, dimana burung kadalan mendapat keuntungan dengan memangsa serangga yang beterbangan ketika primata tersebut melompat pada ranting dan dahan-dahan pohon, sedangkan dengan asosiasi tersebut monyet tidak dirugikan (Fairuztania, Z., dan Mustari, 2017).

Burung merupakan kelas Aves, yang unik dari kelompok hewan ini karena memiliki bulu, ciri utama yang membedakan mereka dari hewan lainnya. Definisi yang lebih rumit menyatakan bahwa mereka adalah vertebrata berdarah panas yang lebih berkerabat dengan reptil dibandingkan mamalia (Gill *et al.*, 2024). Penelitian mengenai burung penting dilakukan karena jika suatu areal tersebut memiliki kelimpahan burung yang tinggi, maka bisa menjadi salah satu indikator bahwa kondisi lingkungan baik (Sujatnika *et al.* 1995). Hal ini dikarenakan burung memiliki kemampuan untuk menyebarkan biji, membantu penyerbukan, predator alami satwa lain, dan lain-lain. Burung dalam melakukan aktivitasnya membutuhkan habitat (Saefullah, Mustari and Mardiasuti, 2015)

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

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

Pengamatan fauna burung di area pertambangan PT Antam Tbk dilakukan berdasarkan kategori habitat virgin, revegetasi, dan terganggu. Pengamatan yang

dilakukan pada kategori habitat yang berbeda ditujukan untuk melihat perbedaan struktur populasi dan keanekaragaman fauna burung pada masing-masing habitat, berdasarkan jenis dan usia area revegetasi. Hasil yang diperoleh dari metode *Point Count* tercatat sebanyak 60 jenis avifauna dengan rincian masing-masing dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4. 3 Daftar Jenis Burung di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah
1	Cangak merah	<i>Ardea purpurea</i>
2	Gajahan eurasia	<i>Numenius arquata</i>
3	Burung gereja eurasia	<i>Passer montanus</i>
4	Cucak kutilang	<i>Picnonotus aurigaster</i>
5	Burung madu hitam	<i>Leptocoma sericea</i>
6	Bondol coklat	<i>Lonchura atricapilla</i>
7	Burung madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>
8	Kirik-irik Australia	<i>Merops ornatus</i>
9	Kacamata laut	<i>Zosterops chloris</i>
10	Kipasan kebun	<i>Rhipidura leucophrys</i>
11	Laying-layang batu	<i>Hirundo tahitica</i>
12	Kuntul kecil	<i>Egretta garzetta</i>
13	Kekep babi	<i>Artamus leucorynchus</i>
14	Cekakak Sungai	<i>Todiramphus chloris</i>
15	Dara laut kecil	<i>Sternula albifrons</i>
16	Trinil Pantai	<i>Actitis hypoleucos</i>
17	Blekok sawah	<i>Ardeola speciosa</i>
18	Kokokan laut	<i>Butorides striata</i>
19	Kapasan sayap putih	<i>Lalage sueurii</i>
20	Kareo padi	<i>Amaurornis phoenicurus</i>
21	Remetuk laut	<i>Gerygone sulphurea</i>
22	Kancilan bakau	<i>Pachycephala cinerea</i>
23	Cabak Sulawesi	<i>Caprimulgus celebensis</i>
24	Walik kembang	<i>Ptilonopus melanospilus</i>
25	Punai gading	<i>Treron vernans</i>
26	Kapinis laut	<i>Apus pacificus</i>
27	Perling kecil	<i>Aplonis minor</i>
28	Ayam hutan	<i>Gallus galos</i>
29	Cabai panggul kelabu	<i>Dicaeum celebicum</i>
30	Elang ular Sulawesi	<i>Spilornis rufipectus</i>
31	Serindit Sulawesi	<i>Loriculus stigmatus</i>
32	Raja udang eurasia	<i>Alcedo atthis</i>
33	Bondol taruk	<i>Lonchura Molucca</i>

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah
34	Pelanduk Sulawesi	<i>Trichastoma celebense</i>
35	Delimukan zamrud	<i>Chalcophaps indica</i>
36	Kehicap Sulawesi	<i>Ptilinopus melanospilus</i>
37	Burung madu sepah raja	<i>Cacomantis merulinus</i>
38	Wiwik uncuang	<i>Cacomantis sepulcralis</i>
39	Tapekong jambul	<i>Hemiprocne longipennis</i>
40	Bubut besar	<i>Centropus sinensis</i>
41	Itik penelope	<i>Anas penelope</i>
42	Mandar padi zebra	<i>Gallirallus torquatus</i>
43	Decu belang	<i>Saxicola caprata</i>
44	Wiwik kelabu	<i>Cacomantis merulinus</i>
45	Burung madu kelapa	<i>Anthreptes malacensis</i>
46	Burung gagak	<i>Corvus enca</i>
47	Gemak loreng	<i>Turnix suscitator</i>
48	Kangkareng Sulawesi	<i>Rhabdotorrhinus exarhatus</i>
49	Kadalan Sulawesi	<i>Phaenicophaeus calyorrhynchus</i>
50	Baza jerdon	<i>Aviceda jerdoni</i>
51	Srigunting jambul rambut	<i>Dicrurus hottentottus</i>
52	Kangkok sunda	<i>Cuculus lepidus</i>
53	Perkici Pelangi	<i>Trichoglossus haematodus</i>
54	Elang bondol	<i>Heliastur indus</i>
55	Kepodang kuduk hitam	<i>Oriolus chinensis</i>
56	Cikalang besar	<i>Fregata minor</i>
57	Kedasi laut	<i>Chrysococcyx minutulus</i>
58	Elang alap ekor totol	<i>Accipeter trinotatus</i>
59	Kacamata gunung	<i>Zosterops montanus</i>
60	Cabai panggul kuning	<i>Diaceum aureolimbatum</i>

Berdasarkan **Tabel 4.3**, dari total 60 jenis fauna burung yang dijumpai, terdapat sepuluh jenis yang dilindungi Melalui Peraturan Menteri (Permen) LHK No. P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/6/2018 yang diterbitkan pada tanggal 29 Juni 2018. Melalui Peraturan Menteri ini, terdapat 919 jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi. Dari jumlah tersebut, lebih dari separuhnya yaitu sebanyak 562 di antaranya adalah burung (Pristiandaru, 2023). Jenis yang dilindungi tersebut yaitu **Gajahan Eurasia** *Numenius Arquata*, **Dara Laut Kecil** *Sternula albifrons*, **Serindit Sulawesi** *Loriculus stigmatus*, **Burung Madu Sepah Raja** *Cacomantis merulinus*, **Kangkareng Sulawesi** *Rhabdotorrhinus exarhatus*, **Baza Jerdon** *Aviceda jerdoni*, **Perkici Pelangi** *Trichoglossus haematodus*, **Elang Bondol** *Heliastur indus*, **Elang Ular Sulawesi** *Spilornis rufipectus*, **Elang Alap Ekor**

Totol *Accipeter trinitatus*. Kesepuluh jenis burung tersebut dalam peraturan perdagangan internasional masuk ke dalam kategori Appendix II dengan regulasi dapat diperdagangkan dengan peraturan tertentu.

Selain itu, terdapat sembilan jenis 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*, Elang Ular Sulawesi *Spilornis rufipectus*, dan Kadalan Sulawesi *Rhamphococcyx calyorhynchus*, Elang Alap Ekor-Totol *Accipeter trinitatus*.

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. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *point count* ditemukan sebanyak 60 jenis fauna burung dengan total 807 individu, dengan rincian masing-masing habitat yang dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.4 Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTU, WTT, dan WTS

Uraian	Lokasi									Area Virgin	Jumlah
	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8		
Total Jenis	4	7	17	18	20	26	9	14	18	28	
Total Individu	7	25	83	10	10	12	37	73	75	176	807
Endemik Sulawesi	1	-	1	3	1	3	2	3	4	4	21
Status Perdagangan:											
Appendix I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Appendix II	-	-	-	-	-	1	-	1	1	2	5
Status Perlindungan RI:											
Dilindungi	-	-	-	-	1	2	-	2	2	3	10

Berdasarkan daftar merah *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN-red list)* (IUCN, 2022), Baza Jerdoni *Aviceda*

jerdoni dengan kategori *Critically Endangered/CR*, dan Kankareng Sulawesi *Rhabdotorrhinus exarhatus* dengan kategori *Vulnerable / VU*. Pemantauan ini tercatat kankareng Sulawesi yang diamati secara tidak langsung, yaitu dengan suara yang terdengar hanya di lokasi Bukit TLE-TLF (area revegetasi 2015, WTT). Selain itu juga terdapat spesies migran yaitu Itik Penelope *Anas Penelope* burung ini tersebar di Islandia, Eropa utara dan Asia utara. Pada musim dingin bermigrasi ke Selatan, pengembaraan mereka tercatat mengunjungi Kalimantan, Sulawesi, dan Papua.



Gambar 4. 22 Baza Jerdon *Aviceda jerdoni* , burung berstatus dilindungi di Indonesia dengan kategori Appendix II, yang dijumpai di area virgin, Wilayah Tambang Tengah.

Sebagai bagian dari ekosistem, burung mempunyai banyak peran, antara lain sebagai predator, penyerbuk, pemakan sisa (scavenger), penyebar benih, predator benih, dan perekayasa ekosistem. Jasa ekosistem ini terbagi dalam dua sub kategori: jasa ekosistem yang timbul melalui perilaku (seperti konsumsi hama pertanian) dan jasa ekosistem yang timbul melalui produk burung (seperti sarang dan *guano*). Karakteristik sebagian besar burung menjadikannya istimewa jika dilihat dari sudut pandang jasa ekosistem. Karena sebagian besar burung bisa terbang, mereka dapat merespons sumber daya yang mengganggu atau berdenyut dengan cara yang umumnya tidak mungkin dilakukan oleh vertebrata lainnya. Spesies yang bermigrasi menghubungkan proses dan aliran ekosistem yang dipisahkan oleh jarak dan waktu yang jauh (Whelan, Wenny and Marquis, 2008)

Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi pada masing-masing habitat dapat dilihat pada **Tabel 4.5** Setiap keterwakilan habitat pada area pertambangan PT Antam Tbk memperlihatkan kelimpahan relatif yang cukup seragam dengan keterwakilan bentang alam yang masih sama. Secara garis besar, jenis yang paling sering dijumpai dan memiliki kelimpahan relatif tinggi yaitu burung-madu sriganti *Cinnyris jugularis*, Burung-madu hitam *Leptocoma aspasia*, Bondol cokelat *Lonchura atricapilla*, Kacamata Laut *Zosterops chloris*. Burung-burung tersebut diketahui memiliki daya jelajah yang luas dan mampu beradaptasi pada rentang elevasi beragam, umumnya dijumpai dalam keadaan berkelompok antara 3-8 individu pada area terbuka atau kanopi pohon yang jarang, hal ini sangat mewakili pada area habitat revegetasi, Dimana pada area ini banyak dijumpai serangga kecil, biji cemara laut dan rerumputan, serta material sarang.



Gambar 4. 23 Burung madu kelapa (Jantan) *Anthreptes malacensis* yang dijumpai pada area Area Bukit TLE-TLF (revegetasi 2015) WTT

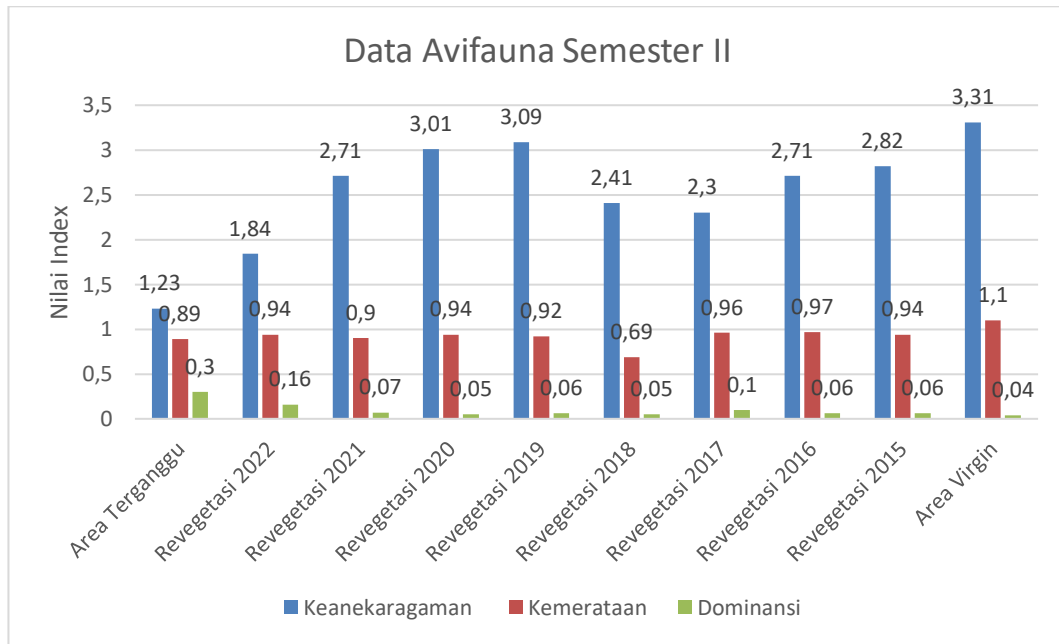
Tabel 4. 5 Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi di setiap habitat

Nama Lokal	Nama Latin	Kelimpahan Relatif
Area Terganggu		
Bondol cokelat	<i>Lonchura atricapilla</i>	85,7%
Layang-layang batu	<i>Hirundo tahitica</i>	57%
Rehabilitasi 2022		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	20%
Bondol cokelat	<i>Lonchura atricapilla</i>	20%
Rehabilitasi 2021		

Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	14,4%
Bondol cokelat	<i>Lonchura atricapilla</i>	10,8%
Layang-layang batu	<i>Hirundo tahitica</i>	10,8%
Revegetasi 2020		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	17,5%
Kehicap Sulawesi	<i>Hypothymis puella</i>	10%
Burung madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	13%
Revegetasi 2019		
Perkici pelangi	<i>Trichoglossus haematodus</i>	13%
Kacamata laut	<i>Zosterops chloris</i>	11%
Revegetasi 2018		
Perkici pelangi	<i>Trichoglossus haematodus</i>	13,8%
Kapinis laut	<i>Apus pacificus</i>	11,3%
Revegetasi 2017		
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma sericea</i>	13%
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	26,3%
Revegetasi 2016		
Cabai panggul kelabu	<i>Dicaeum celebicum</i>	12,3%
Burung madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	16,4%
Revegetasi 2015		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	14,6%
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	12%
Area Virgin		
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	20,4%
Kacamata laut	<i>Zosterops chloris</i>	9%
Serindit Sulawesi	<i>Loricus stigmatus</i>	7,9%

Analisis keanekaragaman fauna burung pada masing-masing habitat meliputi indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), indeks dominansi Simpson (D), dan indeks pemerataan Pielou (E). Histogram perbandingan nilai indeks pada masing-masing habitat dapat dilihat pada **Gambar 4.24** Indeks keanekaragaman spesies burung pada semua lokasi tergolong kategori keanekaragaman sedang ($1 < H' < 3,32$), kecuali di area terganggu yang memiliki keanekaragaman rendah ($1 > H'$) dikarenakan jumlah spesies paling sedikit di antara area pengamatan lain. Nilai keanekaragaman yang berkisar antara 1,23 – 3,31. Keanekaragaman terendah

terdapat pada area terganggu dan tertinggi terdapat pada area virgin, area revegetasi 2019 dan 2020.



Gambar 4. 24 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan kemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di PT Antam Tbk.

Berdasarkan hasil analisis data ditemukan bahwa usia revegetasi tidak mewakili nilai indeks keanekaragaman fauna burung. Seperti yang dapat dilihat dari nilai indeks pada area revegetasi tahun 2019 dan 2020 memiliki nilai yang lebih tinggi 3,01% dan 3,09%, dibandingkan area yang lebih tua pada tahun 2021 dan lebih muda tahun 2018 dan 2015, dengan rata-rata memiliki nilai indeks 2,3% - 2,82%. Sedangkan nilai indeks tertinggi dimiliki oleh area virgin yaitu 3,31%. Terdapat faktor pendukung yang menyebabkan area tersebut memiliki keragaman dalam hal nilai indeks keanekaragaman, seperti vegetasi, waktu pengamatan, kondisi cuaca, kelimpahan sumber pakan dan kondisi cuaca berupa hujan, berawan, atau cerah. Adapun aktivitas pertambangan pada area pengamat juga berpengaruh terhadap keberadaan satwa burung. Meskipun begitu, kondisi semua area revegetasi tergolong dalam kategori sedang ($1 < H' \leq 3$), dengan kesimpulan bahwa habitat tersebut termasuk dalam kategori baik dan tidak terlalu mengganggu keberadaan satwa yang kemungkinan besar sudah mampu beradaptasi dengan baik pada area pertambangan.



Gambar 4. 25 Burung kehicap Sulawesi *Hypothymis azurea* burung berkicau endemik Sulawesi ditemukan di area bukit fortunier (revegetasi 2021)

Indeks dominansi yang didapatkan berdasarkan data memiliki nilai mendekati 0, atau berkisar antara 0,1 hingga 0,16 yang memiliki arti bahwa tidak terdapat spesies yang mendominasi di habitat tersebut. Hal ini seiring dengan indeks pemerataan di seluruh habitat pengamatan pada area tambang yang memiliki nilai mendekati 1, dengan kisaran antara 0,69 hingga 1,1. Dapat ditarik kesimpulan bahwa fauna burung yang berada di area pengamatan tersebar merata pada titik pengamatan.



Gambar 4. 26 Burung srigunting jambul rambut *Dicrurus hottentottus* merupakan jenis burung yang ditemukan hanya di Area Bukit Triton (rev 2019) WTS.

Burung insektivora (pemakan serangga) yang mendominasi terdiri dari famili *Apodidae*, *Acanthizidae*, *Campephagidae*, *Cuculidae*, *Dicaeidae*,

Dicruridae, *Hemiprocnidae*, *Hirundinidae*, *Meropidae*, *Monarchidae*, *Muscicapidae*, dan *Timaliidae*, *Zosteropidae*. Populasi serangga yang melimpah pada area pengamatan menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan banyaknya spesies burung insektivora yang ditemukan, baik yang terdapat di lantai hutan, interior hutan dan kanopi pohon. Pada saat pengamatan di area revegetasi terdapat banyak populasi kupu-kupu kertas jenis *Catopsilia pomona* diduga sedang dalam musim kawin, berdasarkan laporan pengamatan sebelumnya di semester I tahun 2023 bahwa terdapat banyak ulat bulu di ranting pohon cemara laut pada area revegetasi, besar kemungkinan ulat ini telah dewasa dan bersiap untuk melanjutkan siklus berikutnya. Peristiwa ini pula yang menyebabkan mengapa persentase burung pemakan serangga juga tinggi.

Kelompok burung pemakan nektar atau *nectarivore* meskipun memiliki satu famili yaitu Nectariniidae tapi memiliki keanekaragaman jenis yang lumayan banyak dan hampir tersebar merata serta dapat ditemukan pada setiap area pengamatan, Jenis-jenisnya antara lain burung madu sriganti *Cinnyris jugularis*, burung madu hitam *Leptocoma sericea*, burung madu kelapa *Anthreptes malacensis*, burung madu sepah-raja *Aethopyga siparaja*. Keberadaan burung pemakan nektar mengindikasikan bahwa ketersediaan dan keanekaragaman jenis tanaman berbunga masih menyediakan pakan bagi burung-burung tersebut, hal ini sesuai dengan pengamatan lapangan, dimana ditemukan pohon mangga-mangga, lili hutan, gamal dan pohon lain yang justru berbunga saat musim kemarau.

Kelompok kombinasi pemakan buah dan serangga (*frugi-insectivore*) dan burung pemakan buah (*frugivore*) terdiri atas famili Artamidae, Columbidae, Dicaeidae, Pycnonotidae, Psittacidae, Sturnidae. Menurut (Rumblat dkk, 2016) dalam Nathaniel dan Wheelwright (1985), tumbuhan penghasil buah yang berukuran kecil lebih menarik bagi burung pemakan buah. Banyaknya jenis tanaman berbuah menjadi kesukaan burung dan pengaruh musim yang menyebabkan burung pemakan buah kemudian beralih ke pola diet serangga yang menjadikan preferensi pakan juga menyesuaikan berdasarkan musim kemarau yang sedang berlangsung.



Gambar 4.27 Pada Area Bukit QT (rev 2018) WTS ditemukan dua ekor Elang alap ekor totol *Accipiter gularis* kehadiran burung pemangsa mengindikasikan ekosistem rantai makanan yang sehat pada area ini.

Kehadiran beberapa jenis burung pemangsa (*carnivore*), meskipun perjumpaannya jarang dan paling sedikit namun turut menambah keberagaman dan kompleksitas ekosistem khususnya avifauna yang ada di area pengamatan PT Antam Tbk. terdiri dari famili Accipitridae. Fungsi burung pemakan daging sebagai pelaku penyedia jasa ekosistem yang penting berdasarkan peran mereka dalam rantai makanan alami. Mereka telah berevolusi secara ekologis untuk berspesialisasi dan beradaptasi dengan habitat dan sumber makanan yang berbeda. Pentingnya burung pemangsa semakin nyata, karena dengan melindungi mereka dan habitatnya, kita melestarikan berbagai spesies invertebrata dan vertebrata lainnya. Dalam skala global, banyak burung pemangsa yang dianggap sebagai spesies payung yang sangat penting dalam konservasi (Dobrev, Dobrev and Demerdzhiev, 2023)

4.1.2.2 Fauna Burung di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM)

Pengamatan fauna burung di WTPM dilakukan berdasarkan tiga kategori habitat, yaitu *Stockyard* (area terganggu), revegetasi 2022, dan *Hauling Road* (area virgin). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *point count* ditemukan sebanyak 15 jenis fauna burung yang tergolong ke dalam 12 famili, dengan total 92 individu, dengan rincian masing-masing habitat yang dapat dilihat pada Tabel

Tabel 4. 6 Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTPM

Uraian	Lokasi			Jumlah Akumulasi
	Hauling Road (area virgin)	Revegetasi 2022	Stockyard (area terganggu)	
Total Spesies	11	9	5	

Total Individu	51	31	10	92
Endemik Sulawesi	2	1	1	4
Status Perdagangan:				
Appendix I	-	-	-	-
Appendix II	1	-	-	1
Status Perlindungan RI:				
Dilindungi	-	-	-	-

Jenis burung endemik Sulawesi yang tercatat sebanyak empat jenis, yaitu Serindit Sulawesi *Loriculus stigmatus*, Kehicap Sulawesi *Hypothymis puella*, Cabai panggul kuning *Dicaeum aureolimbatum*, 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*.



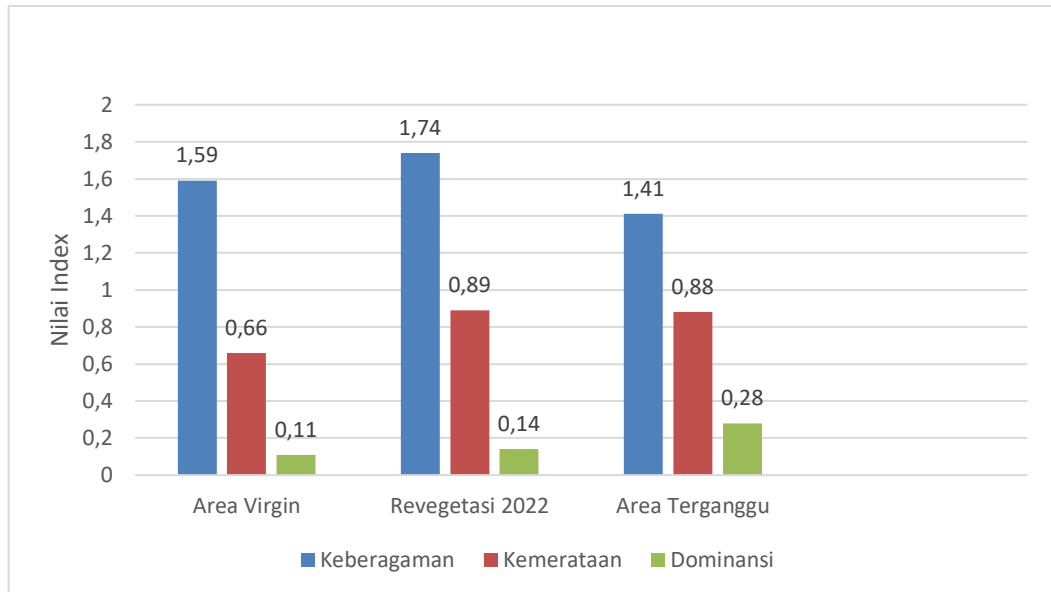
Gambar 4. 28 Burung madu hitam *Nectarina aspasia* adalah burung kecil pemakan nektar yang terlihat tersebar di area WTPM.

Kelimpahan relatif tertinggi pada masing-masing habitat dapat dilihat pada Tabel 4.5. Masing-masing habitat yang ada di WTPM menunjukkan kelimpahan fauna burung yang didominasi oleh jenis dari famili Nectariniidae. Jenis burung dengan kelimpahan relatif tertinggi di *Hauling Road* adalah Burung-madu sriganti *Cinnyris jugularis*, pada area revegetasi 2022 Burung-madu kelapa *Anthreptes malacensis*, sedangkan *Stockyard* adalah Burung-madu hitam *Leptocoma aspasia*. Hal tersebut dapat disebabkan oleh banyaknya jenis vegetasi yang menghasilkan nektar, kanopi dan tegakan yang cukup rapat, sehingga sangat mendukung keberadaan jenis tersebut, baik untuk mencari makan, berinteraksi maupun bersarang.

Tabel 4.7 Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada masing-masing habitat di WTPM

Nama Lokal	Nama Latin	Kelimpahan Relatif
Hauling Road (area Virgin)		
Burung-madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	13,7%
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	17,6%
Burung-madu kelapa	<i>Anthreptes malacensis</i>	17,6%
Revegetasi 2022		
Burung-madu kelapa	<i>Anthreptes malacensis</i>	22,5%
Burung-madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	16,1%
Kacamata laut	<i>Zosterops chloris</i>	16,1%
Stockyard (area terganggu)		
Burung madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	40%
Burung madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	30%

Hasil analisis keanekaragaman pada masing-masing habitat dapat dilihat pada **Gambar 4.29**, yang mencakup indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan. Indeks keanekaragaman tertinggi terdapat pada area revegetasi 2022, merupakan area yang baru dilakukan pengamatan dengan nilai indeks sebesar 1,74, adapun indeks keanekaragaman terendah terdapat pada *Stockyard* (area terganggu) dengan nilai H' sebesar 1,41, sedangkan indeks keanekaragaman pada *Hauling Road* (area virgin) menunjukkan nilai H' sebesar 1,59, dari semua area pengamatan, masing-masing memiliki nilai indeks tergolong kategori keanekaragaman sedang ($1 < H' \leq 3$). 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. 29 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan kemerataan 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 pada ketiga habitat tersebut. Sejalan dengan hal tersebut, nilai indeks kemerataan yang diperoleh di kedua habitat juga menunjukkan nilai kemerataan yang mendekati 1 yang bahwa kedua habitat memiliki persebaran fauna burung yang merata (stabil) pada area pengamatan.



Gambar 4. 30 Burung kaca mata laut *Zosterops chloris* adalah burung pemakan serangga dan dapat ditemukan pada area Bukit WSWD 003 (area revegetasi 2022) dan *Haulingroad* (area virgin), Pulau Maniang.

Burung yang ditemukan di WTPM terbagi ke dalam dua kelompok besar, dengan proporsi masing-masing *guild* yang dapat dilihat pada. Jenis yang

mendominasi adalah insektivora (pemakan serangga) kemudian nektarivora. Burung insektivora yang dijumpai salah satunya adalah Kacamata laut, Decu belang *Saxicola caprata*, dan Kapinis laut *Apus pacificus*. Sedangkan burung nektarivora yang dijumpai di WTPM adalah Burung-madu sriganti *Cinnyris jugularis*, Burung-madu kelapa *Anthreptes malacensis*, dan Burung-madu hitam *Leptocoma aspasia*.

4.2 Serangga

Pemantauan Serangga dilakukan pada 10 lokasi yang mewakili area Virgin, Tergunggu, 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. Begitu pun 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 87 jenis dari kelas Insekta pada pemantauan Serangga semester II tahun 2023. Jenis serangga yang ditemukan berasal dari 10 Ordo antara lain Blattodea, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Odonata, dan Orthoptera, dari Kelas insekta. (Tabel 2).

Tabel 4. 8 Daftar ordo dan jenis serangga yang ditemukan pada pemantauan Antam 2023.

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Ordo
1	Kecoak Turkestan	<i>Shelfordella lateralis</i>	Blattodea
2	Kecoak	<i>Ectobius vittivernis</i>	Blattodea
3	Kumbang Macan	<i>Cicindelidae patruela</i>	Coleoptera
4	Kumbang	<i>Agrilus lacustris</i>	Coleoptera
5	Kumbang	<i>Epilachna admirabilis</i>	Coleoptera
6	Kumbang Tanduk Panjang	<i>Aegomorphus modestus</i>	Coleoptera
7	Kumbang	<i>Tenebrio sp.</i>	Coleoptera
8	Kumbang	Coleoptera sp1	Coleoptera
9	Kumbang	Coleoptera sp2	Coleoptera
10	Longhorn Beetles	<i>Oberea sp.</i>	Coleoptera
11	Kumbang Kotoran	<i>Deltochilum gibbosum</i>	Coleoptera
12	Kumbang	Coleoptera sp3	Coleoptera
13	Southern Masked Chafer	<i>Cyclocephala lurida</i>	Coleoptera
14	Kumbang Buprestis	<i>Buprestis aurulenta</i>	Coleoptera
15	Kumbang	Coleoptera sp4	Coleoptera
16	Kumbang Tanduk	<i>Aegomorphus sp.</i>	Coleoptera
17	kumbang	<i>Coleoptera sp 5.</i>	Coleoptera
18	Uret	<i>Leucopholis rorida</i>	Coleoptera
19	Tiger Beetles	<i>Trycondyla punctulata</i>	Coleoptera
20	Lalat Hijau	<i>Chrysomyia sp</i>	Diptera
21	Nyamuk Hutan	<i>Aedes albopictus</i>	Diptera
22	Robber Flies	<i>Efferia aestuans</i>	Diptera

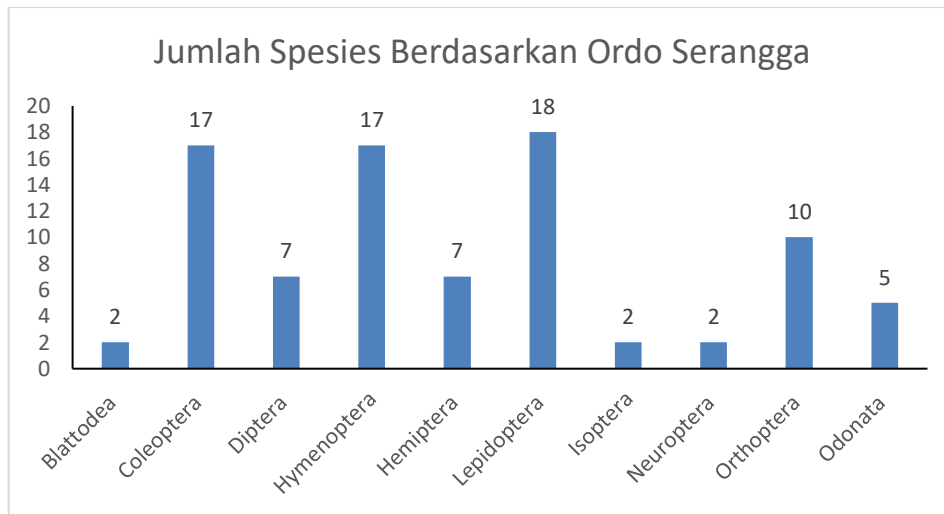
23	Lalat	<i>Diptera</i> sp1	Diptera
24	Lalat	<i>Diptera</i> sp2	Diptera
25	Lalat Abu-Abu	<i>Sarcophaga</i> sp	Diptera
26	Allograpta	<i>Allograpta</i> sp	Diptera
27	Lebah	<i>Sphechodes</i> sp.	Hymenoptera
28	Lebah	<i>Eumenes coarctatus</i>	Hymenoptera
29	Semut	<i>Chepalotes attratus</i>	Hymenoptera
30	Semut	<i>Odontomachus</i> sp	Hymenoptera
31	Semut	<i>Dolichoderus bispinosus</i>	Hymenoptera
32	Semut Geramang	<i>Anoplolepis gracilipes</i>	Hymenoptera
33	Semut	<i>Polyrhachis armata</i>	Hymenoptera
34	Tawon Panji	<i>Evania appendigaster</i>	Hymenoptera
35	Tawon Laba-Laba	<i>Auplopus carbonarius</i>	Hymenoptera
36	Tawon	<i>Ropalidia</i> sp.	Hymenoptera
37	Lebah Bulat	<i>Xylocopa</i> sp.	Hymenoptera
38	Tawon	<i>Rhynchium haemorrhoidale</i>	Hymenoptera
39	Tawon Kendi	<i>Vespa affinis</i>	Hymenoptera
40	Semut Rangrang	<i>Oecophylla smaragdina</i>	Hymenoptera
41	Tawon Kertas	<i>Polistes</i> sp	Hymenoptera
42	Semut	<i>Camponotus</i> sp	Hymenoptera
43	Tawon	<i>Helorus anomalipes</i>	Hymenoptera
44	Wereng Pipih	<i>Flatormenis proxima</i>	Hemiptera
45	Walang Sangit	<i>Leptocorisa oratorius</i>	Hemiptera
46	Tonggere	<i>Neotibicen linnei</i>	Hemiptera
47	Hemiptera	<i>Penthicodes farinosa</i>	Hemiptera
48	True Bugs	<i>Hemiptera</i> sp1	Hemiptera
49	Kepik	<i>Hemiptera</i> sp2	Hemiptera
50	Kepik Hitam	<i>Paraeuscosmetus</i> sp.	Hemiptera
51	Kupu-Kupu Harimau	<i>Ideopsis juvena</i>	Lepidoptera

52	Kupu-Kupu Macan Rawa	<i>Danaus affinis</i>	Lepidoptera
53	Ngengat Harimau	<i>Amata huebneri</i>	Lepidoptera
54	Ngengat Moncong	<i>Endotricha flammealis</i>	Lepidoptera
55	Kupu-Kupu Kuning	<i>Catopsilla pomona</i>	Lepidoptera
56	Kupu-Kupu Jamaides	<i>Jamaides</i> sp.	Lepidoptera
57	Kupu-Kupu Charaxinae	<i>Charaxes</i> sp.	Lepidoptera
58	Kupu-Kupu Kuning Hitam	<i>Troides helena</i>	Lepidoptera
59	Kupu-Kupu Orange	<i>Lepidoptera</i> sp1	Lepidoptera
60	Kupu-Kupu Putih Hitam	<i>Lepidoptera</i> sp 2	Lepidoptera
61	Kupu-Kupu Cokelat Putih	<i>Lepidoptera</i> sp3	Lepidoptera
62	Kupu-Kupu Hitam Putih Besar	<i>Lepidoptera</i> sp4	Lepidoptera
63	Kupu-Kupu Kuning Abu	<i>Lepidoptera</i> sp5	Lepidoptera
64	Red And Blue Patterned Moth	<i>Lepidoptera</i> sp6	Lepidoptera
65	Ngengat	<i>Idaea biselata</i>	Lepidoptera
66	Kupu-Kupu Hitam Ungu	<i>Lepidoptera</i> sp7	Lepidoptera
67	Ngengat	<i>Lepidoptera</i> sp8	Lepidoptera
68	Kupu-Kupu Hitam Kuning	<i>Lepidoptera</i> sp10	Lepidoptera
69	Rayap Pohon	<i>Coptotermes</i> sp.	Isoptera
70	Rayap	<i>Coptotermes</i> sp.	Isoptera
71	Serangga Sayap Jala	<i>Chrysopa rufilabris.</i>	Neuroptera
72	Undur-Undur Terbang	<i>Mymeleon</i> sp.	Neuroptera
73	Jangkrik	<i>Gryllus assimilis</i>	Orthoptera
74	Belalang	<i>Traulia azureipennis</i>	Orthoptera
75	Belalang Kembara	<i>Locusta migratoria</i>	Orthoptera
76	Jangkrik Rumah Tropis	<i>Gryllodes sigillatus</i>	Orthoptera

77	Belalang 1	<i>Orthoptera</i> sp1	Orthoptera
78	Belalang Hijau	<i>Omocestus viridus</i>	Orthoptera
79	Belalang	<i>Trimerotropis</i> sp.	Orthoptera
80	Belalang Coklat	<i>Phlaeoba fumosa</i>	Orthoptera
81	Belalang 2	<i>Orthoptera</i> sp2	Orthoptera
82	Belalang Padi	<i>Oxya</i> sp.	Orthoptera
83	Capung Sambar Hijau	<i>Orthetrum sabina</i>	Odonata
84	Capung Tangerang Biru	<i>Diplacodes trivialis</i>	Odonata
85	Capung Cokelat	<i>Neurothemis stigmatizans</i>	Odonata
86	Capung Merah	<i>Neurothemis terminata</i>	Odonata
87	Capung Jarum	<i>Pseudagrion microcephalum</i>	Odonata
Kelas Lainnya			
No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Ordo
1	Arachnida	<i>Arachnida</i>	Banyak Spesies
2	Chilopoda	<i>Lipan tanah</i>	Banyak spesies
3	Julida	<i>Kaki seribu</i>	Julus sp.

Jika dikelompokkan berdasarkan ordo serangga yang disampling maka dapat diketahui bahwa 2 jenis berasal dari ordo Blattodea (keluarga kecoa), 17 jenis dari Coleoptera (Kumbang), 7 jenis dari Diptera, 7 jenis dari ordo Hemiptera, 17 jenis dari ordo Hymenoptera, 2 jenis dari Isoptera, 18 jenis dari ordo Lepidoptera, 2 jenis dari ordo Neuroptera, 5 jenis dari ordo Odonata, dan 10 jenis dari ordo Orthoptera (**Gambar 4.31**).

Berdasarkan pengamatan, ordo Diptera, Hymenoptera, dan Odonata dapat ditemukan di setiap lokasi (**Gambar 4.31**). Keberadaan ketiga ordo serangga ini dapat dipengaruhi oleh kemampuan ketiga 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)

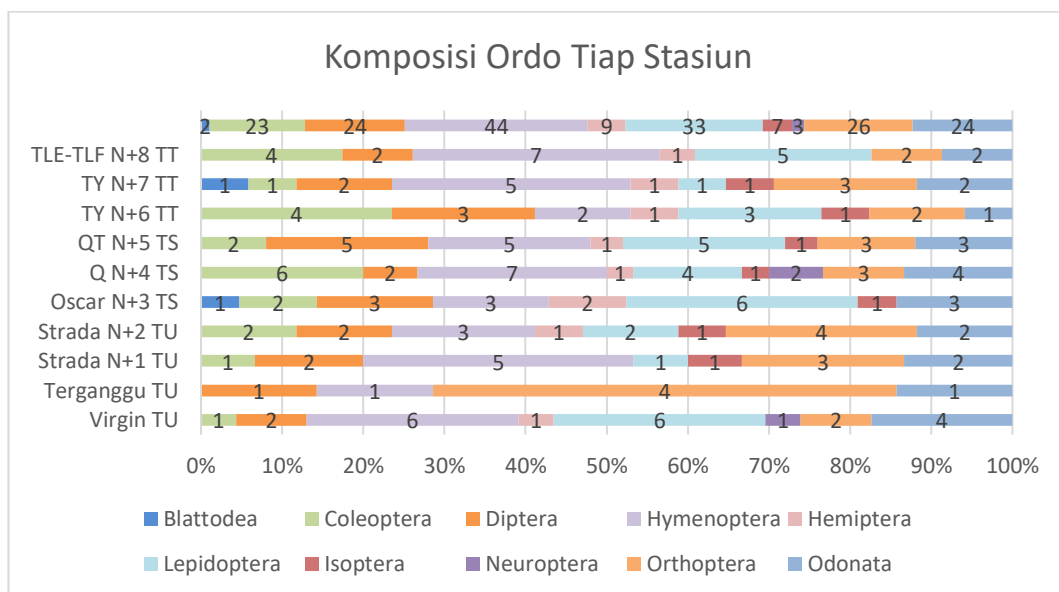


Gambar 4. 31 Perbandingan jumlah spesies serangga berdasarkan ordo serangga pada pemantauan 2023.

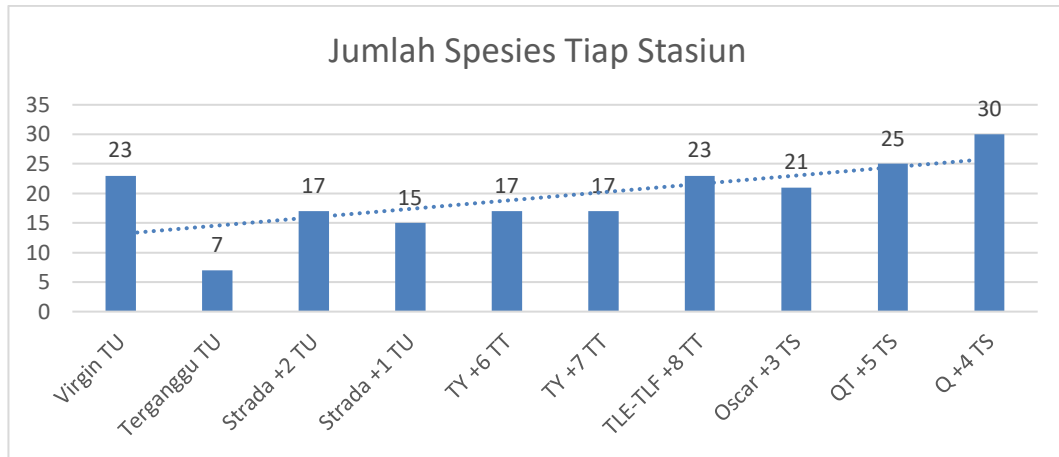
Secara keseluruhan ordo Lepidoptera merupakan ordo dengan jenis terbanyak (18 spesies). Ordo Lepidoptera peran ekologis yaitu sebagai bagian dari rantai makanan, mangsa bagi predator dan sebagai penyerbuk (pollinator) sehingga menyebabkan keberadaannya turut menentukan keberlangsungan regenerasi tumbuhan dan keseimbangan ekosistem juga di daerah bekas pertambangan (Azahra, 2021). Jika berdasarkan data yang diperoleh (lih. **Gambar 4.31**), dapat dilihat bahwa area revegetasi N+8 dan N+4 memiliki jumlah spesies hymenoptera yang lebih banyak dan jumlahnya sama (7 spesies). Area terganggu merupakan area dengan jumlah jenis lepidoptera paling sedikit (tidak ada lepidoptera sama sekali). Kondisi area terganggu yang terbuka serta tekstur tanah yang keras berbatu menyulitkan serangga dari ordo lepidoptera untuk hidup pada lokasi ini.

Terdapat 3 ordo dengan jumlah jenis paling sedikit pada pengamatan ini, yaitu Blattodea, Isoptera dan Neuroptera yang masing-masing hanya memiliki dua spesies. Habitat Blattodea (kecoa) adalah tempat-tempat yang lembap, hangat, dan gelap. Tempat-tempat tersebut dapat berupa celah-celah di sekitar batu, celah tanah, atau di bawah batang pohon (Aang, 2012) sehingga serangga jenis ini hanya dapat ditemukan dengan menggunakan perangkap *pit fall*. Rayap (Isoptera) atau yang sering disebut dengan anai-anai sangat mudah dijumpai di berbagai tipe ekosistem, seperti ekosistem hutan, pertanian, perkebunan, dan sering juga di jumpai di ekosistem pemukiman dan perkotaan. Kondisi iklim tanah, termasuk banyaknya

ragam jenis tumbuhan Indonesia sangat mendukung bagi perkembangan hidup rayap (Irwansyah, 2019) Isoptera dapat ditemukan dengan pengamatan visual karena lokasi sarang dari ordo ini mudah ditemukan. Neuroptera memiliki ukuran tubuh sangat kecil sampai besar. Antena umumnya panjang, alat mulut pada larva penghisap dan pada dewasa menggigit. Sayap dua pasang, seperti selaput, sayap depan dan belakang hampir sama dalam bentuk dan susunan venanya. Pada saat istirahat sayap diletakkan di atas tubuh. Metamorfosis sempurna. Larva serangga ini mempunyai rahang yang berkembang baik, digunakan untuk menangkap mangsa. Sebagai besar Neuroptera merupakan serangga yang daya terbangnya buruk. Serangga dewasa tertarik pada cahaya dan hidup di sekitar tanaman (Jumar, 2000). 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. 32 Komposisi Ordo tiap stasiun, Angka dalam blok grafik merupakan jumlah spesies dari ordo/blok tersebut.



Gambar 4. 33 Perbandingan jumlah spesies serangga pada pemantauan 2023. Trendline menunjukkan adanya kenaikan jumlah spesies.

Area revegetasi N+4 Bukit Q memiliki jumlah jenis serangga terbanyak yaitu sebanyak 30 spesies, jumlah ini lebih banyak 7 jenis dibanding area virgin. Namun, pada kedua lokasi ini terdapat persamaan jumlah ordo terbanyak pada setiap stasiun, yaitu ordo Hymenoptera. Hasil pemantauan serangga pada Area revegetasi N+4 Bukit Q ditemukan beberapa ordo meliputi Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Odonata, dan Orthoptera (**Gambar 4.33**). Jika dibandingkan dengan lokasi lain, sejauh ini Area revegetasi N+4 Bukit Q memiliki jumlah jenis serangga terbanyak. Hal ini didukung oleh keberagaman vegetasi yang dapat ditemukan di lokasi ini. Kondisi Area revegetasi N+4 Bukit Q mulai membentuk ekosistem yang kompleks sehingga 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. Namun keberadaan lepidoptera di area virgin masih dapat ditemukan serangga Lepidoptera dikarenakan pada saat bulan pemantauan, pepohonan di area virgin sudah mulai berbunga sehingga serangga Lepidoptera datang untuk mencari makan.



Gambar 4. 34 Kepompong Kupu-kupu *Charaxes* sp. yang hinggap di daun Tirotasi.

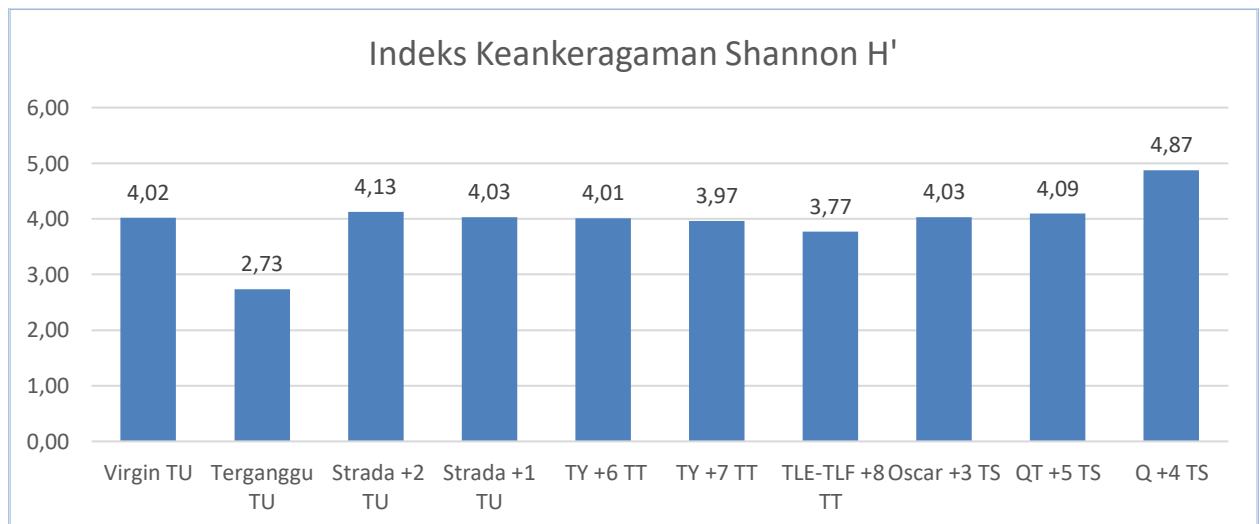
Keberadaan semut (Hymenoptera) dapat ditemukan di setiap lokasi pengamatan. Semut merupakan serangga yang dapat ditemukan di setiap habitat dan keberadaannya dominan di permukaan tanah (Alonso dan Agosti 2000). Semut diketahui juga memiliki berbagai jenis spesies dan termasuk serangga sosial serta kosmopolitan (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). Di lain sisi kematian sengon akan menyebabkan pengaruh negatif 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) dan Rayap (Isoptera).

Hasil perhitungan indeks keanekaragaman untuk masing-masing lokasi (**Gambar 4.35**) menunjukkan bahwa mayoritas area revegetasi memiliki tingkat keanekaragaman serangga yang lebih tinggi dibandingkan area virgin ($H'=4.02$). Area terganggu yang secara hipotesis harusnya memiliki tingkat keanekaragaman yang lebih rendah dari area virgin terbukti benar. 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 jangkrik (orthoptera) dapat ditemukan pada lokasi ini. 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).

Tidak ada lokasi pengamatan yang memiliki indeks keanekaragaman $<2,09$. Area terganggu yang memiliki indeks keanekaragaman yang dianggap sedikit rendah memiliki diversitas yang tergolong sedang (2.73). Hal ini menandakan bahwa pada pengamatan semester ini terjadi peningkatan keanekaragaman spesies serangga.

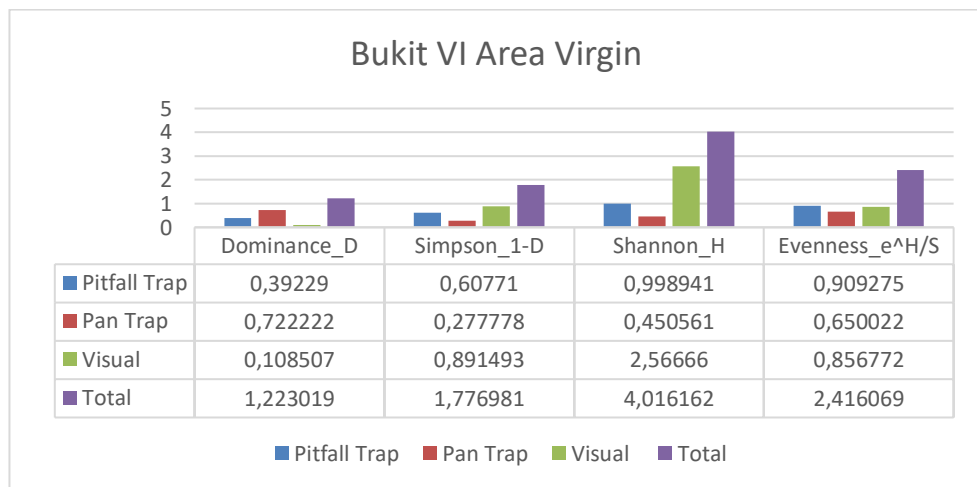


Gambar 4. 35 Indeks Keanekaragaman tiap stasiun. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data keseluruhan (gabungan hasil pengamatan dengan menggunakan tiga metode).

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)



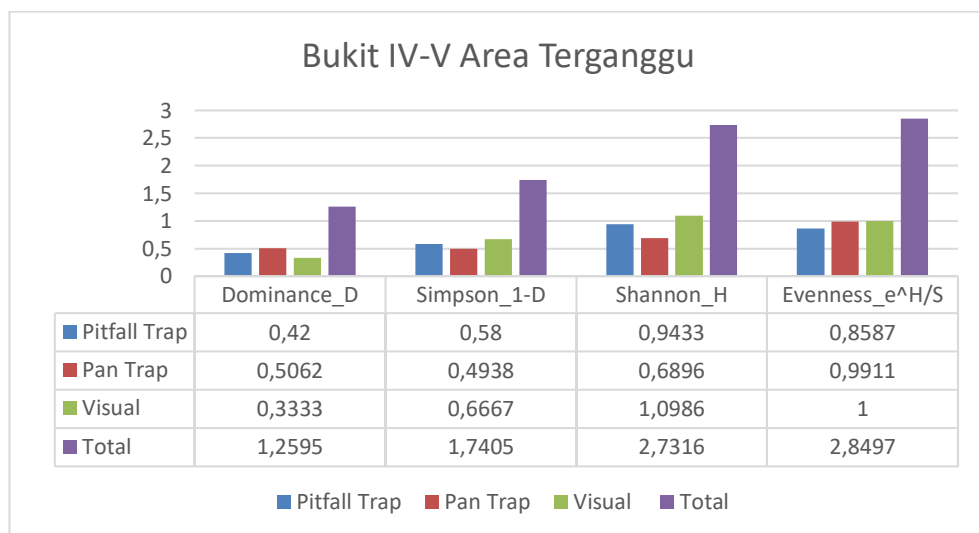
Gambar 4. 36 Histogram Indeks Keanekaragaman tiap stasiun. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data keseluruhan (gabungan hasil pengamatan dengan menggunakan tiga metode).

Dominansi pan trap sedang, Dominansi pitfall dan visual rendah, total dominansi sedang. Keanekaragaman pan trap rendah, Keanekaragaman pitfall, visual, dan Total Keanekaragaman sedang. Tingkat dominansi tertinggi ditemukan pada pengamatan dengan metode pan trap. Dominansi ini dipengaruhi banyaknya semut *Chepalotes attratus* yang terperangkap pada pan trap. Tingkat keanekaragaman serangga tertinggi diperoleh pada metode visual sensus (2,56). Tingkat keanekaragaman yang tinggi dipengaruhi banyaknya jenis serangga yang ditemukan (20 spesies) dengan metode ini. Selain itu jumlah serangga yang ditemukan tidak jauh berbeda sehingga tidak terjadi dominansi pada lokasi ini.



Gambar 4. 37 Lalat *Chrysomya* sp. yang sedang bertengger pada daun

b. Area Terganggu (Bukit IV-V)



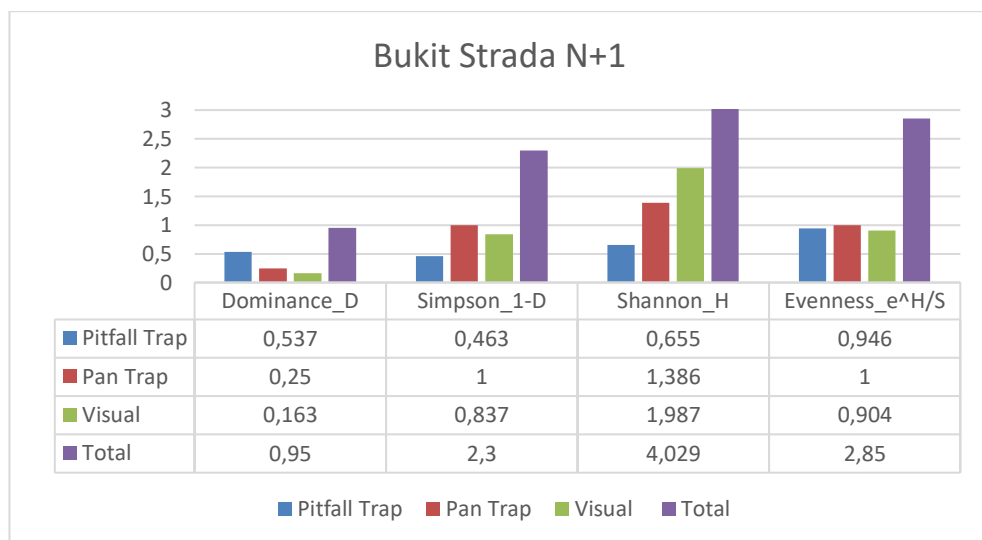
Gambar 4. 38 Histogram Indeks Keanekaragaman pada Bukit IV.V Area Terganggu.

Dominansi Pan trap sedang, Dominansi Pitfall dan Visual rendah. Total dominansi sedang. Keanekaragaman Pitfall dan Pan Trap rendah, Keanekaragaman Visual 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 Belalang kembara *Locusta migratoria* dan Jangkrik rumah *Gryllodes sigilatus*.



Gambar 4. 39 Belalang kembara *Locusta migratoria*

c. N+1 (Bukit Strada)



Gambar 4. 40 Histogram Indeks Keanekaragaman Bukit Strada N+1.

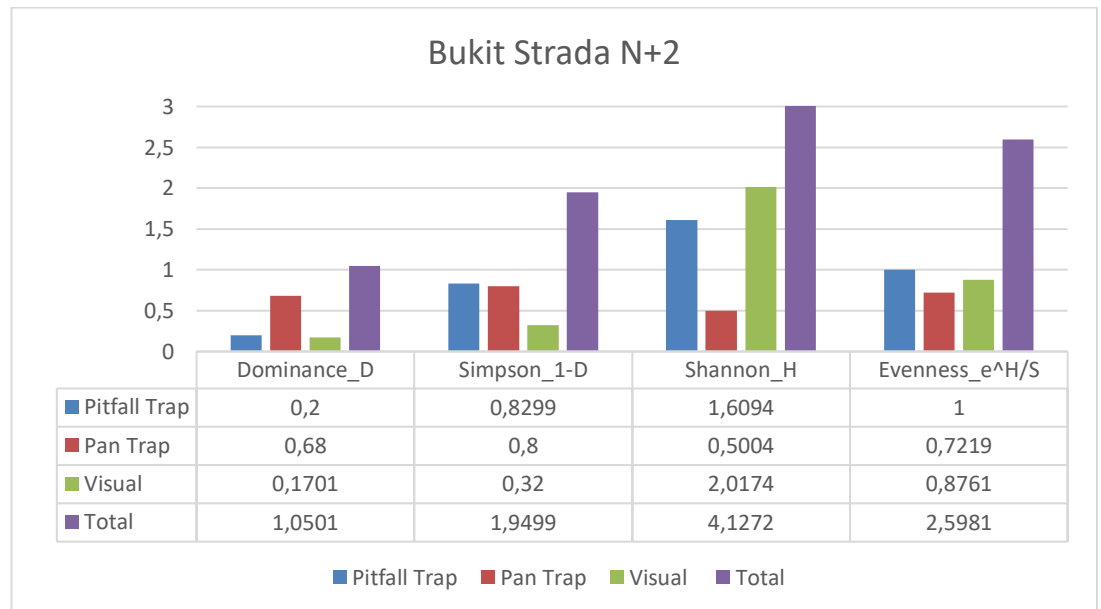
Dominansi Pitfall sedang, dominansi pan dan visual rendah, total dominansi tergolong sedang. Keanekaragaman pitfall, pan, visual dan total tergolong sedang. Tingkat dominansi spesies pada lokasi ini tergolong rendah, hal ini menunjukkan bahwa jumlah individu spesies yang ditemukan tidak berbeda jauh satu sama lain. Tingkat keanekaragaman serangga dengan metode pitfall lebih tinggi dibandingkan dengan visual sensus. Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman serangga nokturnal pada lokasi ini lebih beragam. 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.



Gambar 4. 41 *Leucopholis rorida*

d. N+2 (Bukit Strada)



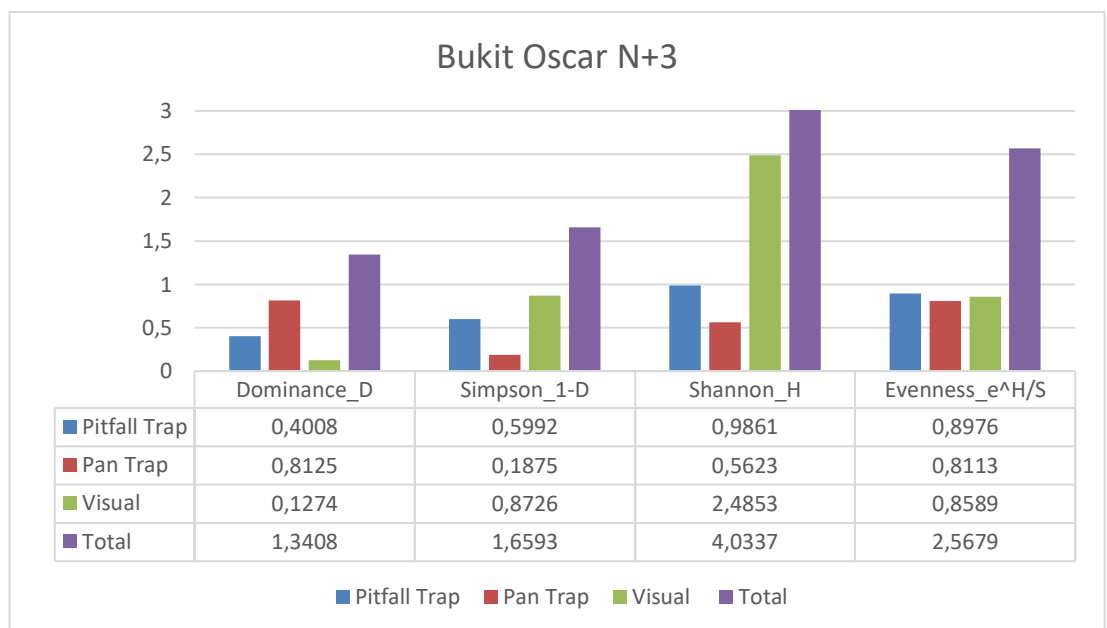
Gambar 4. 42 Histogram Indeks Keanekaragaman Bukit Strada N+2

Dominansi Pan Trap tergolong sedang, dominansi pitfall dan visual rendah, serta total dominansi sedang. Keanekaragaman ketiga metode dan total tergolong sedang. Tidak ditemukan adanya satu spesies 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. Tawon *Ropalidia* sp. hanya dijumpai pada lokasi ini.



Gambar 4. 43 Tawon *Ropalidia* sp.

e. N+3 (Bukit Oscar)



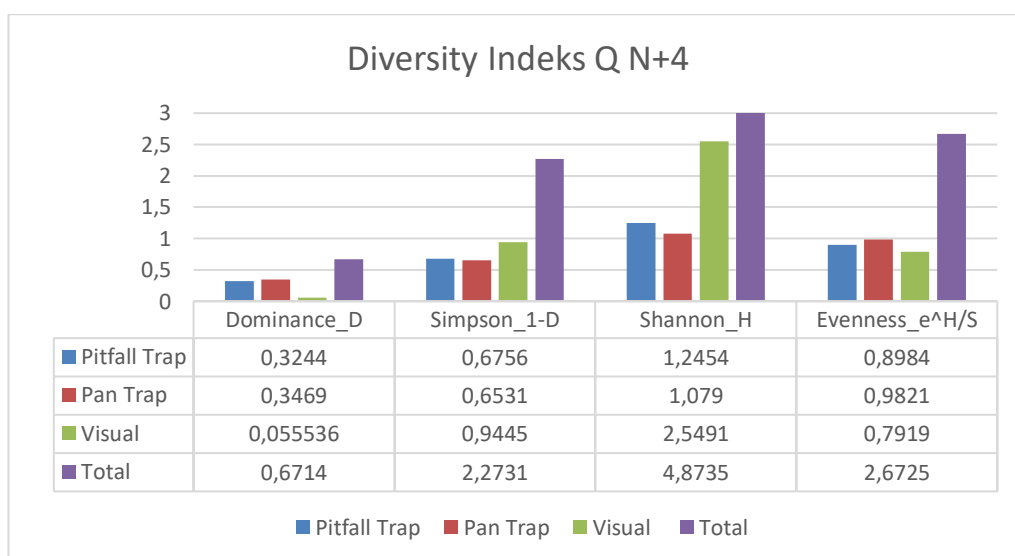
Gambar 4. 44 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area bukit Oscar N+3

Dominansi pitfall dan visual rendah. Pan Trap dan total dominansi tergolong sedang. Keanekaragaman pitfall, pan, visual, dan total tergolong sedang. Tingginya tingkat dominansi pada metode pitfall dipengaruhi oleh banyaknya semut *Camponotus* sp. yang ditemui pada lokasi ini. Pada lokasi ini juga ditemukan kupu-kupu kuning *Catopsilla pomona*.



Gambar 4. 45 Kupu-kupu kuning *Catopsilla pomona*

f. N+4 (Bukit Q)



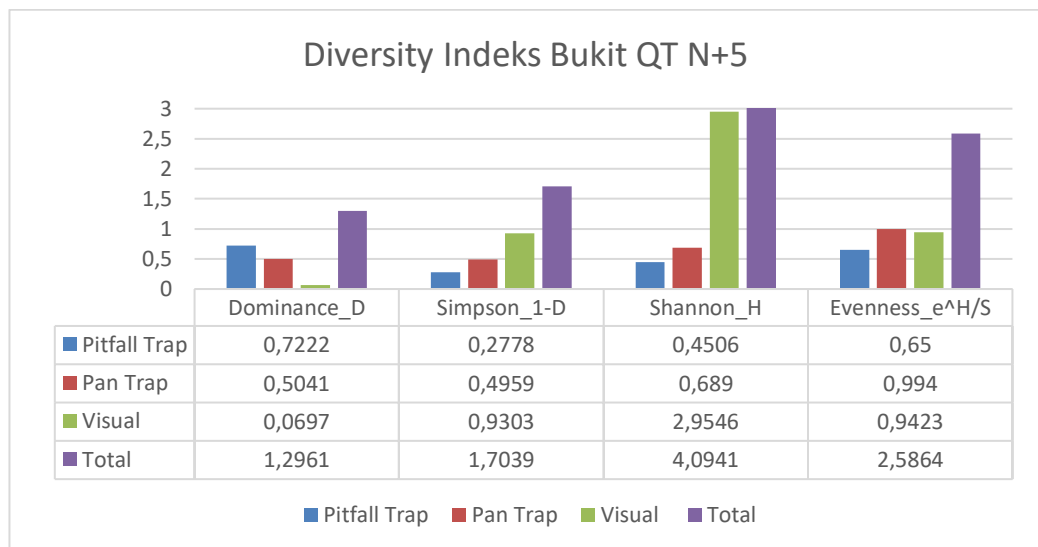
Gambar 4. 46 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Q N+4.

Dominansi ketiga metode tergolong rendah, sedangkan total dominansi tergolong sedang. Keanekaragaman ketiga metode 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 Kumbang tanduk *Aegomorphus*

modestus yang tidak dijumpai pada lokasi lainnya. Selain di daerah virgin, di lokasi ini juga ditemukan Kupu-kupu *Danaus affinis* yang termasuk hewan langka dengan status vulnerable.



Gambar 4. 47 Kupu-kupu *Danaus affinis* yang tergolong kupu-kupu langka g. N+5 (Bukit QT)



Gambar 4. 48 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit QT N+5

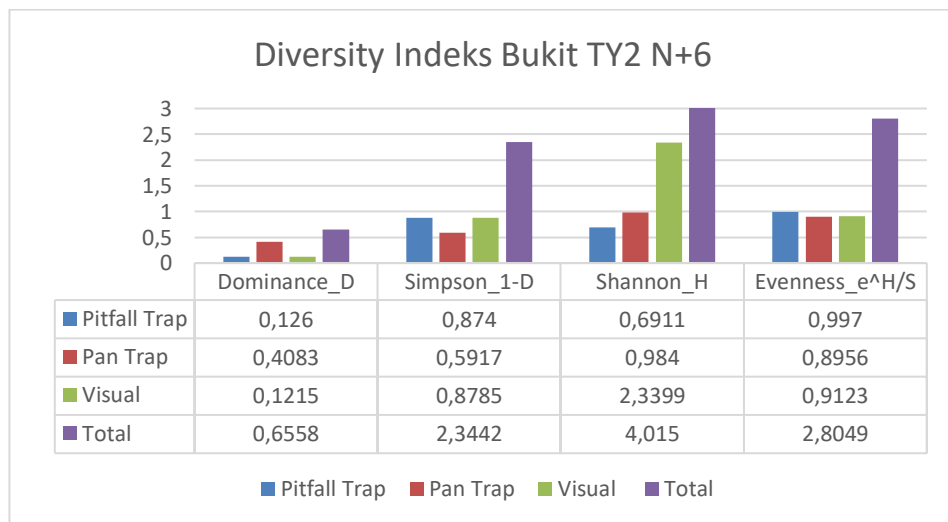
Dominansi pitfall dan Pan Trap serta total dominansi tergolong sedang, sedangkan metode visual tergolong rendah. Keanekaragaman pitfall dan Pan Trap rendah, keanekaragaman, visual, dan total tergolong sedang. Lokasi ini merupakan salah satu lokasi dengan tingkat keanekaragaman di atas 2 poin. Tingkat dominansi serangga pada metode pitfall dipengaruhi

oleh banyaknya semut *Camponotus sp* yang terperangkap pada trap yang dipasang. Tawon kertas *Polistes sp.* juga ditemukan di lokasi ini.



Gambar 4. 49 Tawon kertas *Polistes sp.*

h. N+6 (Bukit TY2)



Gambar 4. 50 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TY2 N+6

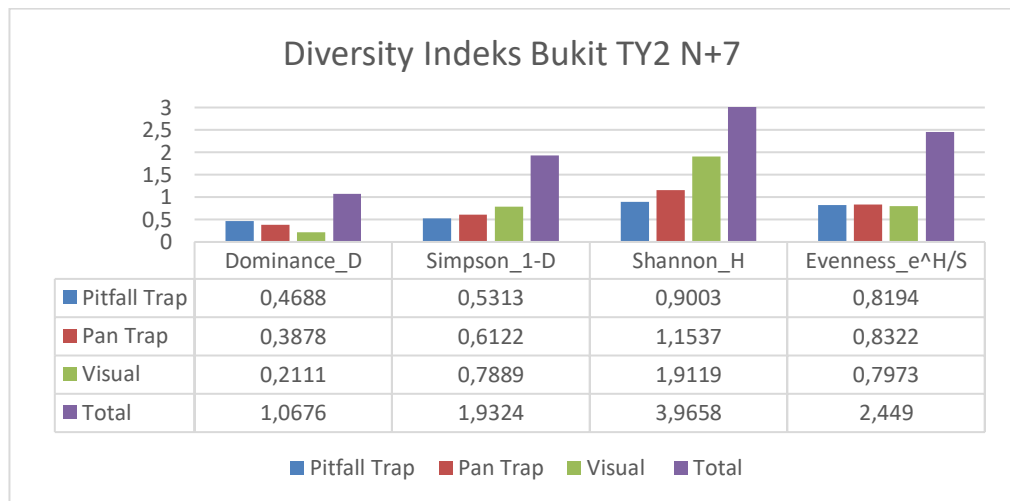
Dominansi ketiga metode tergolong rendah sedangkan total dominansi tergolong sedang. Keanekaragaman pitfall dan Pan Trap rendah, keanekaragaman visual, dan total sedang. Dominansi yang tinggi pada metode pitfall trap dipengaruhi oleh banyaknya jumlah semut *Camponotus*

sp yang terperangkap pada trap yang dipasang pada lokasi ini. Selain itu, Kepik *Epilachna admirabilis* juga ditemukan di lokasi ini.



Gambar 4. 51 Kepik *Epilachna admirabilis*

i. N+7 (Bukit TY2)



Gambar 4. 52 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TY2 N+7

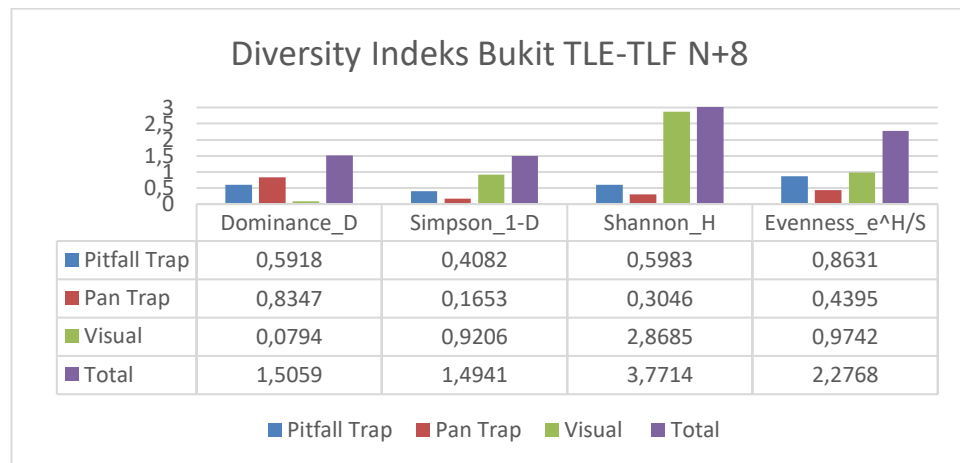
Dominansi ketiga metode tergolong rendah. Total dominansi tergolong sedang. Keanekaragaman pitfall rendah, keanekaragaman pan, visual, dan total sedang. Dominansi yang tinggi pada pitfall disebabkan banyaknya jumlah semut *Camponotus* sp. yang terjebak pada trap di lokasi ini. Di

lokasi ini ditemukan beberapa jenis lepidoptera seperti *Amata huebneri*, *Charasex* sp., dan *Catopsilla pomona*.



Gambar 4. 53 Kupu-kupu *Charasex* sp.

j. N+8 (Bukit TLE-TLF)



Gambar 4. 54 Histogram Indeks Keanekaragaman pada area Bukit TLE-TLF N+8

Dominansi visual tergolong rendah, sedangkan pitfall, Pan Trap dan total dominansi tergolong sedang. Keanekaragaman pitfall dan Pan Trap tergolong rendah sedangkan visual dan total dominansi tergolong sedang. Di lokasi ini ditemukan Ngengat *Amata huebneri*.



Gambar 4. 55 Ngengat *Amata huebneri*

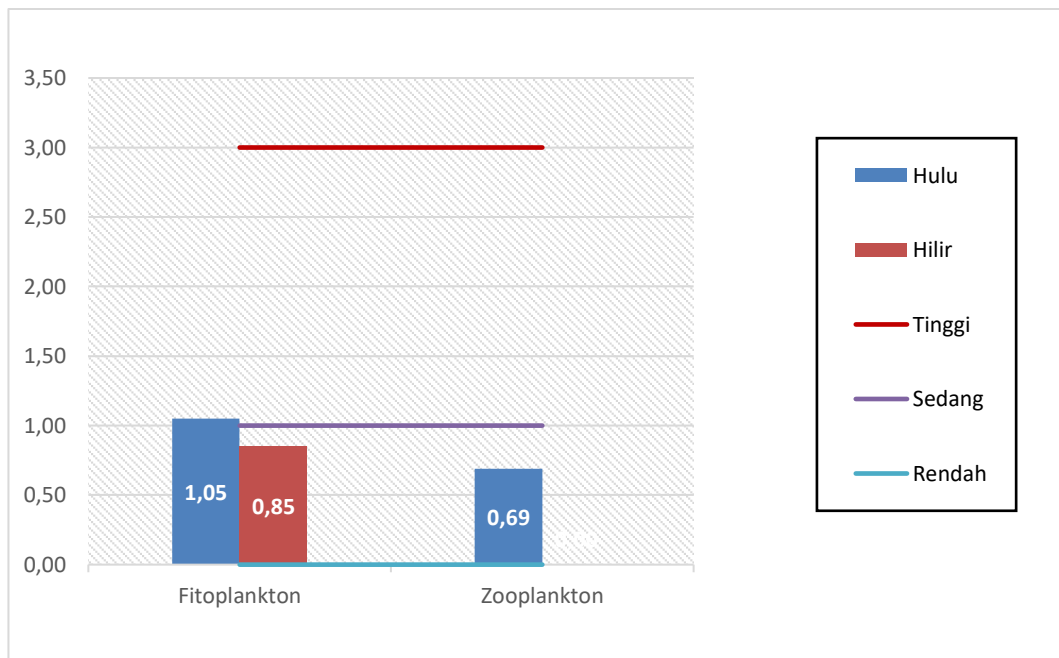
4.3 Biota Sungai

4.3.1 Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Sungai di Area PT Antam

Indeks nilai keanekaragaman dan kelimpahan plankton yang berada di hulu dan hilir aliran sungai kawasan sekitar PT Antam Tbk, Pomalaa diperoleh dari hasil akumulatif dari beberapa lokasi pengambilan sampel air sungai. Pada lokasi pemantauan di hulu sungai terdiri dari beberapa titik sungai yang dilakukan pemantauan yaitu 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 dilakukan pemantauan pada lokasi sungai Tonggoni hulu dan sungai Tonggoni hilir tidak dapat dilakukan pengambilan sampel air sungai pada kedua sungai tersebut karena pada sungai Tonggoni hulu dan sungai Tonggoni hilir mengalami kekeringan air sungai.

Hasil dari analisis indeks keanekaragaman Shannon-Wiener untuk plankton sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk, Pomalaa secara umum menyatakan nilai keanekaragaman pada fitoplankton termasuk kategori yang sedang berdasarkan dari kriteria indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

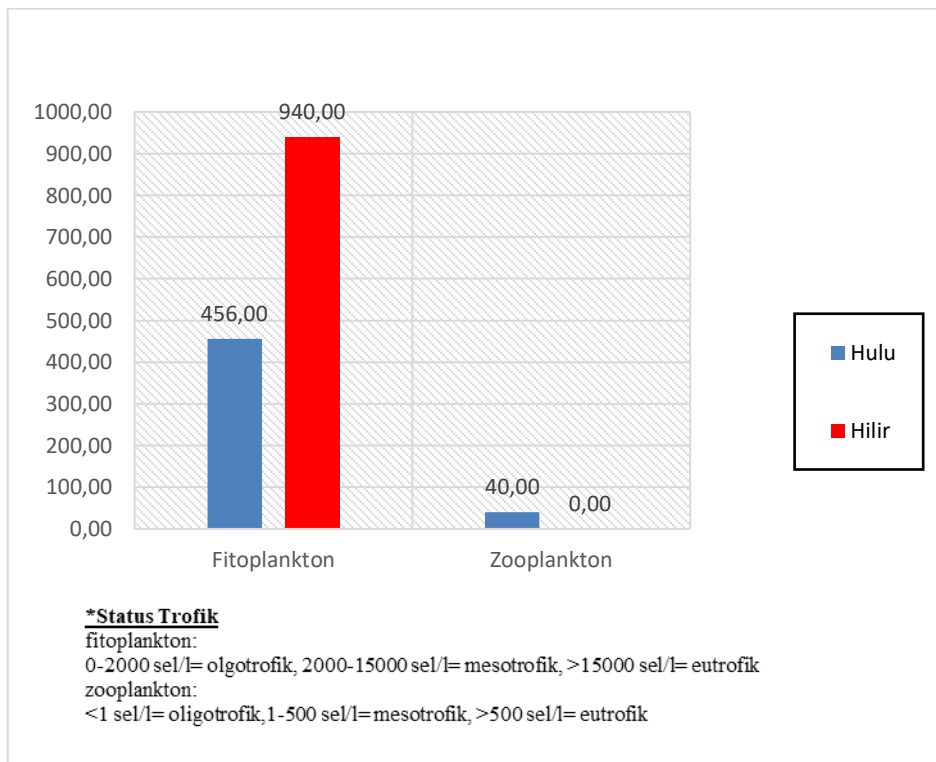
(Shannon dan Wiener, 1963). Nilai rata-rata keanekaragaman jenis fitoplankton tertinggi didapatkan pada lokasi hulu sungai dengan nilai indeks keanekaragaman 1,05 sedangkan nilai rata-rata keanekaragaman untuk jenis fitoplankton yang terendah diperoleh pada lokasi hilir sungai dengan nilai indeks keanekaragaman 0,85. Selanjutnya nilai rata-rata keanekaragaman yang didapatkan untuk jenis zooplankton terdapat pada lokasi hulu sungai dengan nilai keanekaragaman 0,69 sedangkan pada lokasi hilir aliran sungai tidak memiliki nilai keanekaragaman untuk jenis zooplankton karena pada lokasi aliran hilir sungai tidak ada ditemukan jenis zooplankton. Berikut gambar dari nilai keanekaragaman jenis fitoplankton dan zooplankton yang dapat dilihat sebagai berikut pada **Gambar 4.56**.



Gambar 4. 56 Keanekaragaman plankton sungai pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk, Pomalaa Semester II tahun 2023.

Hasil selanjutnya untuk analisis nilai dari kelimpahan jenis fitoplankton yang berada pada setiap lokasi di area sekitar aktivitas Antam menunjukkan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan rendah (*oligotrofik*) ditinjau berdasarkan kategori atas pendugaan status trofik mengacu pada Lander (1978) dalam Suryanto (2009). Sedangkan nilai kelimpahan jenis zooplankton pada lokasi di area sekitar aktivitas PT Antam Tbk 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 yang diperoleh untuk kelimpahan jenis fitoplankton tertinggi ditemukan pada lokasi hilir aliran sungai dengan nilai kelimpahan yakni 940 sel/liter sedangkan pada lokasi hulu aliran sungai didapatkan nilai rata-rata kelimpahan jenis fitoplankton rendah yakni dengan nilai kelimpahan 456 sel/liter. Selanjutnya diperoleh nilai rata-rata kelimpahan jenis zooplankton yang didapatkan pada lokasi hulu sungai dengan nilai kelimpahan 40 sel/liter sedangkan pada lokasi hilir aliran sungai tidak adanya ditemukan jenis zooplankton sehingga tidak memiliki nilai rata-rata kelimpahan jenis zooplankton yang dapat dilihat dalam bentuk gambar grafik sebagai berikut **Gambar 4.57**.



Gambar 4. 57 Kelimpahan Plankton pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka semester II tahun 2023.

Kondisi lingkungan pada lokasi pengambilan sampel air dan pengamatan plankton sungai dapat dilihat melalui hasil data pengukuran yang diperoleh yaitu pengukuran suhu, dan pH perairan. Pengukuran suhu perairan yang dilakukan di lokasi aliran sungai sekitar area PT Antam Tbk yakni sebesar 25-35°C ditemukan suhu perairan tertinggi pada lokasi hulu aliran sungai. Selanjutnya untuk

pengukuran pH air sungai yang telah di ukur didapatkan pH 7 pada setiap lokasi sungai baik Hulu dan Hilir aliran di area PT Antam Tbk.

Pemantauan biota sungai yang dilakukan pada sepuluh lokasi area aliran sungai selain ditemukan plankton, ada juga dijumpai biota sungai lainnya. Adapun biota sungai yang ditemukan yakni ikan kepala timah *Aplocheilus* sp. yang berada pada sungai Oke-oke hilir, ikan *Gambusia affinis* yang berada di sungai Huko-huko hilir dan Ikan *Rasbora* sp. di sungai Huko-huko hulu. Berdasarkan dari keberadaan biota sungai jenis ikan ini dapat mengindikasikan aliran sungai yang telah masuk ke dalam area lokasi pemantauan ini sebagai tempat berlangsung hidup dan mencari makan bagi berbagai jenis biota-biota sungai.

4.4 Mangrove

4.4.1 Vegetasi Mangrove

Vegetasi Mangrove adalah kelompok tumbuhan yang tumbuh di daerah pasang-surut di wilayah pesisir, terutama di daerah tropis dan subtropis. Vegetasi ini terdiri dari berbagai jenis pohon, semak, dan tumbuhan kecil yang memiliki adaptasi khusus untuk bertahan hidup di lingkungan yang keras dan berubah-ubah, termasuk perubahan salinitas air, pasang-surut, dan kondisi tanah yang berlumpur (Hanafi *et al.*, 2021). Vegetasi Mangrove memiliki peran penting dalam ekosistem Mangrove dan lingkungan sekitarnya. Vegetasi Mangrove menyediakan habitat penting bagi berbagai jenis flora dan fauna, termasuk sebagai tempat berkembang biak, perlindungan, dan sumber makanan bagi spesies laut dan darat (Bagus Made Baskara Andika, 2023). Vegetasi Mangrove juga membantu dalam proses pembersihan air laut dengan menyerap zat-zat berbahaya dan mengurangi polusi air, sehingga menjaga kualitas air di sekitar ekosistem Mangrove (Amu Blegur *et al.*, 2023). Peran-peran ini menunjukkan pentingnya vegetasi Mangrove dalam menjaga keseimbangan ekosistem pantai, melindungi lingkungan, serta memberikan manfaat ekonomi dan sosial bagi masyarakat sekitar.

Monitoring atau pemantauan kondisi ekosistem Mangrove merupakan salah satu proses yang diperlukan untuk menyukseskan pengembalian kondisi hutan Mangrove ke kondisi semula setelah dilakukannya rehabilitasi lahan. Membandingkan antara kawasan Mangrove hasil rehabilitasi dengan ekosistem

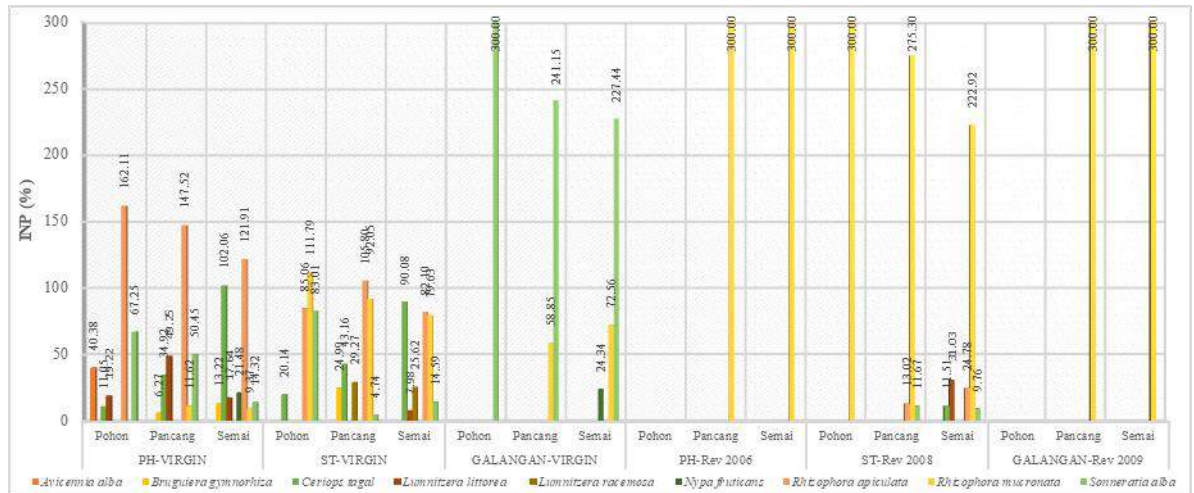
Mangrove yang telah ada secara alami (virgin) dapat dijadikan dasar untuk menilai seberapa berhasil rehabilitasi lahan Mangrove yang telah dilakukan.

Pengamatan Mangrove dilakukan untuk memperoleh data yang mencakup Indeks Nilai Penting (INP), jumlah jenis serta hasil analisis tinggi vegetasi Mangrove. Analisis vegetasi bertujuan untuk mengenali komposisi dan struktur vegetasi Mangrove (Safarni *et al.*, 2023). Struktur dan komposisi suatu vegetasi dipengaruhi oleh komponen ekosistem lainnya yang saling berinteraksi, sehingga vegetasi yang tumbuh secara alami pada suatu wilayah sesungguhnya merupakan hasil interaksi berbagai faktor lingkungan. Komposisi jenis merupakan salah satu nilai yang digunakan untuk mengetahui proses suksesi yang sedang berlangsung pada suatu komunitas yang telah terganggu (Cahyanto *et al.*, 2014).

Indeks Nilai Penting (INP) merupakan salah satu indeks yang dihitung berdasarkan jumlah yang didapatkan untuk menentukan tingkat dominasi jenis dalam suatu komunitas tumbuhan. Untuk mengetahui Indeks Nilai Penting pada pohon dan anakan vegetasi Mangrove dapat diperoleh dari penjumlahan Frekuensi relatif, Kerapatan relatif, dan Penutupan relatif suatu vegetasi yang dinyatakan dalam persen (%) (Jc *et al.*, 2016). Menurut Usman *et al.*, (2013) Area Mangrove yang memiliki nilai penting tinggi menandakan bahwa Mangrove di area tersebut dalam kondisi baik dan belum mengalami perubahan, sebaliknya apabila kondisi ini berkurang atau berubah menjadi daratan karena sedimentasi dan rusak karena ulah manusia, maka perlu dilakukan rehabilitasi agar keseimbangan ekosistem terjaga.

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

Berikut pada **Gambar 4.58** menunjukkan hasil analisis vegetasi Mangrove pada pemantauan semester II tahun 2023 pada masing-masing area virgin dan rehabilitasi di Kawasan Mangrove Pantai Harapan (PH), Sitado (ST) dan Pesisir Galangan (PG), Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.



Gambar 4. 58 Histogram Indeks Nilai Penting (%) jenis Mangrove pada Pantai Harapan (PH), Sitado (ST) dan Pesisir Galangan (PG) di lokasi tambang PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023.

Berdasarkan pada grafik pada **Gambar 4.58** dapat dilihat terkait hasil analisis INP (Indeks Nilai Penting) dari setiap kategori yaitu pohon, pancang dan semai. Pada pemantauan semester II tahun 2023 tidak ada perubahan yang signifikan terkait hasil analisis INP. Seluruh area virgin dari ketiga wilayah pemantauan masih dijumpai ketiga habitus (pohon, pancang, semai). Pada area pemantauan Pantai Harapan Virgin jenis Mangrove yang memiliki nilai INP tertinggi pada habitus pohon yaitu *Rhizophora apiculata* dengan nilai sebesar 162,11 %. Pada Area Pantai Sitado Virgin juga ditemukan jenis Mangrove *Rhizophora apiculata* yang memiliki nilai INP tertinggi yaitu pada habitus pancang dengan nilai 105,80%. Pada area virgin Pesisir Galangan ditemukan Mangrove jenis *Sonneratia sp* pada habitus pohon dengan nilai INP 300%.

Pada area revegetasi ditemukan nilai INP tertinggi pada Mangrove jenis *Rhizophora mucronata* dengan nilai INP sebesar 300% pada habitus pancang di area rehabilitasi Pantai Harapan, habitus pohon di area rehabilitasi Pantai Sitado. Nilai INP tertinggi yaitu 300% juga ditemukan pada Mangrove jenis *Rhizophora mucronata* pada habitus pohon di area rehabilitasi. Pada area revegetasi ini, Area rehabilitasi Pantai Sitado telah ditemui Mangrove dengan kategori habitus pohon, pancang dan semai. Pada area rehabilitasi Pantai Harapan dan Pesisir Galangan tidak dijumpai jenis Mangrove selain *Rhizophora mucronata* atau dapat dikatakan komposisi vegetasi yang Menyusun ekosistem Mangrove di area ini bersifat homogen.

Jenis Mangrove yang ditemukan di area virgin Mangrove Pantai Harapan berjumlah 8 jenis yang didominasi oleh Mangrove jenis *Rhizophora apiculata*, di area virgin Pantai Sitado berjumlah 7 jenis dan di area virgin Pesisir Galangan hanya dijumpai 1 jenis Mangrove yaitu *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.

Tabel 4. 9 Daftar jenis Mangrove yang terpantau tumbuh di area Pantai Harapan, Sitado dan Pesisir Galangan PT Antam Tbk, Pomalaa semester II tahun 2023.

JENIS	PH-VIRGIN	ST-VIRGIN	PG-VIRGIN	PH-Rev 2006	ST-Rev 2008	PG-Rev 2009
<i>Avicennia alba</i>	<input checked="" type="checkbox"/>					
<i>Bruguiera</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
<i>Ceriops tagal</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
<i>Lumnitzera littorea</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Nypa fruticans</i>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
<i>Rhizophora apiculata</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Rhizophora mucronata</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Lumnitzera</i> sp.		<input checked="" type="checkbox"/>				
<i>Sonneratia</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Excoecaria agalloca</i> *				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Jumlah	8	7	3	1	4	1

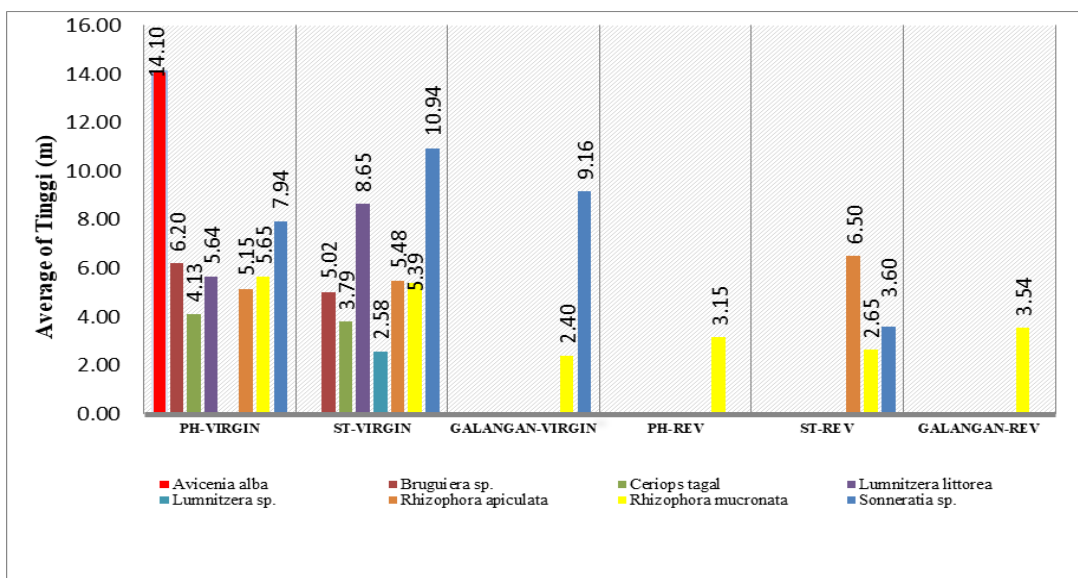
Ket:

*= Outplot

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa Mangrove jenis *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia* sp. merupakan jenis Mangrove yang hampir dijumpai di seluruh 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 semai 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 semester II tahun 2023, dapat dilihat pada **Gambar 4.59** Area revegetasi tahun 2006 Pantai Harapan hanya ditemukan 1 jenis Mangrove, yaitu jenis *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 3,15 m. Area revegetasi Sitado tahun 2008 ditemukan 3 jenis Mangrove, yaitu *Rhizophora apiculata* dengan rerata tinggi 6,50 m, *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 2,65 m, dan *Sonneratia* sp. dengan rerata tinggi 3,60 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 3,54 m.



Gambar 4.59 Rerata tinggi jenis vegetasi di kawasan Mangrove Pantai Harapan, Sitado, dan Pesisir Galangan pada pemantauan semester II tahun 2023.

Area virgin Pantai Harapan ditemukan 7 jenis Mangrove dengan rerata tertinggi yaitu pada Mangrove jenis *Avicennia alba* dengan tinggi 14,10 m. Selain itu, terdapat Mangrove *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 5,65 m, *Rhizophora apiculata* dengan rerata tinggi 5,15 m, *Sonneratia* sp. dengan rerata tinggi 7,94 m, *Lumnitzera littorea* dengan rerata tinggi 5,64 m, *Ceriops tagal* dengan rerata tinggi 4,13 m, dan *Bruguiera* sp. dengan rerata tinggi 6,20 m. Pada area virgin Sitado ditemukan 7 jenis Mangrove dengan jenis yang paling tinggi yaitu pada Mangrove jenis *Sonneratia* sp. dengan rerata tinggi 10,94 m. Adapun

Mangrove jenis lainnya yaitu *Rhizophora mucronata* dengan rerata tinggi 5,39 m, *Rhizophora apiculata* dengan rerata tinggi 5,48 m, *Lumnitzera littorea* dengan rerata tinggi 8,65 m, *Ceriops tagal* dengan rerata tinggi 3,79 m, dan *Bruguiera* sp. dengan rerata tinggi 5,02 m. Pada area virgin Pesisir Galangan ditemukan 2 jenis Mangrove dengan jenis yang paling tinggi yaitu Mangrove jenis *Sonneratia* sp. dengan rerata tinggi 9,16 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 2,40 m.

4.4.2 Fauna Mangrove

4.4.2.1 Makro zoobentos Mangrove

Ekosistem Mangrove merupakan kawasan hutan yang hidup di sepanjang garis pantai dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ekosistem Mangrove berfungsi sebagai tempat mencari makan (*feeding ground*), memijah (*Spawning ground*), daerah asuhan (*nursery ground*) dan berkembang biak bagi berbagai macam biota perairan seperti ikan, udang dan kerang-kerangan. Hutan Mangrove merupakan habitat berbagai jenis satwa, baik sebagai habitat pokok maupun sebagai habitat sementara, penghasil detritus dan sebagai perangkap sedimen yang berasal dari daratan. Secara ekonomis, hutan Mangrove dapat dimanfaatkan sebagai penghasil kayu bakar, kayu bangunan, bahan arang, pewarna, sirup dan lainnya. Hutan Mangrove juga berfungsi sebagai pelindung pantai dari hempasan gelombang air laut serta sebagai penyerap logam berat. Fungsi penting lain hutan Mangrove yaitu sebagai penyerap karbon dioksida untuk mengurangi fenomena pemanasan global yang terjadi saat ini.

Fungsi bahan organik yang dihasilkan oleh ekosistem Mangrove adalah sebagai indikator kualitas perairan dan pendukung kehidupan organisme yang hidup di lingkungan ekosistem Mangrove (Karimah 2017). Namun apabila jumlah bahan organik yang masuk melebihi daya dukung perairan, maka kondisi lingkungan perairan menjadi rusak dan selanjutnya mengganggu kehidupan organisme yang hidup di dalamnya. Bashir *et al.* (2020) dan Rositasari (2020) menyebutkan tingginya konsentrasi bahan organik pada endapan lumpur akan menghasilkan *eutrofikasi* akibat terjadinya penipisan oksigen terlarut (hipoksia) berkepanjangan yang berpotensi menimbulkan kematian bagi vegetasi dan hewan

air lainnya. Salah satu organisme yang erat kaitannya dengan bahan organik sedimen adalah makro zoobentos. Gultom *et al.* (2018) menjelaskan bahwa makro zoobentos memiliki kemampuan untuk mengakumulasi suatu bahan pencemar di dalam tubuhnya melalui proses dekomposisi dan mineralisasi substrat organik sekaligus sumber pakan bagi ikan demersal. Makro zoobentos merupakan organisme yang hidup dalam sedimen dasar perairan.

Makro zoobentos mempunyai habitat yang relatif tetap, ukuran yang relatif besar dan mampu dilihat dengan mata telanjang sehingga mudah diidentifikasi, pergerakannya terbatas dan hidup di dalam maupun dasar perairan. Sifat tersebut yang menjadikan makro zoobentos baik digunakan sebagai indikator biologis di suatu perairan. Selain itu juga, kelimpahan dan keanekaragaman makro zoobentos sangat dipengaruhi oleh perubahan kualitas air dan substrat tempat hidupnya. Kelimpahan dan keanekaragaman ini sangat bergantung pada toleransi serta sensitivitasnya terhadap lingkungan sekitarnya (Valentino et al, 2022).

Pemantauan makro zoobentos Mangrove dilakukan pada 6 (enam) titik, yaitu di Pantai Harapan (Area Virgin), Pantai Harapan (Area Rehabilitasi 2006), Sitado (Area Virgin), Sitado (Area Rehabilitasi 2008), Pesisir Galangan (Area Virgin), dan Pesisir Galangan (Area Rehabilitasi 2009). Pemantauan makro zoobentos pada keenam titik tersebut dilakukan untuk melihat perbedaan struktur populasi dan keanekaragaman makro zoobentos pada tiap lokasi pemantauan. Berdasarkan hasil pemantauan yang dilakukan, ditemukan sebanyak 16 spesies makro zoobentos yang tergolong dalam kelas Bivalvia sebanyak 3 spesies, Gastropoda sebanyak 9 spesies dan Malacostraca sebanyak 4 jenis dengan total 386 individu. Hasil pemantauan makro zoobentos pada tiap lokasi pemantauan dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

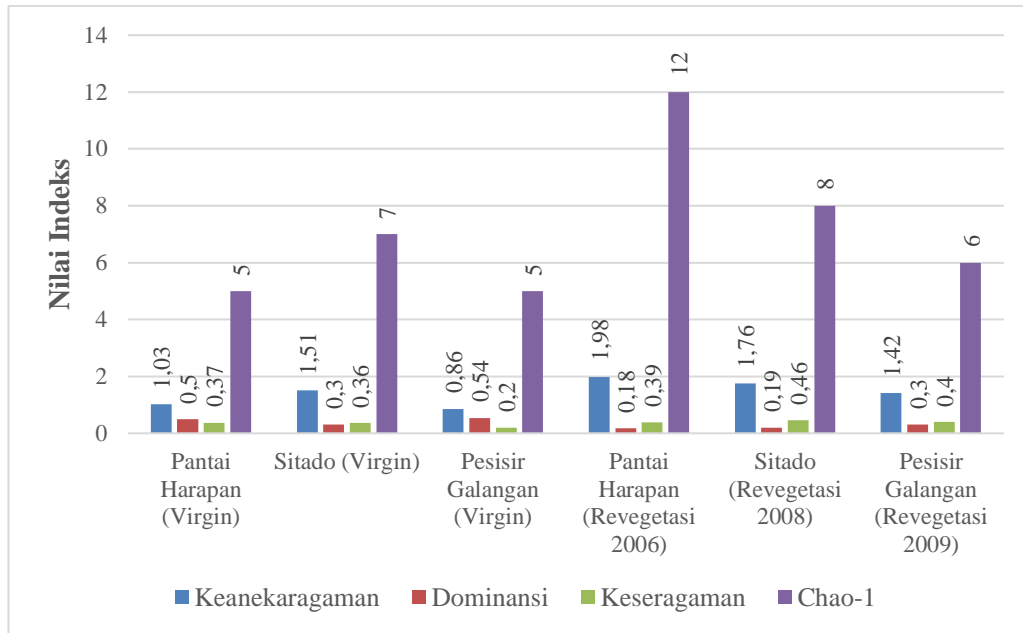
Tabel 4.1 Jumlah dan Spesies Makro zoobentos Mangrove yang Ditemukan di Enam Lokasi Pemantauan.

Jenis	Area						Jumlah
	PH Virgin	PH-Rev. 2006	Sitado Virgin	Sitado-Rev. 2009	Galangan Virgin	Galangan Rev.	
<i>Terebralia sulcata</i>	11	53	31	10	48	16	169
<i>Telescopium sp</i>	2	36	2	1	0	0	41
<i>Pagurus sp</i>	0	0	0	1	0	0	1

<i>Gafrarium sp</i>	0	1	0	10	0	1	12
<i>Chicoreus capucinus</i>	1	0	0	6	1	0	8
<i>Parasesarma sp</i>	1	19	10	3	14	2	49
<i>Saccostrea sp</i>	0	10	0	2	0	0	12
<i>Littorina scabra</i>	0	9	7	13	1	3	33
<i>Littorina melanostoma</i>	1	1	4	0	4	4	14
<i>Alpheus sp</i>	0	8	2	0	0	0	10
<i>Assiminea brevicula</i>	0	0	6	0	0	0	6
<i>Nerita costata</i>	0	0	0	0	0	7	7
<i>Clypeomorus sp</i>	0	7	0	0	0	0	7
<i>Faunus eter</i>	0	7	0	0	0	0	7
<i>Isognomon sp</i>	0	4	0	0	0	0	4
<i>Uca sp</i>	0	6	0	0	0	0	6
Total	16	161	62	46	68	33	386

Sumber: Hasil Pemantauan Benthos Mangrove, Des 2023.

Berdasarkan tabel, pada area Pantai Harapan (Virgin) dijumpai 16 individu. Pada Area Pantai Harapan (Rehabilitasi) dijumpai 161 individu. Pada Area Pantai Sitado (Virgin) 62 individu. Pada Area Pantai Sitado (Rehabilitasi) dijumpai 46 individu. Pada Area Pesisir Galangan (Virgin) dijumpai 68 individu. Pada Area Pesisir Galangan (Rehabilitasi) dijumpai 33 individu. *Terebralia sulcata* merupakan spesies yang paling banyak dijumpai di lokasi pemantauan, yaitu sejumlah 169 individu. Disusul oleh *Parasesarma sp.* sebanyak 49 individu dan *Telescopium sp* sebanyak 41 individu. Sementara, spesies *Pagurus sp.* dan *Isognomon sp.* merupakan spesies yang paling sedikit dijumpai di lokasi pemantauan. Dari keseluruhan spesies yang ditemukan, *Terebralia sulcata* dan *Parasesarma sp.* merupakan spesies yang ditemukan di seluruh lokasi pemantauan.



Gambar 4. 60 Histogram Perbandingan Nilai Indeks Keaneekaragaman Makrozoobentos pada Lokasi Pemantauan PT Antam Tbk. Semester II tahun 2023.

Analisis keaneekaragaman makro zoobentos Mangrove disajikan melalui data indeks keaneekaragaman Shannon-Weiner (H'), indeks dominansi Simpson (D), dan indeks pemerataan Pielou (Eveness) yang disajikan pada **Gambar 4.60** indeks keaneekaragaman menggambarkan kestabilan, produktivitas maupun tekanan oleh ekosistem. Berdasarkan estimasi Chao-1, masing - masing lokasi pemantauan memiliki jumlah jenis makro zoobentos sebanyak 5-12 spesies total dari 16 spesies makro zoobentos yang ditemukan di seluruh lokasi pemantauan.

Nilai indeks keaneekaragaman Shannon Weiner dipengaruhi oleh faktor jumlah spesies dan distribusi individu masing-masing spesies (Bai'un 2021). Berdasarkan nilai indeks keaneekaragaman Shannon Weiner yang didapatkan, tiap-tiap lokasi pemantauan memiliki indeks keaneekaragaman pada angka 0,86 – 1,98. Hal ini menunjukkan bahwa keaneekaragaman jenis makro zoobentos berada pada kategori sedang. Dari 6 lokasi pemantauan, nilai keaneekaragaman terendah didapatkan pada lokasi Pesisir Galangan (Area Virgin) dengan nilai 0,86, sementara itu nilai keaneekaragaman tertinggi berada di Pantai Harapan (Revegetasi) dengan nilai indeks 1,98 yang termasuk dalam kategori sedang. Keaneekaragaman 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 Evenness yang terdapat pada masing-masing lokasi pemantauan, nilai keseragaman yang diperoleh berkisar antara 0,2 – 0,46. Hal ini menunjukkan bahwa komunitas tersebut dalam kategori labil. Nilai indeks keseragaman tertinggi berada di wilayah Sitado (Area Revegetasi) dengan nilai 0,46. Hal ini dikarenakan spesies yang ditemukan di lokasi tersebut lebih seragam dibandingkan dengan lokasi pemantauan yang lain. Sementara, nilai indeks keseragaman Evenness terendah diperoleh di lokasi Pesisir Galangan (Virgin) dengan nilai 0,2. Pada Pesisir Galangan (Virgin) dan Pesisir Galangan (Revegetasi 2009), *Terebralia sulcata* merupakan spesies yang mendominasi dengan jumlah 11 dari 16 individu dan 53 dari 161 individu yang ditemukan. Nilai indeks keseragaman yang rendah pada dua lokasi tersebut mengindikasikan bahwa terdapat spesies yang mendominasi, sehingga komunitas makro zoobentos 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 didominasi oleh jenis individu tertentu.

Indeks dominansi Simpson digunakan untuk mengetahui tingkat dominansi spesies pada suatu komunitas. Nilai indeks dominansi di beberapa lokasi pemantauan berada pada kategori rendah (0,3 – 0,5) yang mengindikasikan bahwa dominansi spesies rendah pada lokasi pemantauan dan sedang (0,54) yang mengindikasikan bahwa terdapat satu jenis yang mendominasi di daerah tersebut. Nilai indeks dominansi pada Pesisir Galangan (Virgin) memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya, yaitu sebesar 0,54. Nilai ini didasarkan pada rendahnya nilai keanekaragaman spesies yang ada di lokasi tersebut dan komunitas tersebut didominasi oleh spesies *Terebralia sulcata*. dengan jumlah 11 individu dari total 16 individu yang ditemukan. Sementara, nilai indeks dominansi terendah diperoleh di area Sitado (Virgin) dan Pesisir Galangan (Revegetasi 2009) dengan nilai 0,3. 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 menopang kehidupan berbagai jenis komunitas biotik di dalamnya, khususnya fauna burung yang menjadi objek pengamatan.



Gambar 4.61 Cabai panggul kelabu *Diaceum celebicum* salah satu burung endemik Sulawesi di kawasan Mangrove PT Antam, Tbk

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *Point Count* ditemukan sebanyak 63 jenis, dengan total 363 individu, dengan rincian masing-masing habitat yang dapat dilihat pada Tabel 4.5 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, Gajahan Eurasia *Numenius arquata*, Dara laut kecil *Sterna albifrons*, Cabai panggul kelabu *Diaceum celebicum*, Pelanduk Sulawesi *Trichastoma celebense*, Serindit Sulawesi *Loriculus stigmatus*.

Tabel 4.10 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	8	10	19	6	5	63
Total Individu	81	28	44	148	21	41	363
Endemik Sulawesi	-	2	1	2	1	-	6
Status Perdagangan							
Appendix I	-	-	-	-	-	-	0
Appendix II	-	-	-	-	-	-	0
Status Perlindungan RI							
Dilindungi	-	-	-	2	-	-	2

Selain itu terdapat tiga jenis burung endemik Sulawesi, yaitu , Cabai panggul kelabu *Dicaeum celebicum*, Pelanduk Sulawesi *Trichastoma celebense*, Serindit Sulawesi *Loriculus stigmatus*. Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi pada masing-masing habitat dapat dilihat pada Tabel 4.6. Masing-masing habitat yang ada di kawasan Mangrove menunjukkan kelimpahan relatif fauna burung yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut dapat disebabkan karena kawasan Mangrove yang unik memiliki tipe vegetasi yang berbeda-beda di dalamnya, sebagai area penyangga antara laut dan daratan sehingga mendukung kehidupan berbagai jenis burung air (*water bird*).



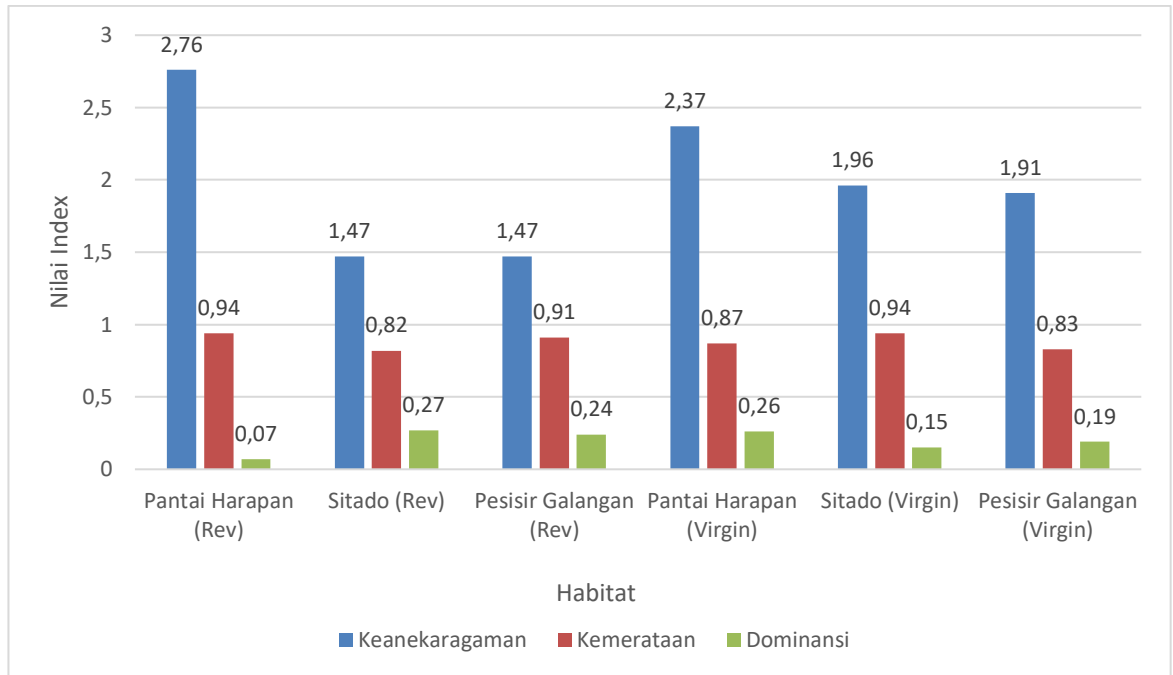
Gambar 4.62 Gajahan Eurasia *Numenius arquata* salah satu burung air yang sering dijumpai di kawasan Mangrove PT Antam, Tbk

Tabel 4. 11 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 memperlihatkan bahwa Indeks keanekaragaman yang diperoleh berkisar antara 1,47 – 2,76 dengan nilai H' tertinggi diperoleh pada area rehabilitasi Pantai Harapan. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa area Mangrove di PT Antam Tbk tergolong memiliki keanekaragaman sedang ($1 < H' \leq 3$), yang berarti habitat tersebut tergolong sesuai dengan kehidupan fauna burung yang ditemukan sebagai area dengan ketersediaan pakan yang cukup, tempat bersarang, dan tempat beraktivitas.



Gambar 4. 63 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, kemerataan dan dominansi fauna burung pada masing-masing habitat di kawasan Mangrove

Indeks dominansi yang diperoleh di seluruh habitat menunjukkan nilai dominansi mendekati 0 (0,07 – 0,27) yang berarti bahwa tidak terdapat spesies tertentu yang mendominasi atau sangat melimpah. Didukung oleh hasil indeks kemerataan yang diperoleh menunjukkan nilai mendekati 1 (*evenness*= 0,82 – 0,94), yang berarti bahwa persebaran fauna burung cukup merata (stabil) pada setiap titik pengamatan.

Hal yang menarik dengan tipe habitat yang lain dalam pemantauan fauna burung di wilayah pertambangan PT Antam Tbk, adalah pada kawasan Mangrove banyak ditemukan jenis burung air pemakan ikan (*piscivore*), meskipun jumlah burung pemakan serangga (*insectivore*) masih mendominasi, disusul oleh burung nectar (*nectsrivore*). Sisanya tersebar dan menunjukkan bahwa habitat Mangrove merupakan area dengan kelimpahan sumber daya pakan bagi burung-burung dengan berbagai macam diet. Jenis burung yang diamati lebih tinggi pada saat pagi hari dibandingkan pada sore hari yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Kehadiran burung saat pengamatan pada kondisi cuaca yang cerah, lebih banyak dibandingkan jika saat cuaca mulai mendung atau hujan. Hal ini berhubungan dengan sumber pakan di kawasan Mangrove akan lebih mudah didapatkan saat kondisi cerah dan

ketinggian air yang sesuai akan membantu untuk daerah jelajah yang lebih luas (Irsyad N., 2021).

4.5 Biota Laut

4.5.1 Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang merupakan bagian dari ekosistem laut yang menjadi sumber kehidupan bagi beraneka ragam biota laut. Ekosistem terumbu karang di Indonesia memiliki kurang lebih 590 jenis karang yang termasuk dalam 80 marga (Suharsono, 2008), 2200 jenis ikan karang yang 197 spesies dinyatakan endemik (Burke et al., 2012), dan berbagai jenis moluska, crustacea, sponge, algae, lamun serta biota laut lainnya. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa terumbu karang adalah salah satu ekosistem dalam aspek ekonomi dan biologi yang sangat penting di dunia. Meski demikian, terumbu karang menghadapi sejumlah ancaman serius, diantaranya polusi dari daratan, dampak pemancingan, perubahan iklim, dan penipisan terumbu serta faktor antropogenik. Salah satu ancaman terbesar yang sangat mengkhawatirkan adalah penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan seperti, menggunakan bahan peledak, bius dan bahan lainnya yang dapat merusak karang (Ilham et al., 2017).

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:

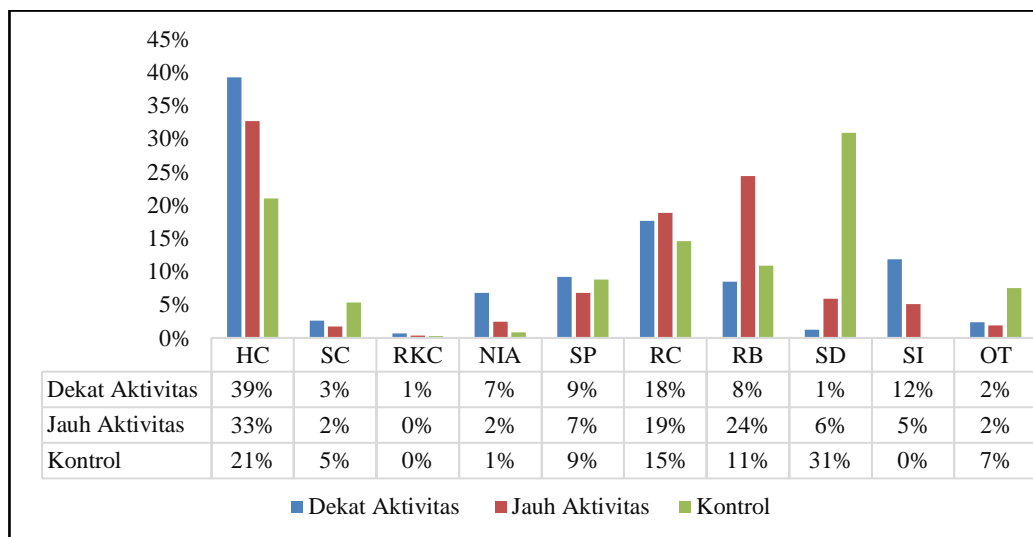
- **Rusak** apabila persen tutupan karang hidup antara **0-24,9%**.
- **Sedang** apabila persen tutupan karang hidup antara **25-49,9%**.
- **Baik** apabila persen tutupan karang hidup antara **50-74,9%**.
- **Sangat Baik** apabila persen tutupan karang hidup **75-100%**.

Salah satu aktivitas manusia yang memberi dampak yang signifikan yaitu 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 di seluruh stasiun pemantauan.

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

Hasil pemantauan yang dilakukan pada area dekat aktivitas, jauh aktivitas serta area kontrol diperoleh 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 33%. Sedangkan di area Kontrol hanya memiliki persentase karang hidup sebesar 21%. Kondisi tutupan substrat lainnya secara rinci dapat dilihat pada **Gambar 4.64**.

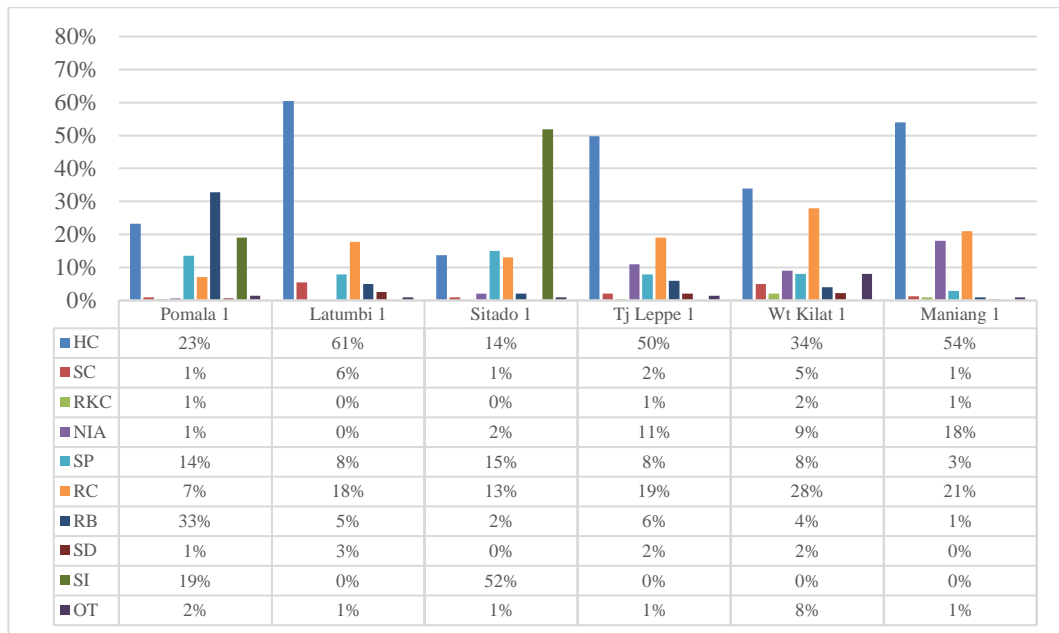


Gambar 4. 64 Kondisi tutupan substrat pada area pemantauan Dekat Aktivitas Antam, Jauh Aktivitas Antam dan Kontrol semester II tahun 2023.

Pada area dekat aktivitas Antam dan area jauh aktivitas Antam didominasi oleh *Hard coral* (HC) dengan persentase pada **Gambar 4.64**. Sementara pada area Kontrol didominasi oleh substrat *Sand* (SD) 31% dengan persentase *Hard coral* (HC) 21%. Selain itu, *Sponge* (SP) yang merupakan substrat kategori *living cover* yang memiliki persentase tertinggi kedua di seluruh area pemantauan dengan rentang tutupan 7% hingga 10%. Pada area jauh dari aktivitas, Tutupan *Rubble* (RB) memiliki persentase hingga 26% sekaligus mengindikasikan bahwa area tersebut

sangat tinggi mendapat gangguan antropogenik baik yang disengaja maupun yang tidak.

Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan di area dekat aktivitas Antam, diperoleh beberapa lokasi yang memiliki kondisi tutupan karang dengan kategori “baik” yaitu lokasi ini Latumbi 1 (61%), Tanjung Leppe 1 (50%) dan Maniang 1 (54%). Lokasi pemantauan dengan kondisi terumbu karang tergolong “sedang” terdapat pada Watu Kilat 1 (34%) dan Pomala 1 (23%). Sedangkan kondisi terumbu karang yang tergolong “rusak” Sitado 1 (14%) **Gambar 4.65**.

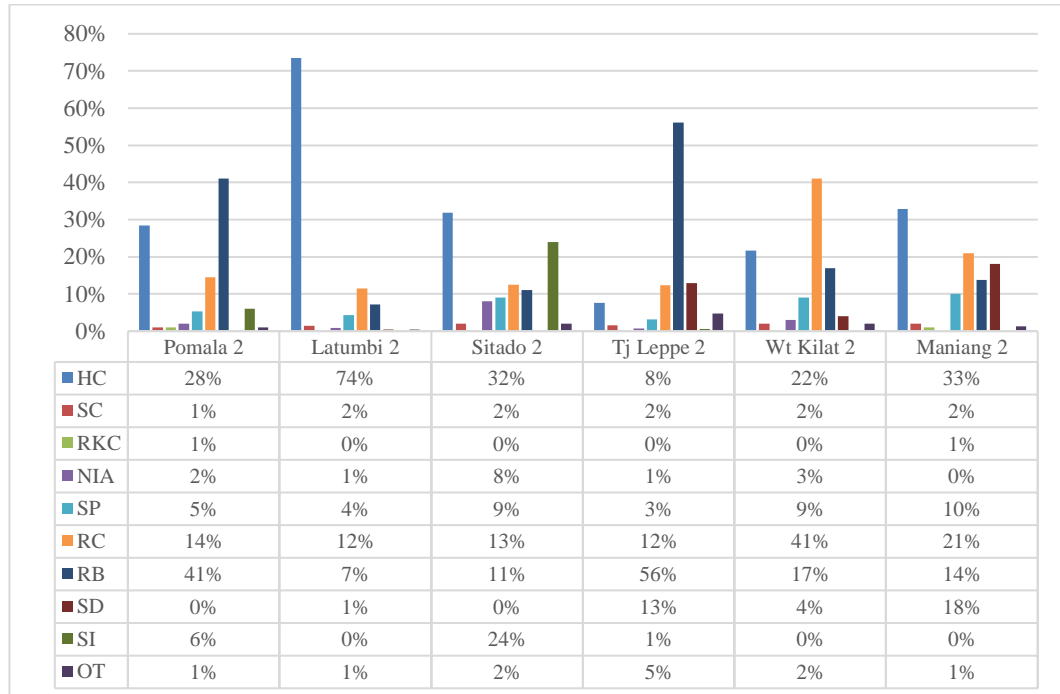


Gambar 4. 65 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan yang Dekat Aktivitas Antam semester II tahun 2023.

Selain persentase *Hard coral*, persentase tutupan *living cover* seperti *Sponge* (SP) dan *Nutrient Indicator Algae* (NIA) juga menjadi aspek yang perlu diperhatikan. Tutupan *Sponge* (SP) tertinggi ditemukan pada lokasi pemantauan Sitado 1 (18%) dan Pomala 1 (16%). Sedangkan tutupan *Nutrient Indicator Algae* (NIA) dijumpai dengan tutupan yang cukup tinggi pada lokasi pemantauan Maniang 1 (18%) **Gambar 4.65**.

Pemantauan yang telah dilakukan pada Jauh Aktivitas Antam diperoleh kondisi yang berbeda-beda. Lokasi dengan persentase tutupan karang tergolong “baik” terdapat pada lokasi Latumbi 2 dengan tutupan *Hard coral* 74%. Sedangkan stasiun pemantauan dengan kondisi terumbu karang tergolong “sedang” terdapat

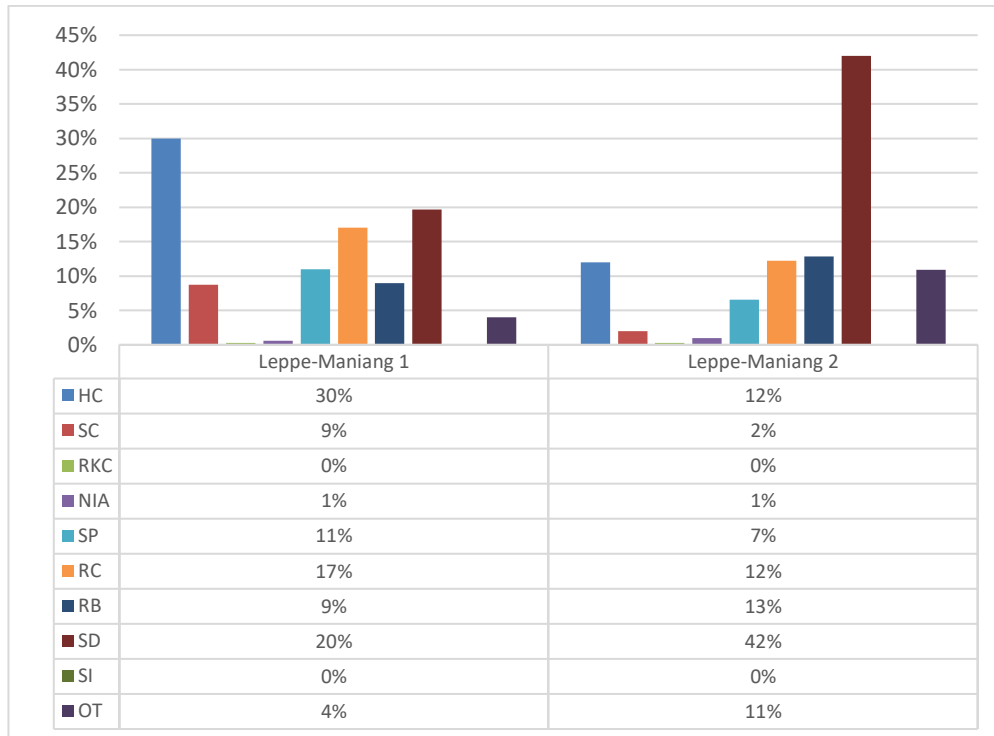
pada Pomala 2 (28%), Sitado 2 (32%), Watu Kilat 2 (22%) dan Maniang 2 (33%). Kondisi terumbu karang yang tergolong “rusak” terdapat pada stasiun Tg Leppe 2 (8%) **Gambar 4.66**.



Gambar 4. 66 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan Jauh Aktivitas Antam semester II tahun 2023.

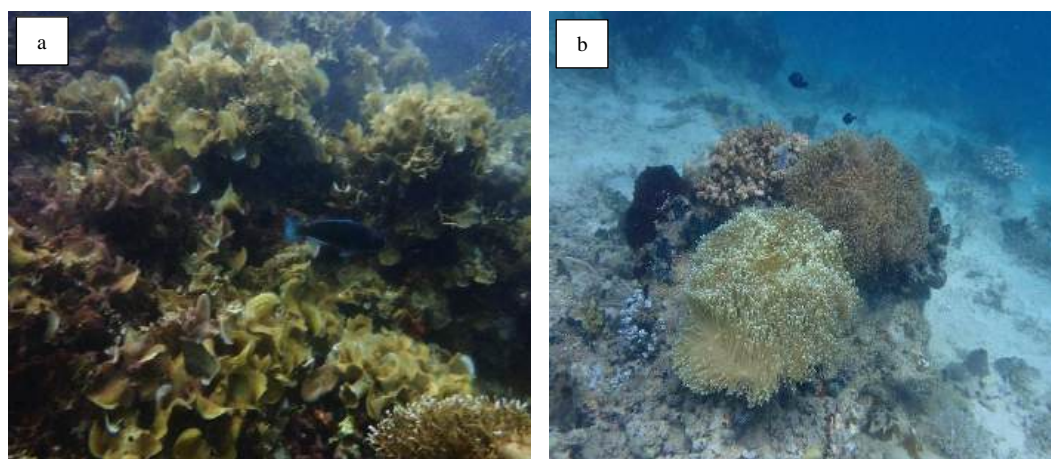
Pada stasiun Tg. Leppe 2 didominasi oleh pecahan terumbu atau Rubble dengan persentase 56%. Hal ini disinyalir akibat dari penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan seperti bom ikan dan penggunaan potasium. Pada periode pemantauan semester I tahun 2023 ini, dijumpai kawah baru dengan ukuran besar berdiameter kurang lebih 6 meter di jalur transek area reef flate.

Pada pemantauan area Kontrol yang terdiri dari stasiun Leppe-Maniang 1 dan Leppe-Maniang 2 memiliki persentase tutupan *Hard coral* yang termasuk kategori “sedang” dan “rusak” yaitu 30% dan 12%. Pada Leppe-Maniang 2 didominasi oleh *Death Cover* terutama substrat pasir (SD) dengan persentase 42%. Sedangkan pada Leppe-Maniang 1 diperoleh persentase *Death Cover* (SD) 20% **Gambar 4.66**. Beberapa *Living Cover* yang juga menjadi hal penting dalam melihat persentase tutupan karang secara luas seperti *Nutrient Indicator Algae* (NIA) dan *Soft Coral* (SC) **Gambar 4.66** makro algae merupakan living cover yang cukup dominan dijumpai beberapa stasiun pemantauan.



Gambar 4. 67 Kondisi tutupan substrat pada masing-masing lokasi pemantauan area Kontrol semester II tahun 2023.

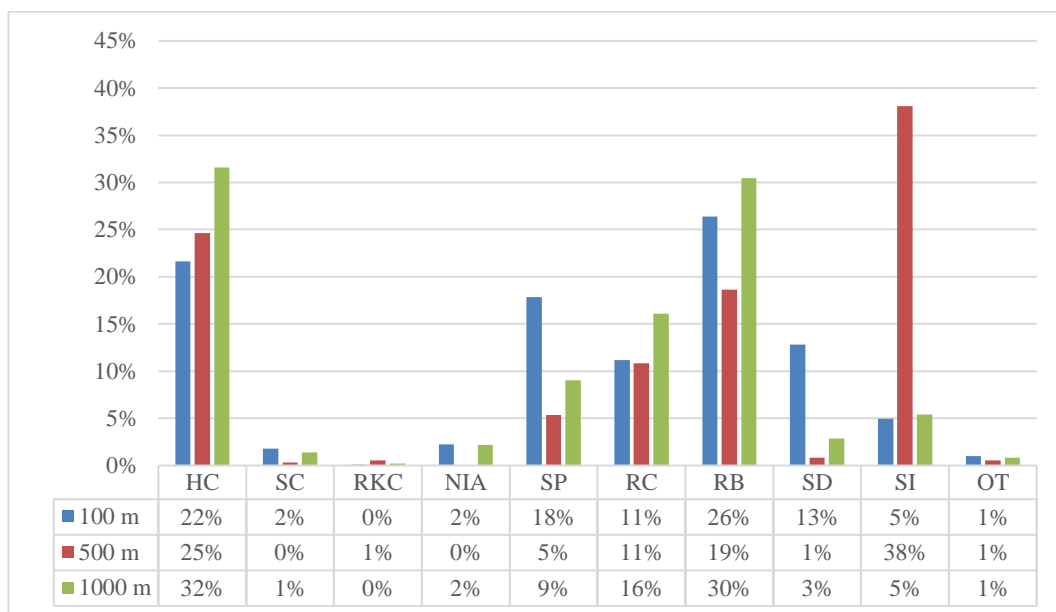
Adanya tutupan algae yang cukup dominan pada terumbu karang umumnya mengindikasikan adanya induksi nutrient dari daratan utama yang berada di sekitarnya. Sama halnya dengan keberadaan tutupan *Soft Coral* yang bisa menjadi salah satu individu yang penting dalam proses *sharing nutrient* yang juga memberi andil untuk meningkatkan dan memulihkan tutupan terumbu karang di suatu lokasi.



Gambar 4. 68 Tutupan makro alga *Padina* sp dan soft coral *Heteractis magnifica* di stasiun pemantauan Maniang 2 (a), dan Leppe-Maniang 2 (b)..

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 32%. Sedangkan tutupan karang hidup di lokasi pemantauan 100 meter hanya 22% dengan kondisi terumbu karang tergolong “rusak” (**Gambar 4.69**).



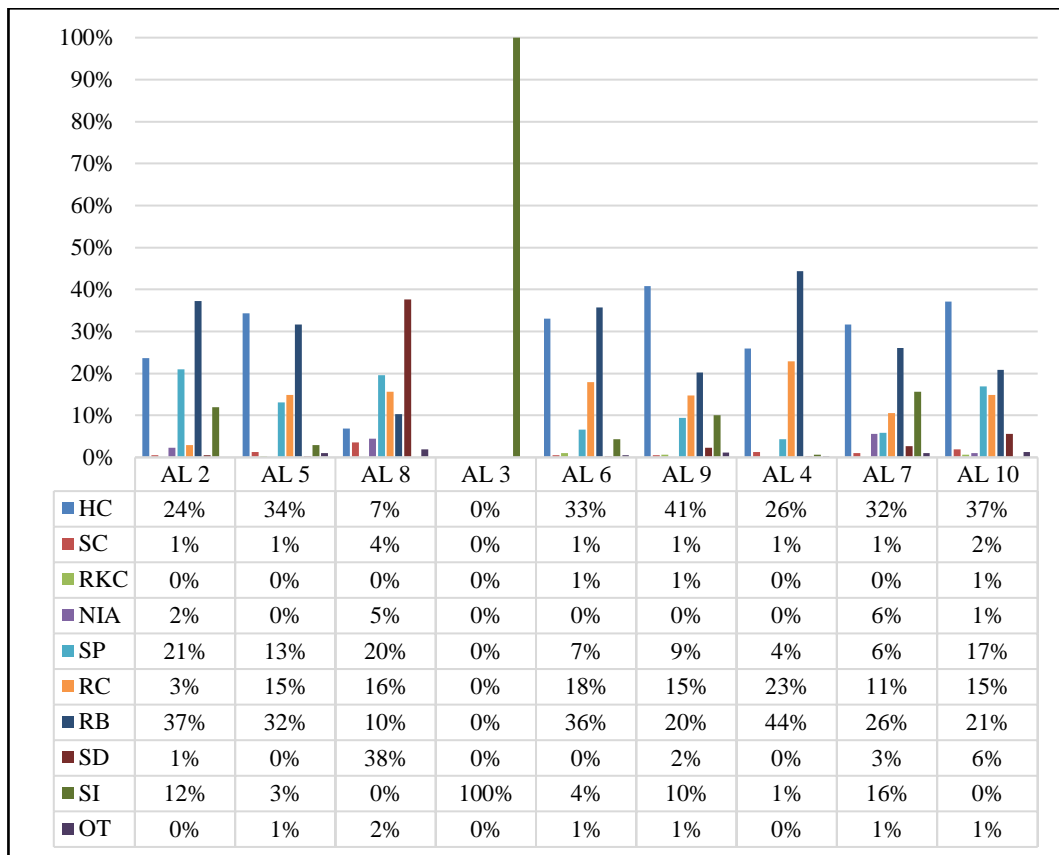
Gambar 4. 69 Penutupan substrat pada area pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berdasarkan jarak pada pemantauan semester II tahun 2023.

Substrat *Living Cover* tertinggi kedua adalah *Sponge* (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 4.70**). Area tersebut merupakan jalur kapal yang mengangkut *ore* dan batu bara, kapal tanker 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 (24%), AL 8 (7%) dan AL 3 (0%). Sedangkan lokasi pemantauan yang kondisi terumbu karangnya tergolong “sedang” adalah AL 4

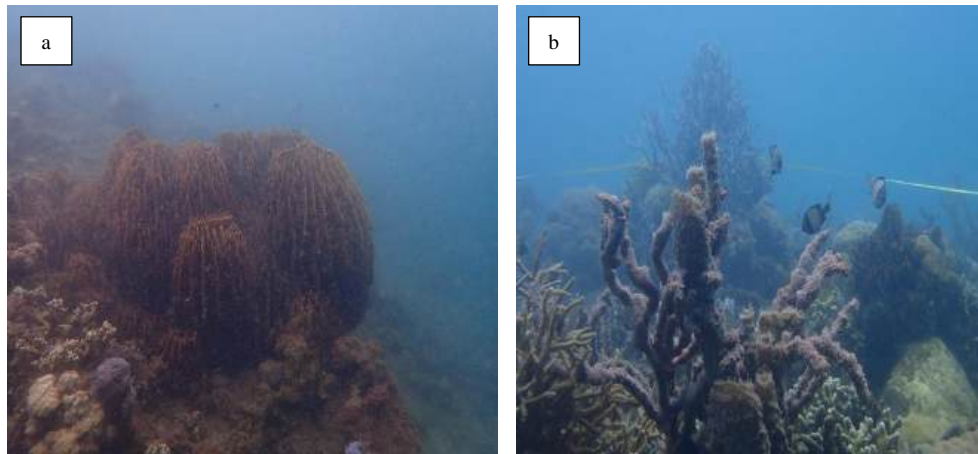
(26%), AL 5 (34%) AL 6 (33%), AL 7 (32%), AL 9 (41%), dan AL 10 (37%)

Gambar 4.70.



Gambar 4. 70 Penutupan substrat pada setiap stasiun pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) semester II tahun 2023.

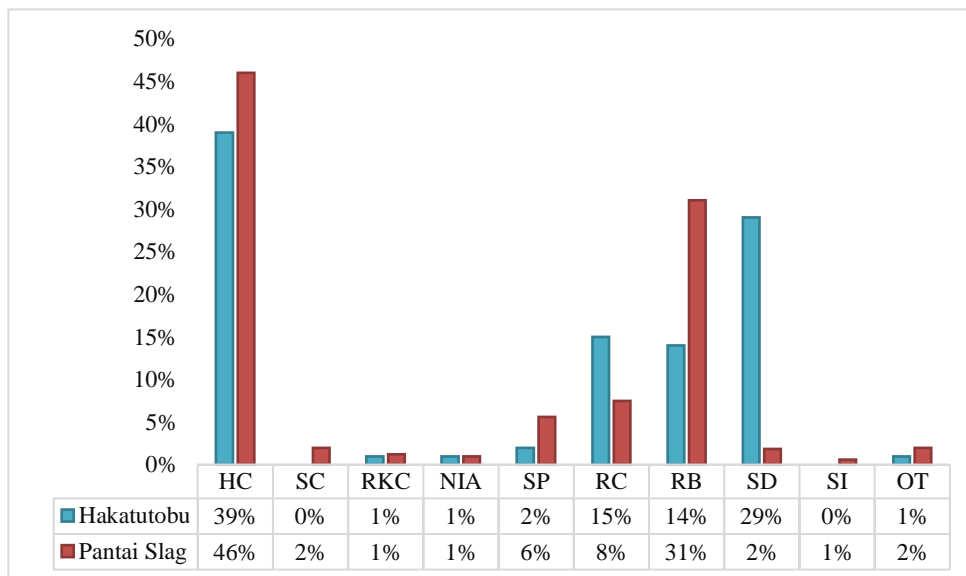
Sponge (SP) merupakan substrat *living cover* yang paling dominan di seluruh area pemantauan PLTU setelah substrat *Hard Coral* (HC). Tutupan *Sponge* (SP) di area pemantauan 100 meter memiliki persentase sebesar 18%, area pemantauan 500 meter lebih rendah dibandingkan area lainnya yakni 5% dan 1000 meter memiliki tutupan *Sponge* (SP) sebesar 9% (**Gambar 4.69**). Tutupan substrat *Sponge* (SP) juga dapat dilihat secara spesifik pada masing-masing lokasi pemantauan yang ada di area PLTU pada histogram (**Gambar 4.70**). Selain berperan sebagai bioindikator lingkungan, sponge juga merupakan organisme perintis dalam pembentukan ekosistem terumbu karang. Kemampuan spesies *sponge* dengan pertumbuhan *encrusting* dapat mengikat pecahan karang sehingga menjadi substrat yang stabil untuk *juvenil* karang (**Gambar 4.71**).



Gambar 4. 71 Sponge (SP) yang merupakan Living cover yang dijumpai pada area PLTU AL 5 (a) dan PLTU AL 10 (b).

4.5.1.3 Kondisi Terumbu Karang Area Rehabilitasi

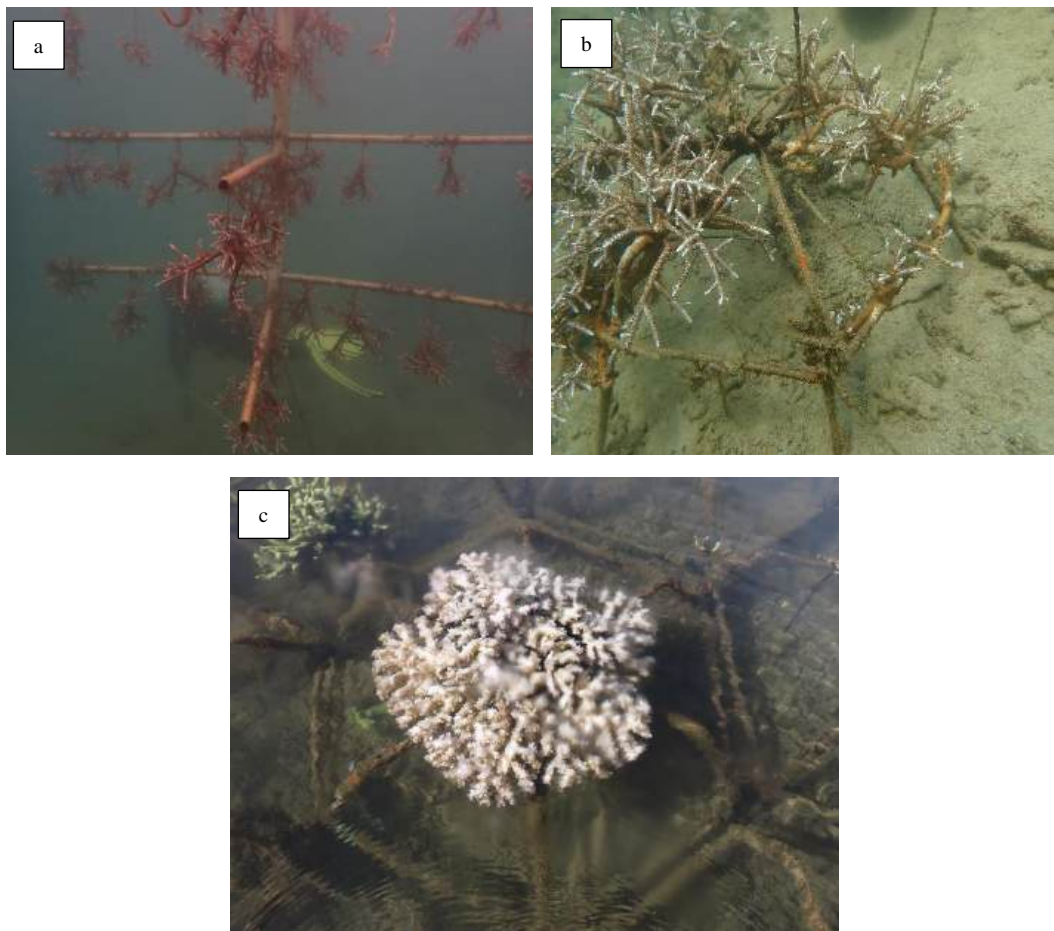
Area rehabilitasi merupakan area yang ditentukan secara khusus dalam rangka program upaya pemulihan ekosistem terumbu karang di perairan pomala. Berdasarkan hasil analisis data, kondisi terumbu karang pada area rehabilitasi tergolong “sedang”. Stasiun pemantauan Hakatutobu memiliki persentase tutupan karang sebesar 39%, sedangkan Pantai Slag memiliki tutupan karang sebesar 46% (**Gambar 4.72**).



Gambar 4. 72 Persentase tutupan wilayah rehabilitasi Dalam Keramba Hakatutobu dan Pantai Slag semester II tahun 2023.

Pada lokasi pemantauan Hakatutobu 1, telah dilakukan program *coral reef nursery* menggunakan metode *vertical artificial reef* dan beberapa kali transplantasi

karang dengan metode meja *spider* (**Gambar 4.73(a)**). Sedangkan lokasi Rehabilitasi Pantai Slag merupakan kawasan yang sedang dalam proses rehabilitasi menggunakan transplantasi karang dengan meja *spider* (**Gambar 4.73(b)**). Kondisi area rehabilitasi pada pantai slag memiliki tantangan yang cukup tinggi akibat dampak dari surut terendah yang mengganggu pertumbuhan fragmen. Pada kondisi surut terendah, fragmen yang terpapar langsung oleh sinar matahari mengalami *bleaching* atau pemutihan (**Gambar 4.73(c)**). Hal ini tentunya perlu menjadi perhatian dalam pemilihan lokasi peletakan media transplantasi.



Gambar 4. 73 Kondisi nursery karang di area rehabilitasi lokasi pemantauan dalam Keramba media VAR (a) dan media *Spider* (b) serta kondisi *Coral Bleaching* pada media *Spider* Pantai Slag (c).

4.5.2 Invertebrata

Terumbu karang merupakan tempat tinggal bagi berbagai kelompok biota laut, baik yang bergantung sepanjang siklus hidupnya ataupun, hanya sebagian dari siklus hidup mereka. Salah satu komponen penting dalam ekosistem terumbu

karang adalah kelompok fauna bentik, yang mendiami dasar perairan. Echinodermata, Molusca dan Crustaceae termasuk dalam kategori fauna bentik yang sering ditemukan di terumbu karang. Kelompok fauna bentik yang memiliki ukuran besar dan populasi yang tinggi memiliki peran signifikan dalam menjaga kondisi dan stabilitas ekosistem. Oleh karena itu, kelompok-kelompok biota tersebut memiliki potensi untuk dijadikan objek pemantauan kesehatan terumbu karang. Pemantauan fauna invertebrata bertujuan untuk memahami kondisi invertebrata di ekosistem terumbu karang suatu perairan sebagai bagian dari upaya pemantauan status kesehatan terumbu karang (Giyanto, dkk. 2014). Dalam proses pemantauan ini, terdapat delapan kelompok Invertebrata yang menjadi fokus spesies pemantauan. Secara umum, jenis invertebrata ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu invertebrata *indikator reef check* dan invertebrata *non indikator reef check*. Sasaran pemantauan ini adalah invertebrata yang memiliki hubungan yang signifikan dengan kesehatan terumbu karang. Jenis-jenis invertebrata tersebut ditampilkan dalam tabel berikut :

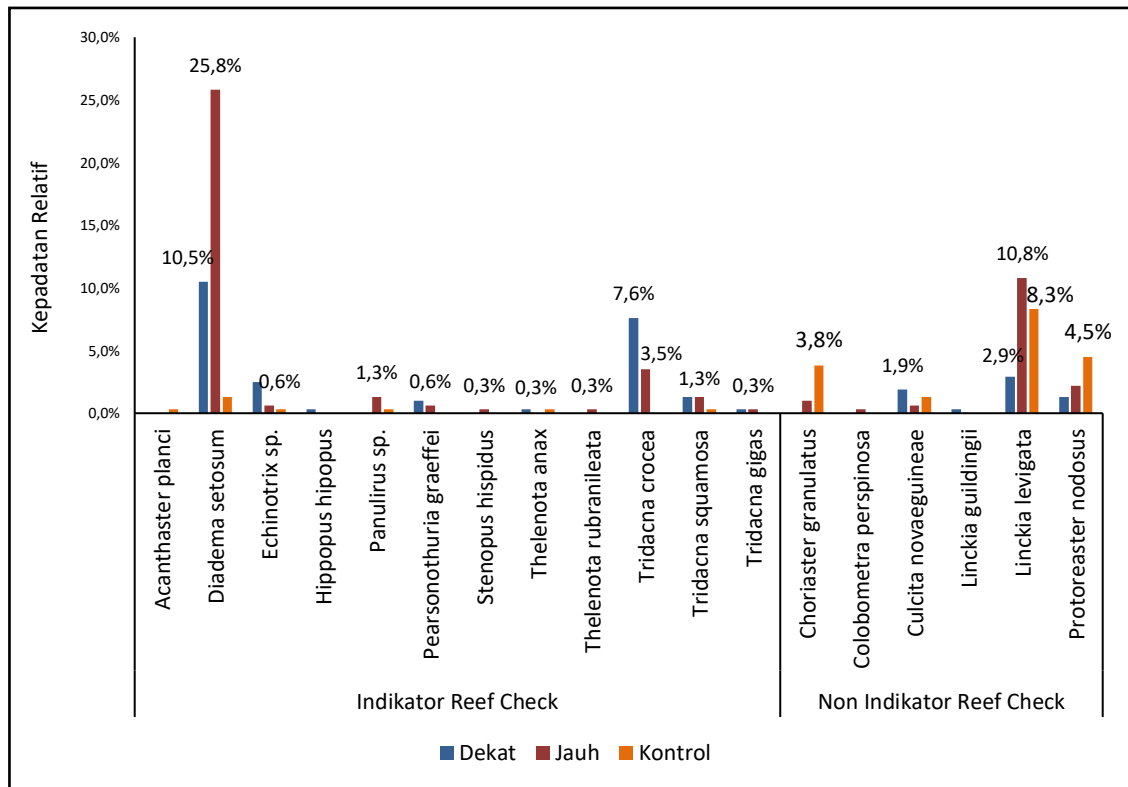
Tabel 4. 12 Jenis invertebrata indikator dan non indikator dalam metode *reef check*.

No.	Kelompok Invertebrata	Jenis/Familia
Invertebrata Indkator Reef Check		
1	Kima/ <i>Giant Clam</i>	<i>Tridacna spp., Hippopus sop</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 dilakukan pada enam titik di daerah yang dekat dengan aktivitas penambangan, enam lokasi berada di area yang jauh dari aktivitas penambangan, dan dua lokasi dianggap sebagai lokasi kontrol. Lokasi pemantauan dekat aktivitas PT Antam Kolaka mencakup Watukilat 1,

Tanjung Leppe 1, Pelabuhan Pomalaa 1, Sitado 1, lokasi ini 1, dan Pulau Maniang 1. Sedangkan lokasi pemantauan di area yang jauh dari aktivitas PT Antam mencakup Watukilat 2, Tanjung Leppe 2, Pelabuhan Pomalaa 2, Sitado 2, lokasi ini 2, dan Pulau Maniang 2. Lokasi pemantauan sebagai area kontrol terdiri dari titik Tanjung Leppe-Pulau Maniang 1 dan Tanjung Leppe-Pulau Maniang 2.



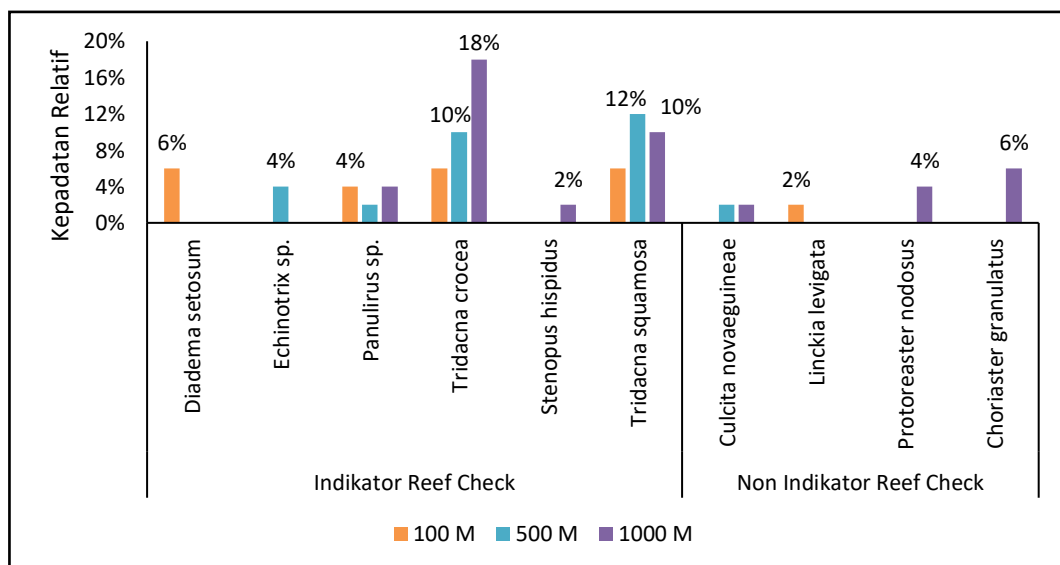
Gambar 4. 74 Nilai Kelimpahan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area perairan laut sekitar aktivitas PT Antam UBPN Kolaka.

Nilai kepadatan relatif invertebrata di sekitar kegiatan PT Antam UBPN Kolaka menunjukkan nilai yang beragam. Ditemukan sebanyak 12 jenis invertebrata indikator reef check dan 6 jenis invertebrata non indikator. Titik pemantauan di area yang jauh dari aktivitas menunjukkan jumlah jenis invertebrata yang paling tinggi, yakni sebanyak 12 jenis. Di area ini, jenis *Diadema setosum* juga mencapai nilai kepadatan relatif tertinggi, yakni 25,8%. Jenis invertebrata bulu babi ini ditemukan di titik pemantauan lain, namun dengan persentase yang lebih kecil. Selain itu, nilai kepadatan relatif beberapa kelompok asteroidea (bintang laut) di area kontrol lebih tinggi dibandingkan daerah lain dengan nilai berkisar antara

3,8%-8,3%, termasuk jenis *Choriaster granulatus*, *Linckia levigata*, dan *Protoreaster nodosus*. Beberapa jenis invertebrata terbatas ditemukan hanya di area tertentu, seperti *Acanthaster planci* yang hanya tercatat di area kontrol,. Kima hippopus dan *Linckia guildingii* dijumpai di area dekat aktivitas, serta *Stenopus hispidus* di area yang 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 pembuangan air bahang PLTU. Area pemantauan 100M PLTU terdiri atas Stasiun PLTU AL 2, PLTU AL 5 dan PLTU AL 8. Kemudian area pemantauan 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.



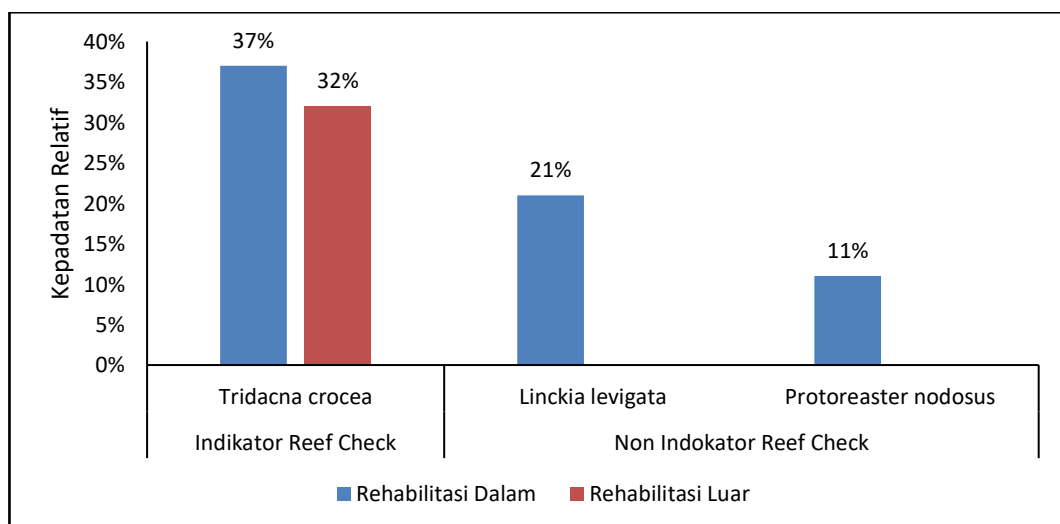
Gambar 4. 75 Nilai Kepadatan Relatif Individu dari Jenis-Jenis Invertebrata Indikator dan non Indikator reef check di area perairan laut sekitar PLTU PT Antam UBPN Kolaka.

Dijumpai sebanyak 10 jenis invertebrata pada area pemantauan di sekitar PLTU PT Antam UBPN Kolaka yang terdiri dari 6 jenis invertebrata *Indikator Reef Check* dan 4 jenis invertebrata *Non-Indikator Reef Check*. Area pemantauan

1000 M menunjukkan jumlah jenis invertebrata terbanyak dengan 7 spesies dibandingkan area pemantauan lainnya. Invertebrata dari jenis kima *Tridacna crocea* pada area pemantauan 1000 M memiliki nilai kepadatan relatif tertinggi dengan nilai 18% dan 10% di area pemantauan 500 M. Beberapa spesies hanya dijumpai pada area pemantauan tertentu, spesies *Diadema setosum* dan *Linckia laevigata* hanya dijumpai pada area pemantauan 100 M, spesies *Echimothrix* sp hanya dijumpai pada area pemantauan 500 M, sedangkan spesies *Stenopus hispidus*, *Protoreaster nodosus* dan *Choriaster granulatus* hanya dijumpai pada area pemantauan 1000 M.

4.5.2.3 Invertebrata area Rehabilitasi

Terdapat dua titik lokasi pemantauan kepadatan invertebrata di area rehabilitasi, yaitu rehabilitasi terumbu karang di area Keramba Desa Hakatutubu dan rehabilitasi terumbu karang di area Pantai Slag. Berikut ini merupakan jumlah kepadatan relatif dari setiap spesies yang dijumpai dalam pengamatan di area Keramba dan Pantai Slag. Data yang disajikan merupakan hasil akumulasi dari jumlah setiap individu yang terdapat pada area pemantauan.



Gambar 4. 76 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 kepadatan relatif invertebrata di area pemantauan rehabilitasi menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan area pemantauan lain, terdapat hanya 3 spesies yang ditemukan pada 2 titik di area

pemantauan rehabilitasi. Untuk daerah rehabilitasi dalam (Keramba) menunjukkan terdapat 3 jenis invertebrata yang dijumpai dengan *Tridacna croceae* sebagai spesies dengan nilai kepadatan relatif tertinggi yaitu 37%, sedangkan spesies non indikator *Lickia laevigata* dan *Protoreaster nodosus* masing-masing menunjukkan nilai 21% dan 11%. Hasil pengamatan di area Pantai Slag (Rehabilitasi Luar) menunjukkan hanya terdapat satu spesies yaitu *Tridacna crocea* dengan nilai kepadatan relatif 32%.

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 aktivitas 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 memesona. 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 mengonsumsi 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 beraneka ragam 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).

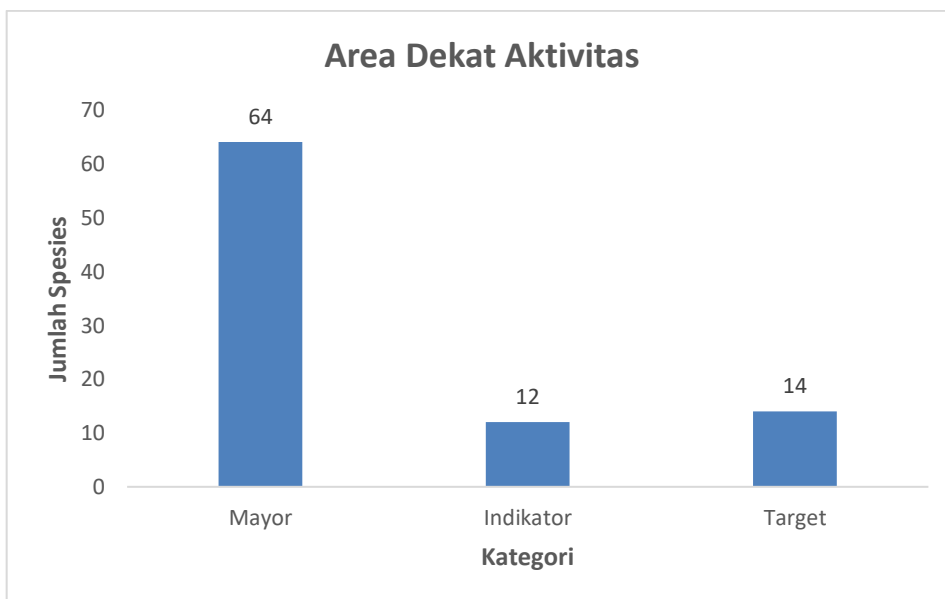
Berdasarkan hasil pemantauan ikan karang yang dilakukan pada perairan pomalaa semester II tahun 2023, sebagian besar distribusi ikan karang pada ekosistem terumbu karang adalah ikan-ikan diurnal (aktif di siang hari). Ikan-ikan karang tersebut mencari makan dan tinggal di permukaan karang dan memakan 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, barakuda (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

Mengingat sangat pentingnya ekosistem terumbu karang bagi kehidupan biota laut maupun terhadap manusia, maka pendataan ikan karang merupakan salah

satu hal yang menjadi penting sebagai metode dalam menjaga kesehatan terumbu karang (Feary, 2009). Monitoring dan pendataan terhadap diversitas ikan karang juga bisa menjadi sebagai acuan dalam upaya manajemen dan pengelolaan terhadap ekosistem terumbu karang. Pada survei pengamatan yang telah dilakukan, diperoleh kelimpahan ikan karang, keanekaragaman serta dominansi dari 3 kategori, yaitu ikan Mayor, Indikator dan Target yang dilakukan pada area Dekat aktivitas Antam, area Jauh aktivitas Antam, area Pembangkit Listrik Tenaga Uap Area Lintasan (PLTU AL) Antam, area Kontrol dan Rehabilitasi.

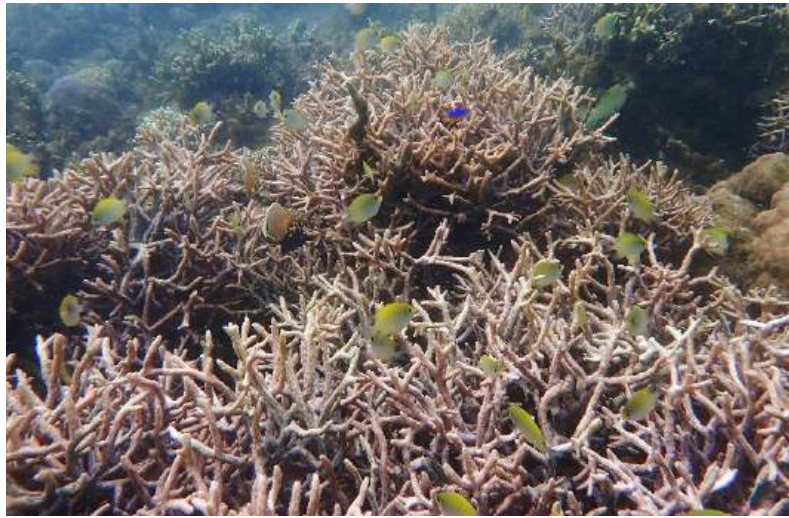
Area dekat Antam meliputi beberapa stasiun pemantauan yaitu, lokasi ini 1, Maniang 1, Pomalaa 1, Sitado 1, Tanjung. Leppe 1 dan Watu Kilat 1. Adapun data jumlah individu spesies ikan karang yang diperoleh berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 4.77** dimana terdapat 90 jenis yang terbagi atas 64 spesies kelompok ikan mayor, 12 spesies kelompok ikan indikator dan 14 spesies kelompok ikan target.



Gambar 4. 77 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area sekitar Antam

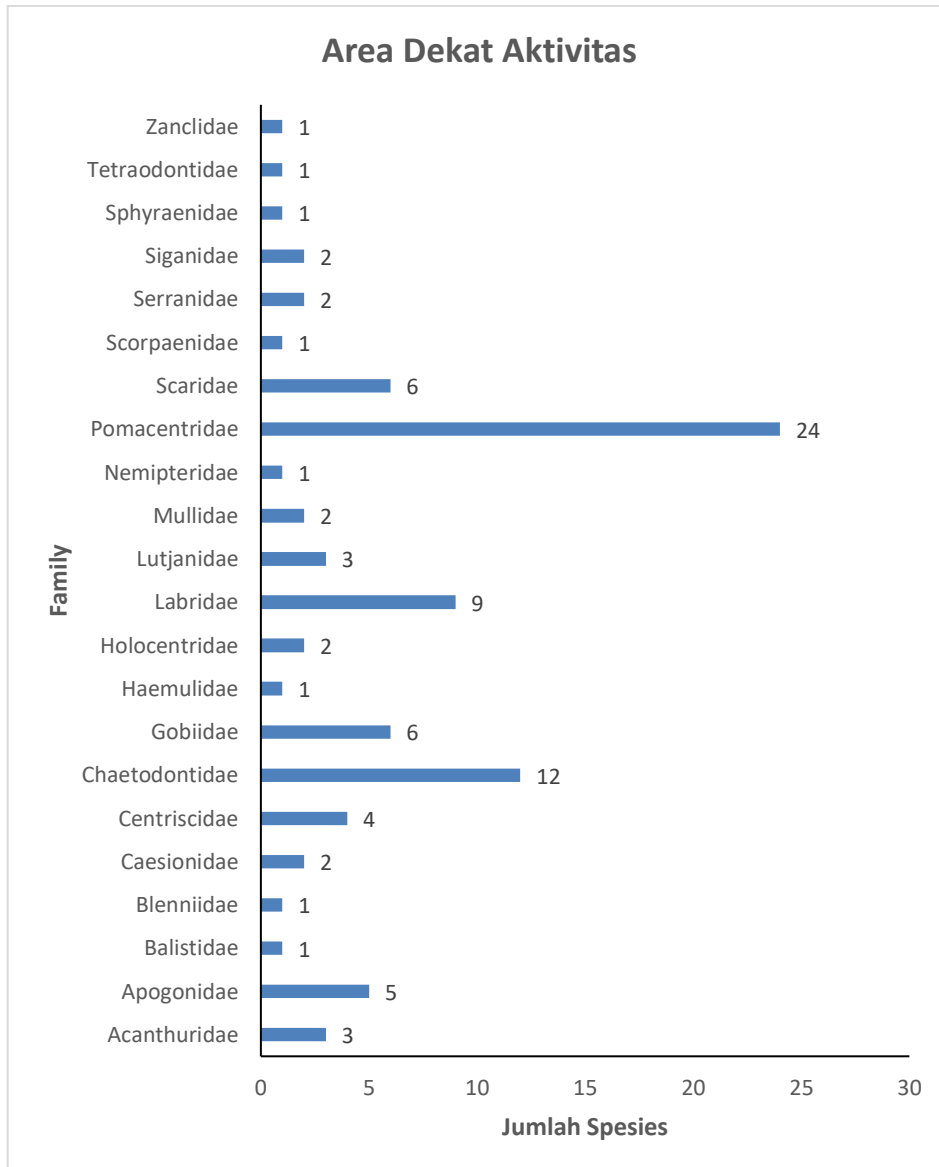
Kelompok ikan mayor yang mendominasi pada stasiun area dekat aktivitas Antam berasal dari famili Pomacentridae atau kelompok ikan yang memang banyak dijumpai berasosiasi dengan terumbu karang. Selain itu, famili ini juga terdiri dari banyak genus yang tergabung didalamnya. Sejauh ini, tercatat sekitar 385 spesies tergolong dalam famili ini dan sekitar 29 genus tersebar luas di perairan tropis dan

mampu hidup dalam kondisi terumbu karang yang memiliki pertumbuhan yang berbeda-beda (Mc Cord, 2021).



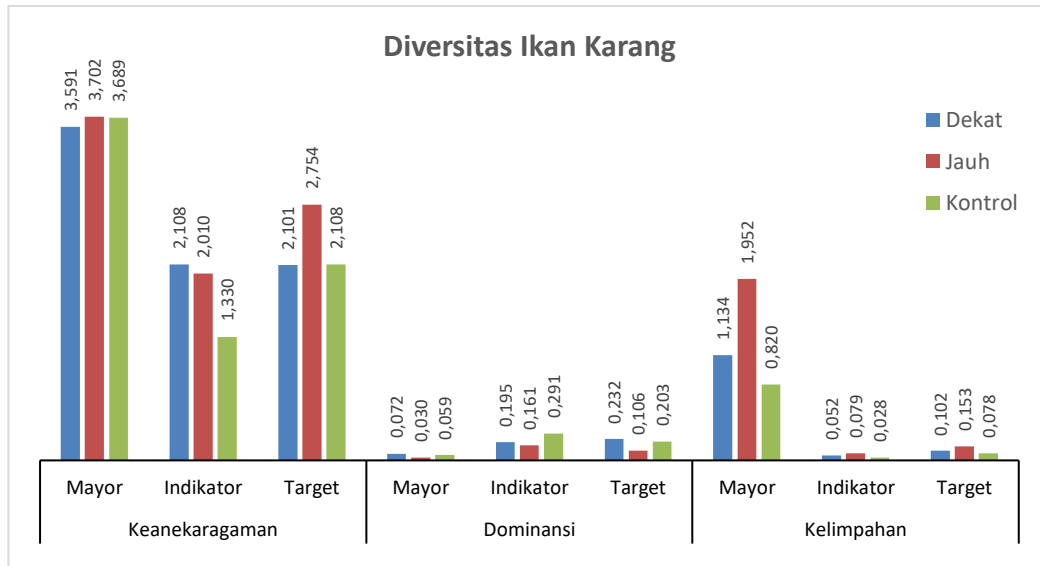
Gambar 4. 78 Koloni ikan famili Pomacentridae pada area reef flat Stasiun Maniang 1.

Dominasi spesies dari famili Pomacentridae ini disebabkan oleh sifat mereka yang teritorial (mempertahankan area kekuasaan). Selain itu Famili pomacentridae sangat dipengaruhi oleh karakteristik morfologis dari substrat, bahkan beberapa spesies menggunakan karang sebagai habitatnya (Roberts & Ormond 1987; Karnan, 2000). Pada area dekat aktivitas Antam, juga di jumpai spesies dari beberapa famili yang berbeda seperti pada **Gambar 4.79**. Jumlah spesies berdasarkan famili sebagai berikut.



Gambar 4. 79 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area sekitar Antam

Secara luas, struktur komunitas suatu ekosistem dapat dilihat dari nilai indeks keanekaragaman, nilai indeks dominansi dan kelimpahannya. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan di area dekat aktivitas dan jauh aktivitas Antam serta area kontrol, diperoleh nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener pada area dekat aktivitas Antam dapat dilihat pada **Gambar 4.80** sebagai berikut.



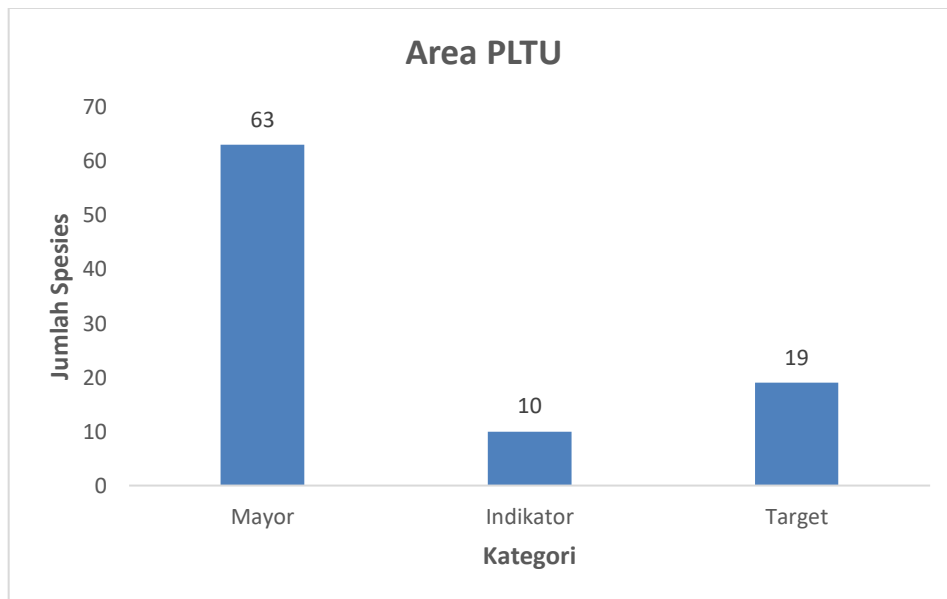
Gambar 4. 80 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area sekitar aktivitas Antam.

Berdasarkan hasil dari analisis data survei yang disajikan berupa nilai indeks keanekaragaman, indeks dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area dekat aktivitas termasuk dalam kategori “tinggi” dengan nilai 3,591. Sedangkan keanekaragaman ikan mayor, sedangkan untuk keanekaragaman ikan target dan indikator “sedang” dengan nilai masing-masing 2,108 dan 2,101. Adapun nilai indeks dominansi yang diperoleh pada area dekat aktivitas Antam tergolong “rendah” untuk ketiga kelompok ikan dengan nilai indeks dominansi masing-masing yaitu 0,072 untuk ikan mayor, 0,195 untuk ikan indikator dan 0,232 untuk ikan target.

Kelimpahan ikan karang yang diperoleh pada area dekat aktivitas Antam yaitu 1,134 individu/m² untuk kategori ikan mayor, 0,052 individu/m² untuk kategori ikan indikator dan 0,102 individu/m² untuk kategori ikan target. Sedangkan kelimpahan ikan karang pada area jauh aktivitas Antam diperoleh 1,952 individu/m² untuk kategori ikan mayor, 0,079 individu/m² untuk kategori ikan indikator dan 0,153 individu/m² untuk kategori ikan target. Kelimpahan ikan karang, utamanya ikan karang dari kelompok ikan target dan ikan indikator sangat erat oleh kondisi substrat, ketersediaan makanan serta tingkat predasi di suatu ekosistem (Nyabakken, 1988 dalam Riyantini dkk, 2023).

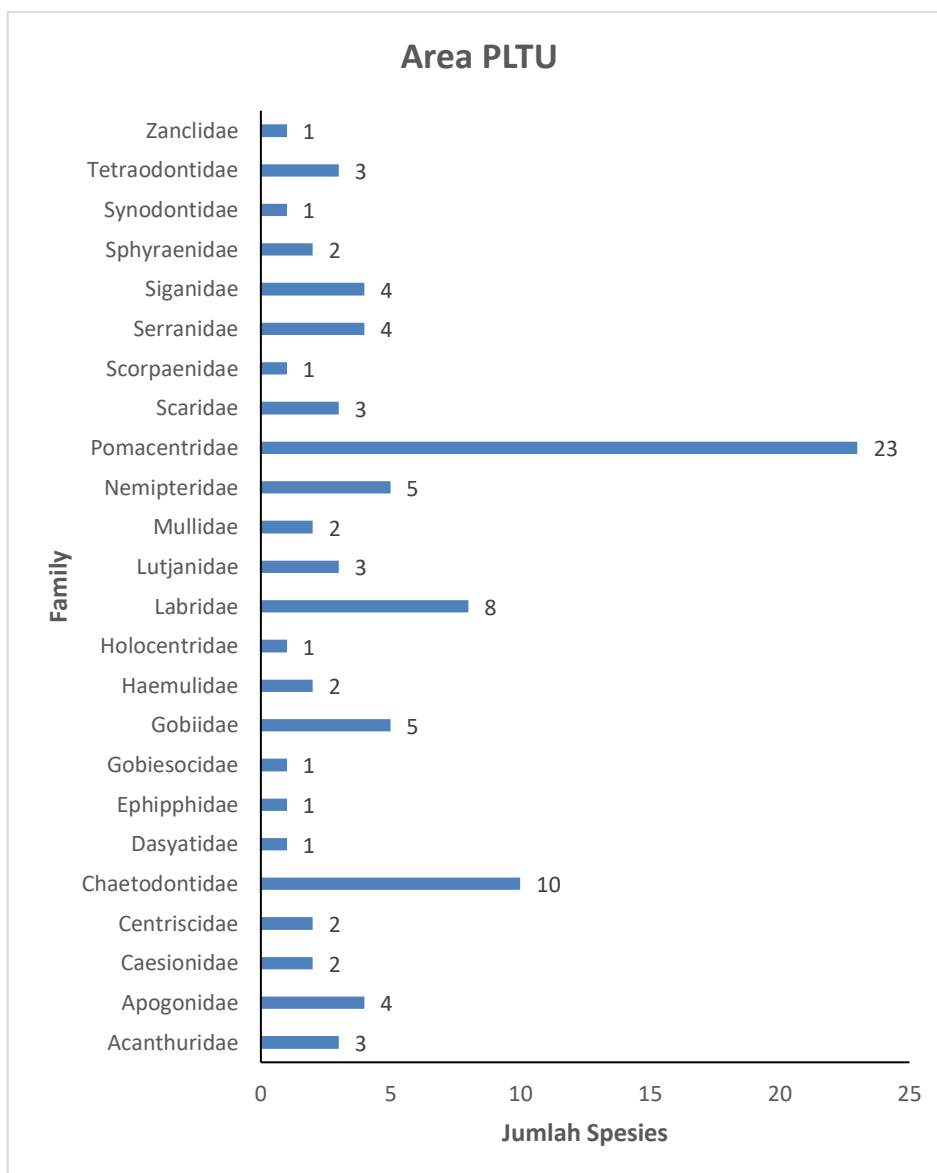
4.5.3.2 Diversitas Ikan Karang pada Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pada area PLTU AL Antam diperoleh jumlah ikan karang dari ketiga kategori ikan yang telah dilakukan sensus visual yaitu sebanyak 92 spesies yang terdiri 63 spesies ikan mayor, 10 spesies ikan indikator dan 19 spesies ikan target (**Gambar 4.81**). Sama halnya pada area dekat aktivitas Antam, pada kategori ikan mayor didominasi oleh kelompok ikan dari famili Pomacentridae dengan 23 spesies. Kelompok dari famili ini merupakan kelompok ikan mayor yang biasanya dijumpai berkoloni di komunitas terumbu karang (Reese, 1981).



Gambar 4. 81 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area PLTU.

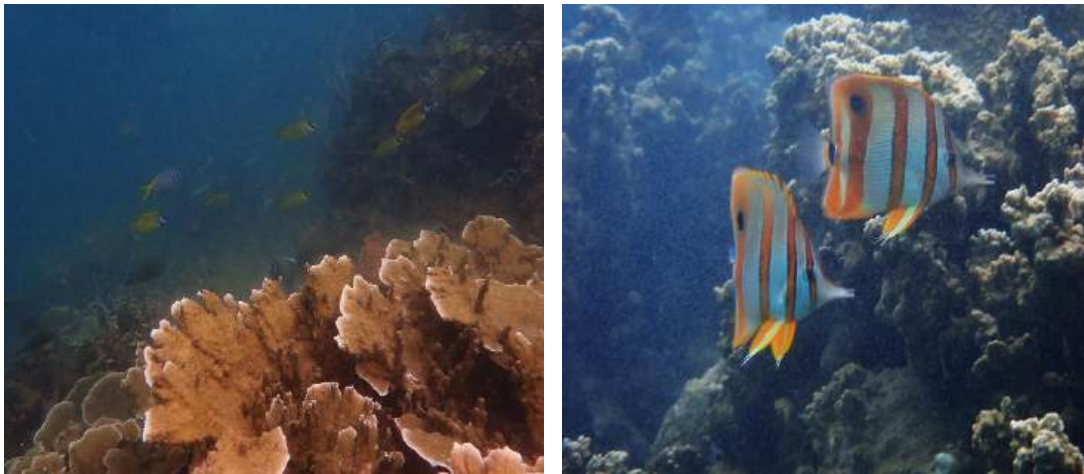
Selain famili Pomacentridae, kelompok ikan lainnya yang juga memiliki jumlah cukup banyak yaitu famili Chaetodontidae yang merupakan famili ikan indikator kesehatan terumbu karang. Tercatat ada 12 spesies yang ditemukan pada survei ini. Keberadaan spesies dari famili ini sangat dipengaruhi oleh kondisi substrat di suatu perairan. Terdapat 24 famili yang terdata pada area PLTU AL dekat aktivitas Antam (**Gambar 4.81**) yang keberadaannya sangat dipengaruhi oleh kondisi ekosistem, ketersediaan makanan dan keberadaan predator. Area PLTU AL sendiri terbagi atas 3 kelompok yang didasari oleh jaraknya dari area aktivitas Antam, yaitu 100 meter, 500 meter dan 1000 meter.



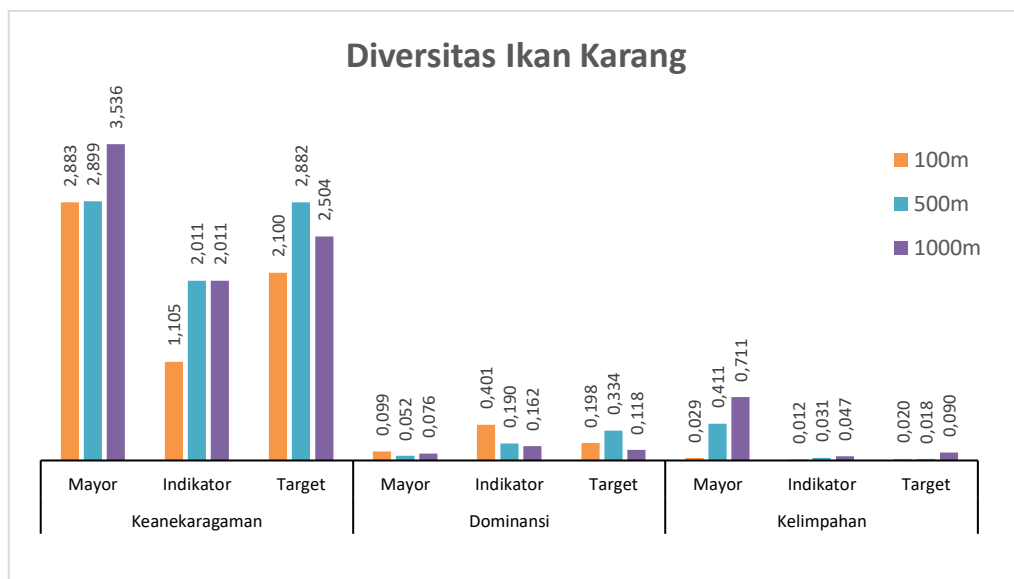
Gambar 4. 82 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area PLTU.

Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, diperoleh nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') pada area PLTU AL 100 meter dan 500 meter dalam kategori “sedang” dengan nilai masing-masing 2,88 dan 2,89 untuk kategori ikan mayor. Sedangkan pada area 1000 meter diperoleh dalam kategori “tinggi” yaitu 3,53 untuk kategori ikan mayor (**Gambar 4.84**). Selanjutnya untuk kategori ikan indikator dan ikan target pada area 100 meter dan 500 serta jarak 1000 meter dapat dilihat pada **Gambar 4.83**. Salah satu hal yang bisa menjadi faktor perbedaan keanekaragaman dari ketiga area ini yaitu jarak dari area aktivitas Antam yang memungkinkan area 1000 meter mendapat sedikit gangguan. Selain itu,

indeks dominansi dan kelimpahan ikan pada masing-masing area juga menjadi faktor perbedaan tersebut.



Gambar 4. 83 Schooling ikan target *Siganus vulpinus* di area PLTU AL 5 dan ikan indikator *Chelmon rostratus* di area PLTU AL 10.



Gambar 4. 84 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area PLTU.

Nilai kelimpahan yang diperoleh pada area 100 meter, 500 meter dan 1000 meter masing-masing yaitu 0,029 individu/m², 0,411 individu/m² dan 0,711 individu/m². Kelimpahan ikan pada area 100 meter sangat dipengaruhi oleh kondisi substratnya, dimana rata-rata substrat yang mendominasi pada stasiun PLTU AL 3 merupakan pasir berlumpur. Kondisi substrat seperti ini menjadikan perjumpaan tiap jenis ikan sangat sulit ditemukan (**Gambar 4.85**).



Gambar 4. 85Kondisi substrat pada PLTU AL 3.

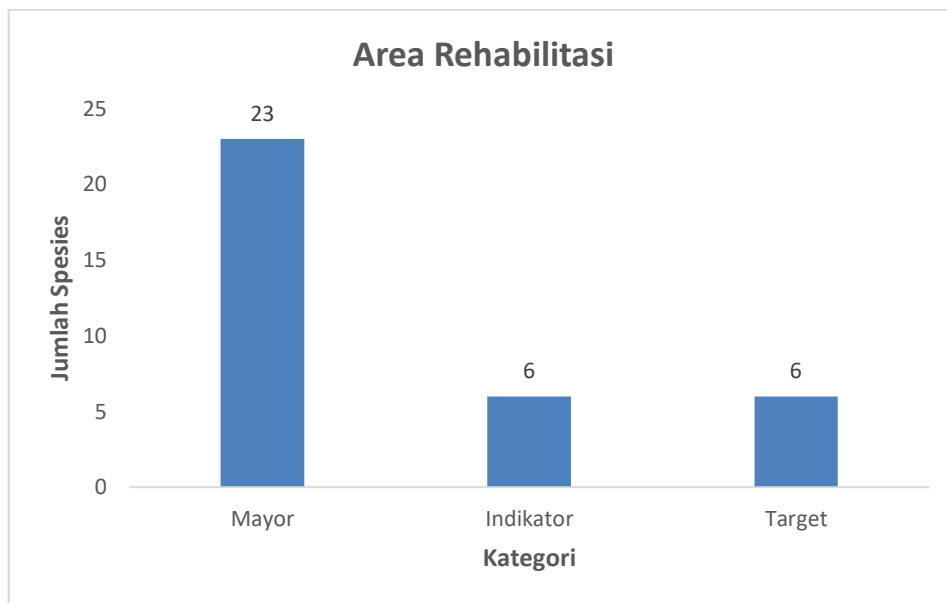
4.5.3.3 Diversitas Ikan Karang pada Area Rehabilitasi

Pada area rehabilitasi Antam yaitu pada keramba hakatutobu dan pantai slag diperoleh 59 spesies dari tiga kategori yang terdiri 39 spesies ikan mayor, indikator 12 spesies dan ikan target 8 spesies (**Gambar 4.87**). Pada area rehabilitasi keramba hakatutobu didominasi oleh ikan dari famili Pomacentridae yang merupakan kelompok terbanyak dari kategori ikan mayor. Selain itu, dijumpai juga ikan dari famili Labridae yaitu *Cheilinus undulatus* (**Gambar 4.86**) yang merupakan jenis ikan terancam punah (Endangered) berdasarkan status konservasi IUCN Red list. Selain itu, juga dikategorikan Apendiks II berdasarkan CITES.



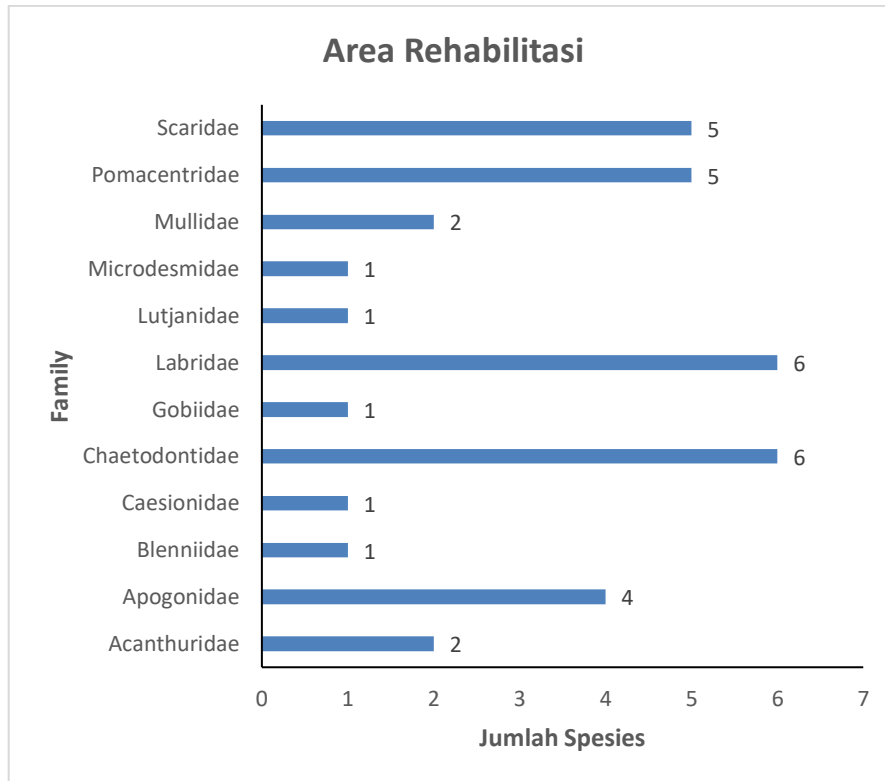
Gambar 4. 86 *Hamphead/Napoleon* (*Cheilinus undulatus*) pada stasiun Hakatutobu 1 (keramba dalam).

Ikan ini umumnya dikenal dengan nama ikan napoleon yang memperoleh makanannya dengan membongkar karang yang telah mati untuk mendapat gastropoda kecil. Ikan ini memiliki ukuran hingga 3 meter dengan kekuatan gigitan yang terbilang kuat. Semua kelompok ini tumbuh dan berkembang pada habitat terumbu karang di sekitar pantai sampai kedalaman 30 meter.



Gambar 4. 87 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area rehabilitasi.

Pada area keramba hakatutobu selain ikan mayor, juga didominasi oleh ikan indikator dari famili Chaetodontidae yang dijumpai sebanyak 6 spesies (**Gambar 4.87**). Keberadaan ikan indikator ini bisa menjadi salah satu parameter keberhasilan dari suatu upaya transplantasi. Ikan dari famili Chaetodontidae (**Gambar 4.89**) merupakan coralliform atau ikan pemakan karang/koral yang berarti keberadaannya menandakan bahwa meningkatnya tutupan karang di area rehabilitasi (Hourigan, 1988 dalam Motta, 1989). Adapun nilai indeks diversitas pada area rehabilitasi keramba hakatutobu dan pantai slag (**Gambar 4.90**) menunjukkan nilai 2,40 atau kategori “sedang” untuk area keramba hakatutobu dan 2,05 atau kategori “sedang” untuk kategori ikan mayor. Nilai indeks keanekaragaman untuk kategori ikan indikator dan ikan target untuk kedua lokasi termasuk “rendah” dengan nilai 1,12 dan 1,48 dan 1,12 dan 0,76 untuk ikan target.



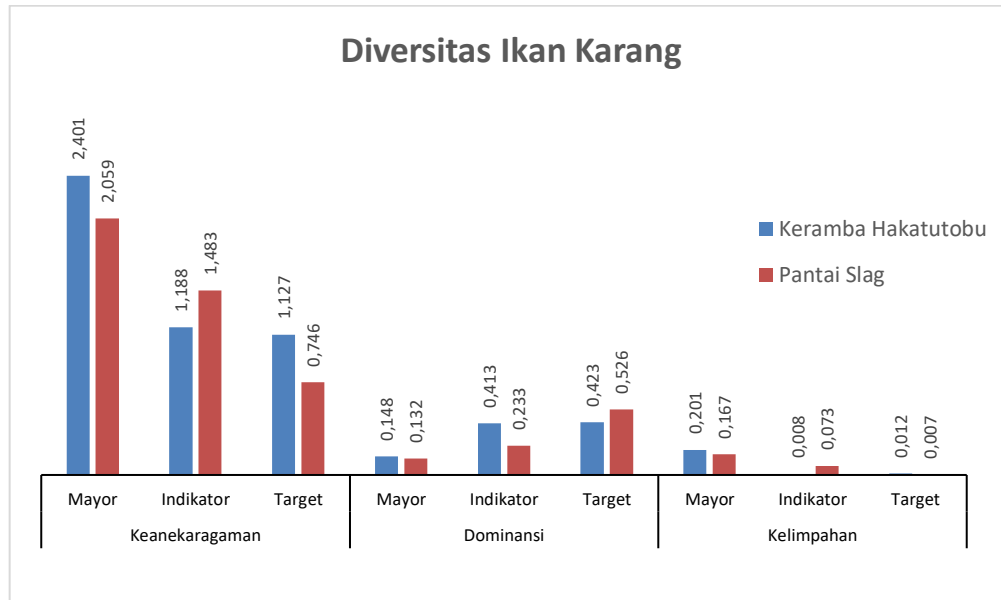
Gambar 4. 88 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area Rehabilitasi.



Gambar 4. 89 *Chaetodon lunulatus* salah satu spesies ikan indikator yang dijumpai pada area Pantai Slag.

Nilai indeks dominansi pada area keramba hakatutobu tergolong rendah dengan nilai untuk ketiga kategori yaitu 0,148 (ikan mayor), 0,413 (ikan indikator) dan 0,423 (ikan target). Sedangkan kelimpahan ikan dari ketiga kategori tersebut yaitu 0,201 individu/m² untuk ikan mayor, 0,008 individu/m² untuk ikan indikator dan 0,012 individu/m² untuk ikan target. Pada area pantai slag, diperoleh nilai

indeks dominansi 0,132 untuk ikan mayor, 0,233 untuk ikan indikator dan 0,526 untuk ikan target. Sedangkan untuk kelimpahannya diperoleh 0,167 individu/m² untuk ikan mayor, 0,073 individu/m² dan 0,007 individu/m² untuk ikan indikator dan ikan target.



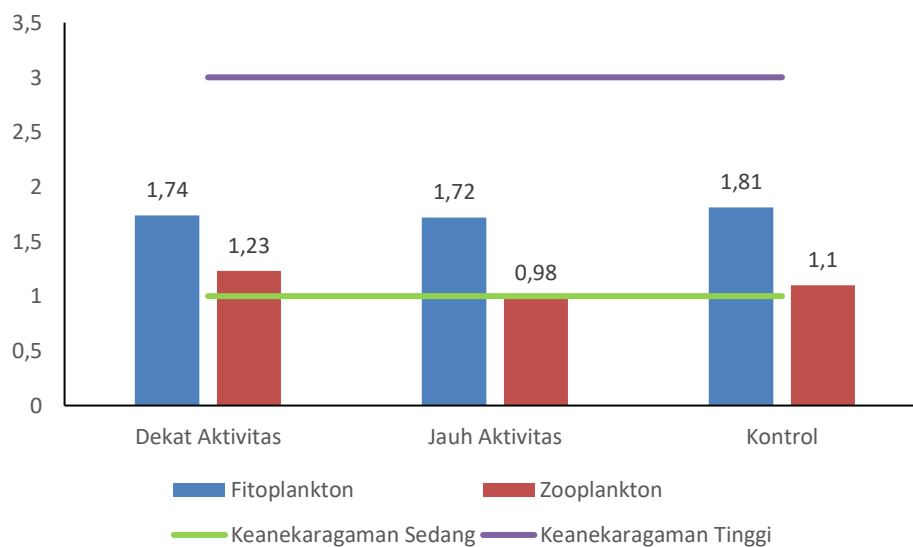
Gambar 4. 90 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area Rehabilitasi.

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

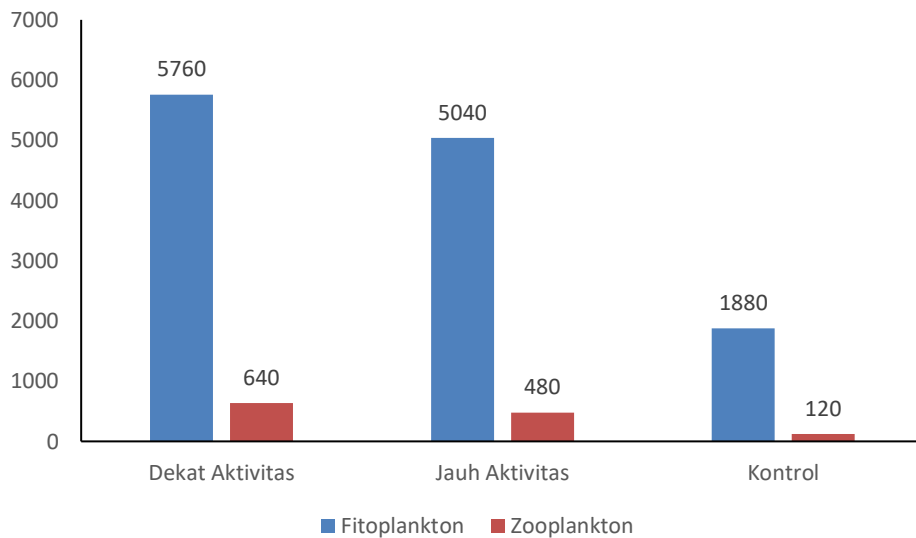
Nilai indeks keanekaragaman dan kelimpahan plankton laut diperoleh dari hasil nilai rata-rata beberapa lokasi pengambilan sampel di area sekitar aktivitas Antam. Area tersebut berupa area dekat dari aktivitas Antam, jauh dari aktivitas Antam serta area Kontrol. Lokasi pengambilan sampel plankton dekat aktivitas PT Antam terdiri atas titik pengambilan sampel Watukilat 1, Tanjung Leppe 1, Pelabuhan Pomalaa 1, Sitado 1, lokasi ini 1, Pulau Maniang 1. Lokasi pengambilan sampel plankton jauh aktivitas PT Antam terdiri atas titik pengambilan sampel Watukilat 2, Tanjung Leppe 2, Pelabuhan Pomalaa 2, Sitado 2, lokasi ini 2 dan Pulau Maniang 2. Lokasi pengambilan sampel plankton sebagai area kontrol terdiri atas titik pengambilan sampel Tanjung Leppe- Pulau Maniang 1 dan Tanjung Leppe-Pulau Maniang 2.



Gambar 4. 91 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam, Jauh dengan aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).

Hasil analisis indeks keanekaragaman Shannon-winner plankton laut di area sekitar aktivitas PT Antam secara umum menunjukkan nilai keanekaragaman fitoplankton pada kategori sedang dan nilai keanekaragaman zooplankton pada kategori sedang hingga rendah berdasarkan kriteria indeks diversitas plankton (Soeparmo, 1992). Nilai rata-rata keanekaragaman fitoplankton tertinggi terdapat

pada area kontrol dengan nilai keanekaragaman 1,81 sedangkan nilai rata-rata keanekaragaman fitoplankton terendah pada area jauh dari aktivitas Antam dengan nilai keanekaragaman 1,72. Nilai rata-rata keanekaragaman zooplankton tertinggi terdapat pada area dekat dari aktivitas dengan nilai keanekaragaman 1,23 sedangkan nilai rata-rata keanekaragaman zooplankton terendah terdapat pada area jauh aktivitas Antam dengan nilai keanekaragaman 0,98 seperti yang disajikan pada **Gambar 4.91**.



***Status Trofik**

fitoplankton:

0-2000 sel/l= oligotrofik, 2000-15000 sel/l= mesotrofik, >15000 sel/l= eutrofik

zooplankton:

<1 sel/l= oligotrofik, 1-500 sel/l= mesotrofik, >500 sel/l= eutrofik

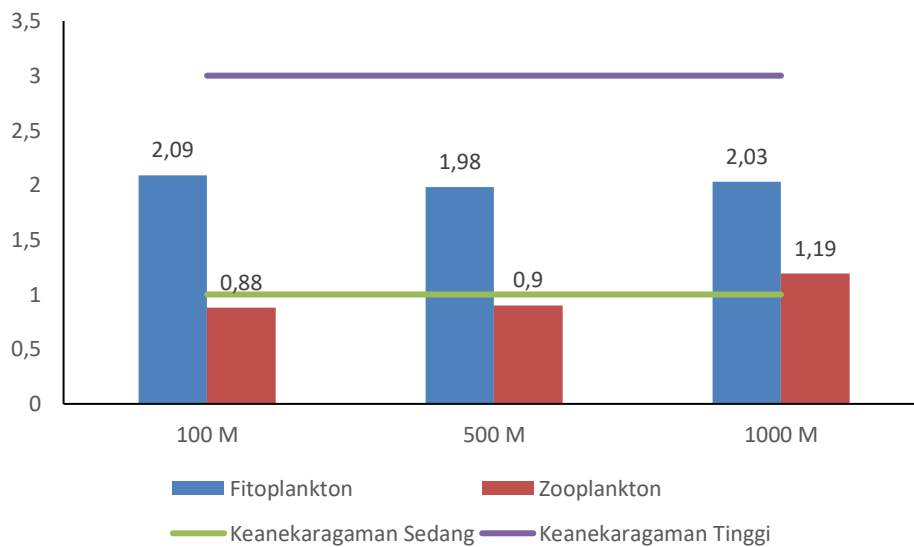
Gambar 4. 92 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam, Jauh dengan aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).

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).

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

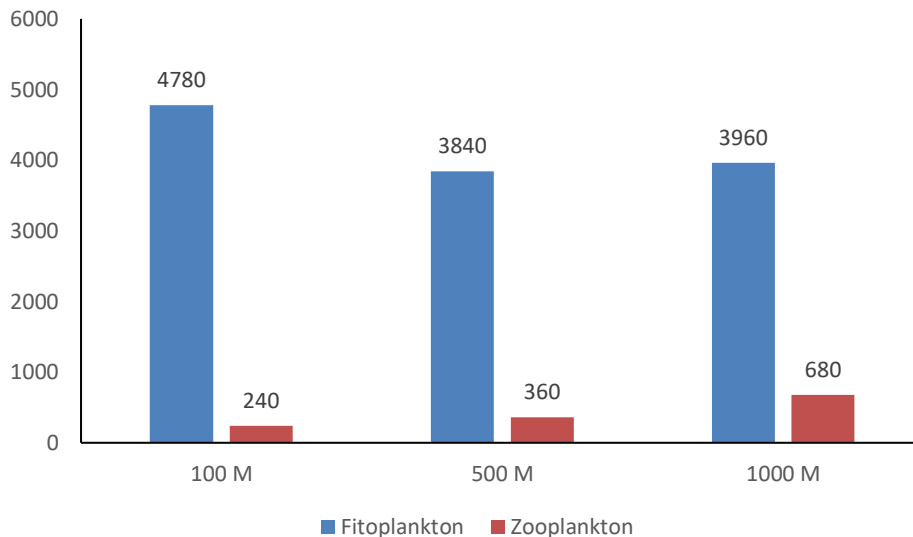
Indeks keanekaragaman dan kelimpahan plankton laut dihitung dengan menggabungkan data dari beberapa titik pengambilan sampel di sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Untuk pemantauan pertama, lokasi pemantauan berjarak 100 meter dari area PLTU, dan mencakup titik pemantauan PLTU AL 2, PLTU AL 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. 93 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

Berdasarkan hasil dari pengamatan plankton di daerah sekitar wilayah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) menunjukkan data keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton sedikit berbeda. Pada **Gambar 4.93** dapat dilihat hasil nilai keanekaragaman fitoplankton berada kategori sedang. Sedangkan nilai keanekaragaman zooplankton menunjukkan kategori rendah hingga sedang (Dash & Dash, 2009).

Tingkat keanekaragaman fitoplankton yang paling tinggi tercatat pada titik pengambilan sampel yang berjarak 100 meter dari area PLTU, dengan nilai keanekaragaman mencapai 2,09, sedangkan tingkat keanekaragaman fitoplankton yang terendah tercatat pada titik pengambilan sampel yang berjarak 500 meter dari area PLTU, dengan nilai keanekaragaman sebesar 1,98. 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 1,19. Sedangkan tingkat keanekaragaman zooplankton yang terendah terdapat pada titik pengambilan sampel yang berjarak 100 meter dari area PLTU, dengan nilai keanekaragaman sekitar 0,88 (**Gambar 4.93**).



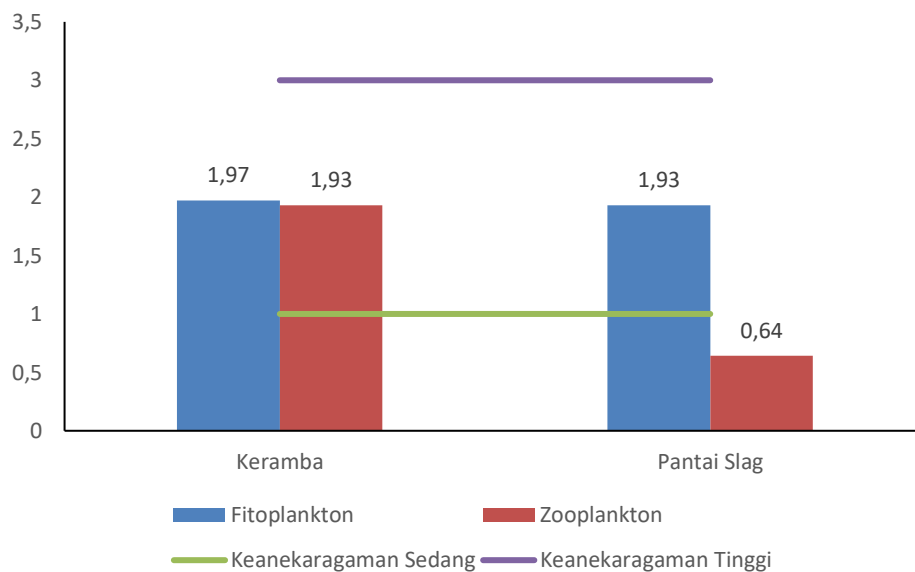
Gambar 4. 94 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

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 Suryanto (2009). Rata-rata tingkat kelimpahan fitoplankton yang tertinggi tercatat pada lokasi yang berjarak 100 meter dari area PLTU, dengan nilai kelimpahan mencapai 4780 sel per liter, sementara tingkat kelimpahan fitoplankton yang terendah terdapat pada lokasi 500 meter dari area PLTU, dengan nilai

kelimpahan sekitar 3840 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 680 sel per liter, sedangkan tingkat kelimpahan zooplankton yang terendah terdapat pada lokasi yang berjarak 100 meter dari area PLTU, dengan nilai kelimpahan sekitar 240 sel per liter (Gambar 4.94).

IV.4.4.3 Kondisi Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Pada Area Rehabilitasi

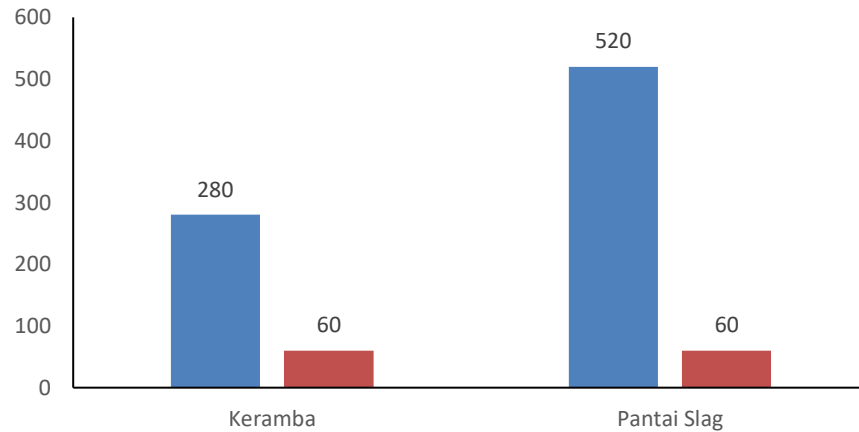
Hasil evaluasi indeks keanekaragaman plankton laut di wilayah rehabilitasi di Desa Hakatutobu secara keseluruhan menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton berada pada tingkat yang sama. Tingkat keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton di daerah rehabilitasi menunjukkan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



Gambar 4. 95 Keanekaragaman Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutobu 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 1,93. Hal serupa juga terjadi pada tingkat keanekaragaman zooplankton, dimana

nilai tertinggi tercatat di dalam area rehabilitasi (keramba) sebesar 1,93, sementara di area rehabilitasi pantai slag, nilai keanekaragaman zooplankton mencapai 0,64, seperti yang terlihat pada **Gambar 4.95**.



***Status Trofik**

fitoplankton:

0-2000 sel/l= oligotrofik, 2000-15000 sel/l= mesotrofik, >15000 sel/l= eutrofik

zooplankton:

<1 sel/l= oligotrofik, 1-500 sel/l= mesotrofik, >500 sel/l= eutrofik

Gambar 4. 96 Kelimpahan Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutobu dan pantai Slag.

Hasil perhitungan kelimpahan plankton laut di wilayah rehabilitasi Desa Hakatutobu 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 dalam Suryanto (2009). Tingkat kelimpahan fitoplankton yang paling tinggi tercatat di lokasi rehabilitasi pantai slag, dengan nilai kelimpahan mencapai 520 sel per liter, sementara nilai kelimpahan fitoplankton yang terendah terdapat di lokasi rehabilitasi dalam, dengan nilai kelimpahan sekitar 280 sel per liter. Di sisi lain, tingkat kelimpahan zooplankton memiliki nilai yang sama antara rehabilitasi di Keramba Desa Hakatutobu dan Rehabilitasi Pantai Slag, keduanya sama-sama memiliki nilai kelimpahan zooplankton sebanyak 60 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 *Fikus* 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 novoguineensis* (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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (104,24%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (5,65%).

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 novoguineensis* (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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuhniana* Miq. (75,87%) dan terendah dari jenis Palem *Hyophorbe* sp. (3,29%).

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 novoguineensis* (Brongn. & Gris) Schltr (96,05%) dan terendah dari jenis Kayu Kuma (2,80%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (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 novoguineensis* (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 Ketimunan *Timonius cf. Celebicus* (1,56%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Beringin *Ficus* sp. (63,97%) dan terendah dari jenis Ketimunan *Timonius cf. Celebicus* (1,54%).

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus semai menunjukkan bahwa pada pemantauan tahun 2020 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (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 novoguineensis* (Brongn. & Gris) Schltr (79,16%) dan INP terendah dari 4 jenis tumbuhan yaitu *Ficus Benci-benci* 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*

novoguineensis (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 novoguineensis* (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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (44,61%) dan INP terendah dari jenis tumbuhan Nyamplung *Calophyllum inophyllum* (2,37%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (236,51%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (26,48%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (172,22%) dan terendah dari jenis Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (4,84%).

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 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (77,48%) dan terendah yaitu Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis* 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 *Sarcothecha 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 *Sarcothecha 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (65,78%) dan INP terendah dari dua jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus* dan Glodokan tiang *Polyalthia longifolia* dengan nilai INP (2,70%).

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). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (144,16%) 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (80,52%) 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (66,18%) dan terendah dari jenis Mengkudu *Morinda citrifolia* L. (1,71%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* (68,90%) 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 (2,99%).

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 novoguineensis* (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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (242,31%) dan terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq. (14,59%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (195,06%) dan terendah dari jenis Andilau *Commersonia bartramia* (4,96%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R. Br. (42,59%) dan terendah dari jenis famili Sapotaceae (2,18%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R. Br. (112,01%) dan INP terendah dari tiga jenis tumbuhan yaitu Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd., famili Lauraceae, dan famili Rubiaceae dengan nilai INP (4,34%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (155,47%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd. (10,83%).

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* (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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (122,16%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga (3,80%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Bitti *Vitex cofassus* (76,43%) 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (86,14%) dan INP terendah dari tiga jenis tumbuhan yaitu Johar *Senna siamea* (Lam.), Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) dan famili Annonaceae dengan nilai INP (3,48%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (172,51%) 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (168,87%) dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd. (3,76%).

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 novoguineensis* (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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (72,90%) dan terendah dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (2,28%).

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 Trembesi *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.), Ketimunan *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 *Anacardium giganteum*, Jambu-jambu *Eugenia* sp. dan Rotan *Calamus* sp. dengan nilai INP (4,29%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (89,74%) dan INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu famili Apocynaceae, Jambu monyet *Anacardium giganteum* dan Jambu-jambu *Eugenia* sp. dengan nilai INP (3,98%).

5.1.1.7 Area Revegetasi Tahun 2020 (N3)

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 sampai 2022 belum terdapat tumbuhan pada habitus pohon. Pemantauan semester I dan II 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (226,32%) 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 cyclocarpum* (Jacq.) (89,88%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,87%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) (87,71%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (2,81%).

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 cyclocarpum* (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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (122,93%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Bitti *Vitex cofassus* dan Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. dengan nilai INP (11,54%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (249,59%) dan terendah dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) (50,41%).

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 II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (202,00%) 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 Terong 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (114,67%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Kaliandra *Calliandra callothrysis* dan Awar-awar *Ficus Septica* dengan nilai INP (7,08%).

5.1.1.9 Area Revegetasi tahun 2022 (N1)

Area revegetasi tahun 2022 (N1) merupakan area pemantauan yang baru dilakukan pada semester sebelumnya. 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 dan II tahun 2023 ditemukan tumbuhan pada habitus tiang pada 1 jenis tanaman dengan INP tertinggi berasal Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (300,00%).

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 II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* (217,53%) dan terendah dari jenis Beringin *Ficus* sp. (12,87%).

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 callothyrsus*, dan Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) dengan nilai INP (45,83%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Kersen hutan *Trema orientalis* (104,17%) dan nilai INP terendah dari 3 jenis tumbuhan yaitu jenis Beringin *Ficus* sp., Kaliandra *Calliandra callothyrsus* 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 I dan II tahun 2023 dan Bukit WSWD 003 (Area revegetasi 2022) juga merupakan area baru di semester I dan II 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 novoguineensis* (120,21%) dan terendah dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* (59,48%). Pemantauan tahun 2021 INP tertinggi berasal dari jenis tirotasi (pulai) *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 arborescens* (Blume) (33,19%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi

berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (111,09%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescen* (Blume) (25,28%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis* (111,13%) dan terendah dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescen* (Blume) (25,23%).

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 novoguineensis* (56,91%) dan terendah dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* 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. Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (113,68%) dan terendah dari jenis famili Sapotaceae (9,54%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. (114,55%) dan terendah dari jenis famili Sapotaceae (9,57%).

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%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br (97,20%) dan terendah dari jenis famili Lauraceae (5,29%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br (96,34%) dan terendah dari jenis famili Lauraceae (5,30%).

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%). Pemantauan semester I tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (88,89%) dan INP terendah dari jenis Beringin *Ficus* sp. (10,68%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* (Blume) (79,92%) dan INP terendah dari jenis Beringin *Ficus* sp. (9,11%).

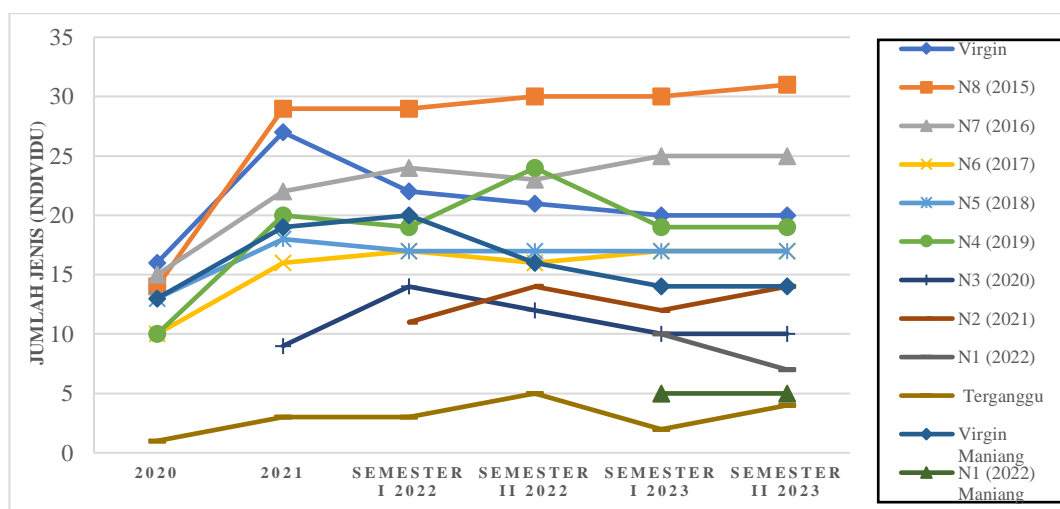
Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan berhabitus pohon (diameter batang >20 cm) pada Bukit WSWD 003 (Area revegetasi 2022) menunjukkan bahwa pada pemantauan semester I tahun 2023 tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus pohon (diameter batang >20 cm), dan tumbuhan yang berhabitus tiang (diameter 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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis

Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. (198,84%) dan terendah dari jenis Kersen hutan *Trema orientalis* (10,86%).

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%). Pemantauan semester II tahun 2023 INP tertinggi berasal dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* L. (178,00%) dan INP terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Kayu besi *Xanthostemon novoguineensis*. Dan Kersen hutan *Trema orientalis* dengan nilai INP yaitu (12,34%).

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, semester I tahun 2023 dan semester II tahun 2023 pada seluruh tingkatan tumbuhan yaitu pohon, tiang pancang dan semai ditunjukkan pada **Gambar 5.1** berikut.



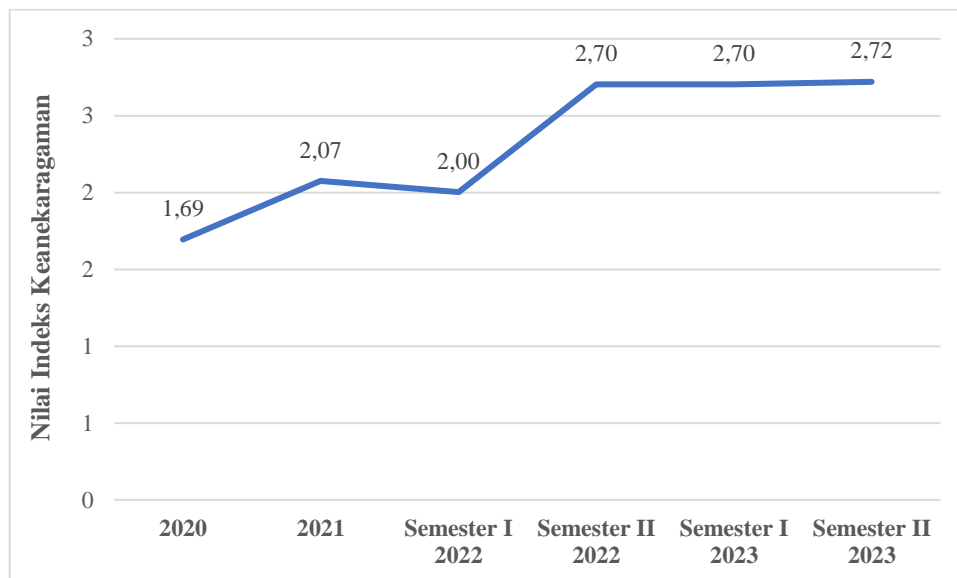
Gambar 5.1 Histogram perbandingan jumlah jenis flora darat pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk

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.



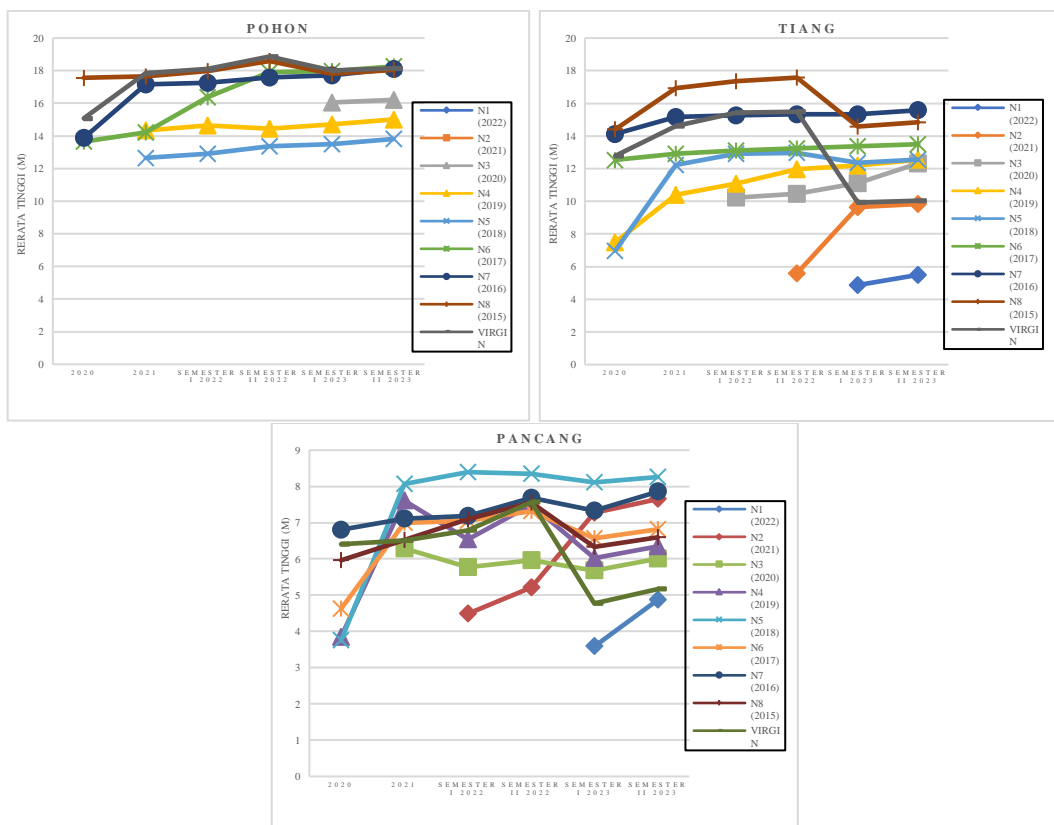
Gambar 5.2 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk

Hasil analisis indeks keanekaragaman berdasarkan periode pemantauan pada seluruh lokasi yaitu area virgin dan area revegetasi N0-N8, menunjukkan

bahwa pada periode pemantauan semester II tahun 2023 menunjukkan nilai indeks yang hampir 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 II tahun 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

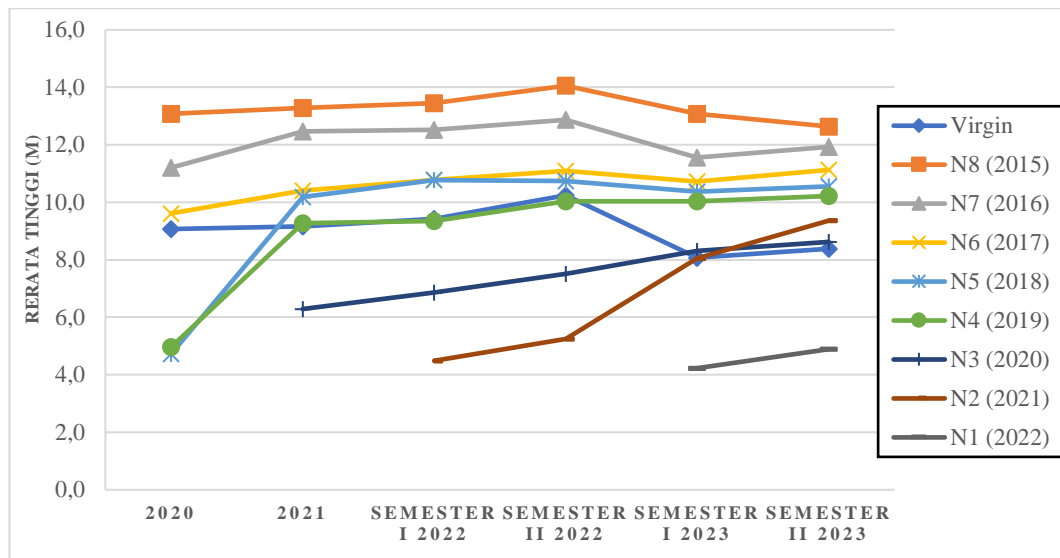
Keterangan:

- 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 virgin 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. Begitu pula 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 kesiediaan 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

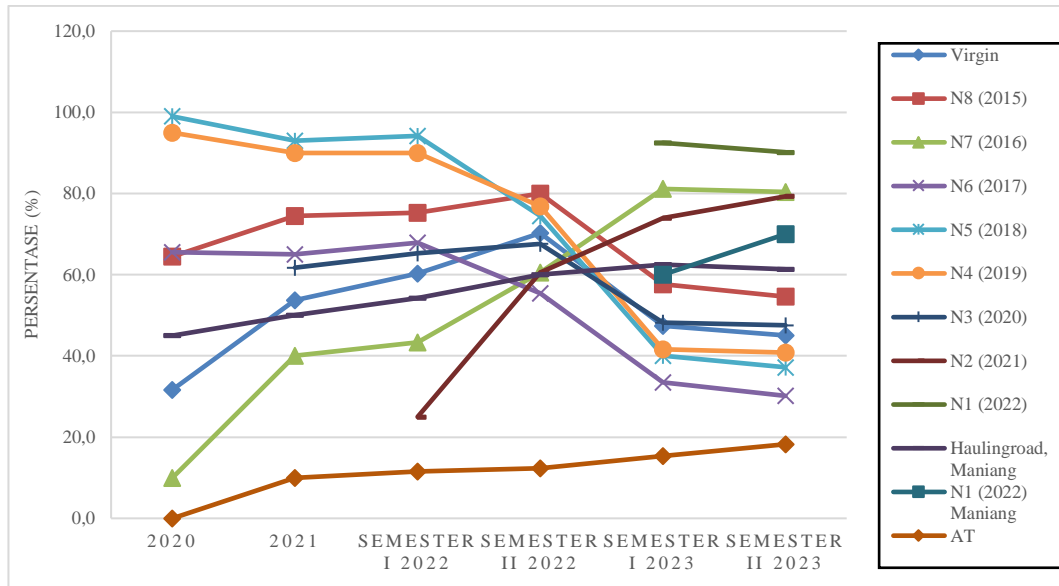


Gambar 5. 4 Histogram perbandingan tinggi tumbuhan pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di Wilayah Pertambangan PT Antam Tbk

5.1.4 Evaluasi Persentase Tumbuhan Penutup Tanah (*Plant cover*)

Perkembangan tumbuhan penutup tanah pada setiap area pemantauan mengalami perbedaan. 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 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 di sekitarnya.

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 di atas didukung dengan kondisi lapangan pada area pemantauan dapat melihat pola yang umumnya terjadi saat ini pada perkembangan *cover crop* di area revegetasi seperti pada uraian di bawah.

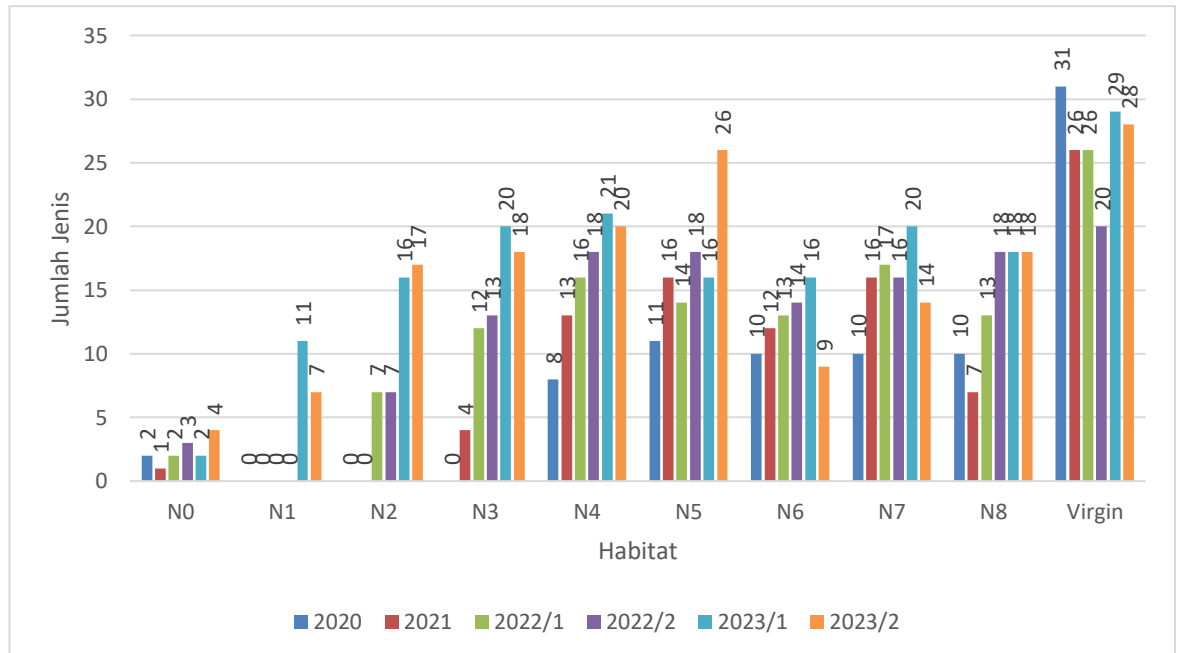
1. *Cover crop* revegetasi yang ditanam memiliki komposisi jenis yang homogen.
2. *Cover crop* mulai berkurang seiring bertambah tingginya dan meluasnya kanopi tanaman yang menyebabkan kurangnya penetrasi sinar matahari untuk tanaman *cover crop*.
3. *Cover crop* pada beberapa area pemantauan mengalami 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 pionir. Lokasi yang mengalami penurunan persentase *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

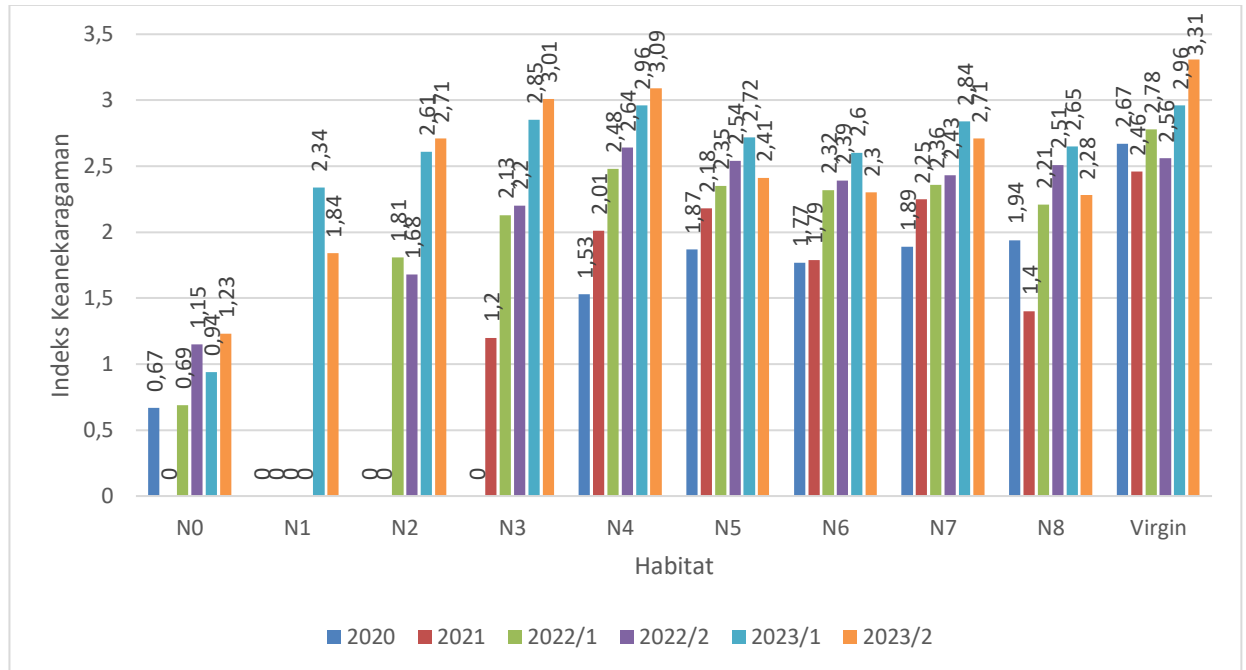
5.2.1 Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTU, WTT, dan WTS



Gambar 5. 6 Histogram perbandingan jumlah spesies fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga semester II tahun 2023 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk

Perbandingan jumlah spesies (**Gambar 5.6**) fauna burung di wilayah pertambangan PT Antam Tbk pada pemantauan semester II tahun 2023 memperlihatkan peningkatan yang fluktuatif seperti pada periode sebelumnya di beberapa habitat pada area revegetasi (2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016), serta di area virgin. Peristiwa ini memperlihatkan bahwa konsesi habitat yang mendukung keberadaan satwa burung. Tentu saja hal ini juga disebabkan oleh berbagai faktor seperti pertumbuhan pohon yang semakin besar seiring waktu yang menyediakan area atau ketersediaan unsur hara bagi spesies lain untuk bermunculan, hal ini saling berkaitan dengan semakin banyaknya pakan berupa serangga, biji-bijian, buah dan material sarang yang ditemukan pada area tersebut. Kanopi pohon yang semakin rimbun dan rapat juga menjadi faktor banyaknya spesies burung yang ditemukan sebagai tempat beristirahat, bermain ataupun berlindung dari predator. Pengamatan semester II tahun 2023 juga tidak lepas dari pengaruh musim kemarau akibat peristiwa *El Nino*, menyebabkan beberapa spesies mungkin mengalami penurunan jumlah dari tahun sebelumnya. Hal ini juga

berpengaruh terhadap indeks keanekaragaman di seluruh area revegetasi yang juga memperlihatkan grafik yang fluktuatif namun lebih stabil dan tidak terlalu signifikan (**Gambar 5.2**). Selain itu hampir seluruh area revegetasi memiliki spesies yang beragam dengan dominansi yang rendah sehingga indeks keanekaragamannya tinggi.

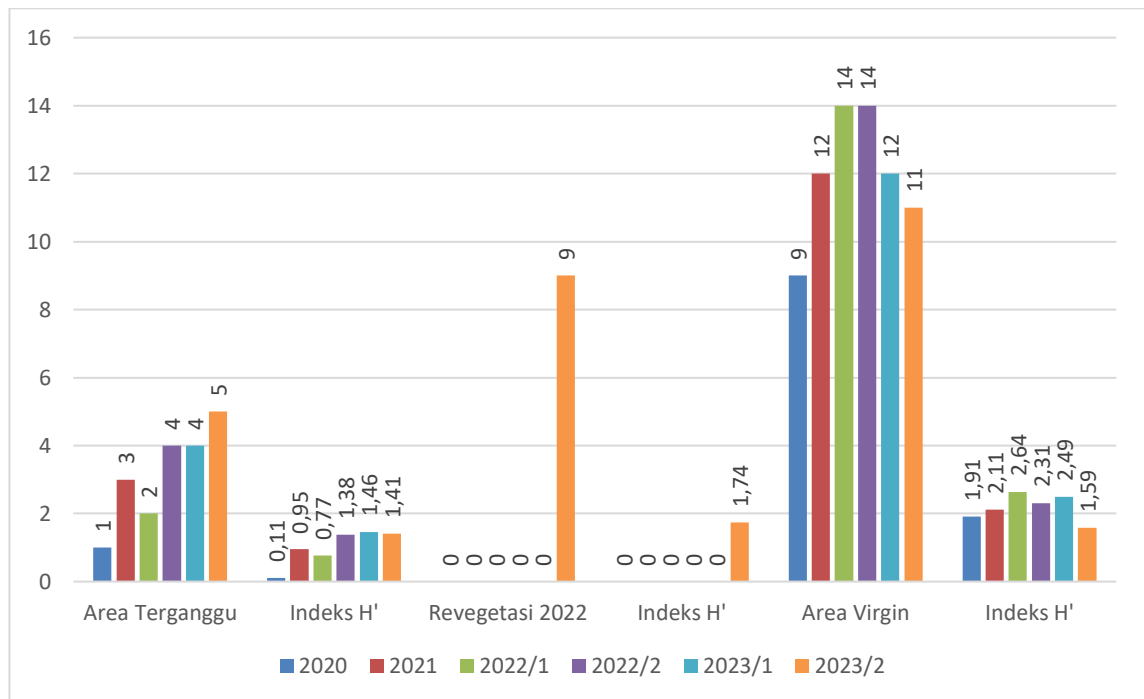


Gambar 5.7 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga semester II tahun 2023 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk

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 semester II tahun 2023 dapat dilihat pada **Gambar 5.3**. Dari grafik tersebut memperlihatkan bahwa terjadi penambahan satu spesies pada area terganggu (*stockyard*) dan pengurangan satu spesies pada area virgin (*hauling road*). Namun pengamatan kali ini terdapat penambahan area pengamatan berupa area revegetasi 2022, vegetasi yang tumbuh cukup baik dan ditemukan banyak spesies. Berada di habitus pulau Dimana banyak dipengaruhi oleh iklim laut dan ketinggian, menyebabkan spesies yang ditemukan tidak jauh berbeda dari pengamatan sebelumnya dan cukup stabil dari segi komposisi vegetasi dan kelayakan penopang kehidupan satwa burung yang ada di Pulau Maniang. Hal

ini juga berdampak pada nilai indeks keanekaragaman yang ditemukan cukup stabil.

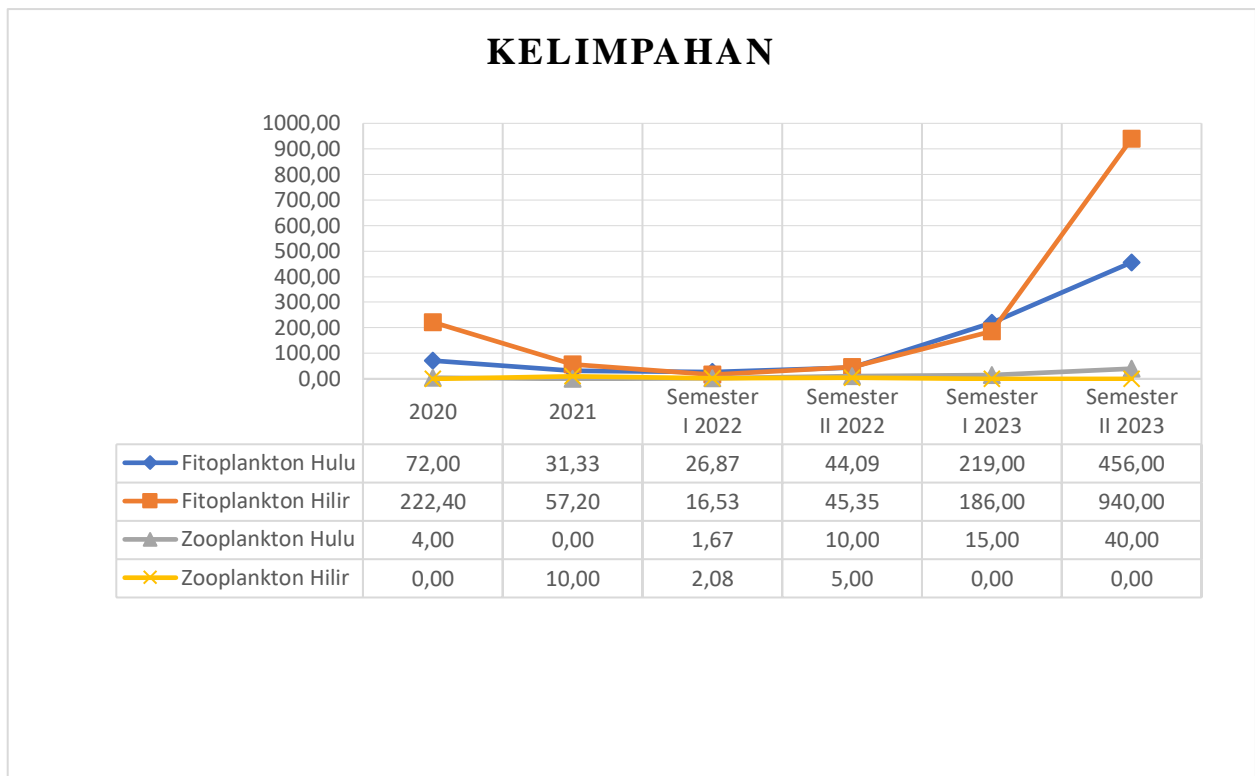


Gambar 5.8 Grafik dan tabel evaluasi perbandingan jumlah spesies dan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga semester II tahun 2023 di WTPM

5.3 Plankton Sungai

5.3.1 Evaluasi Kelimpahan Plankton

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



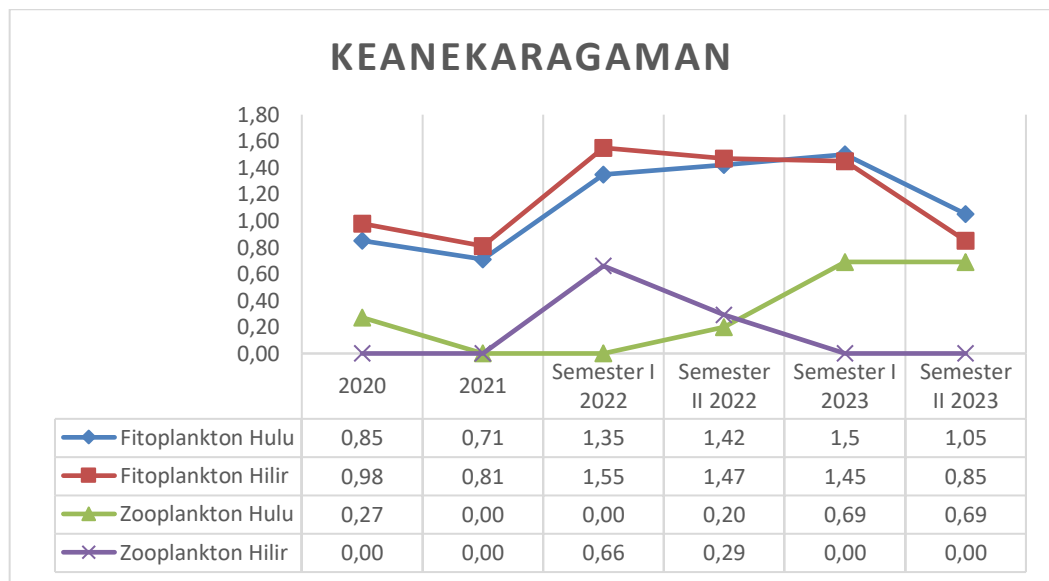
Gambar 5. 9 Histogram perbandingan kelimpahan Fitoplankton dan Zooplankton pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022, dan 2023 di area Hulu dan Hilir Sungai

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 tahun 2022, semester II tahun 2022, semester I tahun 2023 dan semester II tahun 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 II tahun 2023. Kelimpahan fitoplankton tertinggi berada pada daerah Hilir aliran sungai (940 ind/l) sedangkan yang terendah berada pada daerah Hulu aliran sungai (456 ind/l) pada pemantauan semester II tahun 2023. Hasil diperoleh untuk kelimpahan zooplankton yang berada di Hulu aliran sungai

(15 ind/l) dan pada Hilir aliran sungai tidak ada dijumpai zooplankton pada pemantauan semester II tahun 2023.

5.3.2 Evaluasi Indeks Keanekaragaman Plankton

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



Gambar 5.1 Histogram perbandingan keanekaragaman Fitoplankton dan Zooplankton pada periode pemantauan tahun 2020, tahun 2021, tahun 2022, dan tahun 2023 di area Hulu dan Hilir Sungai.

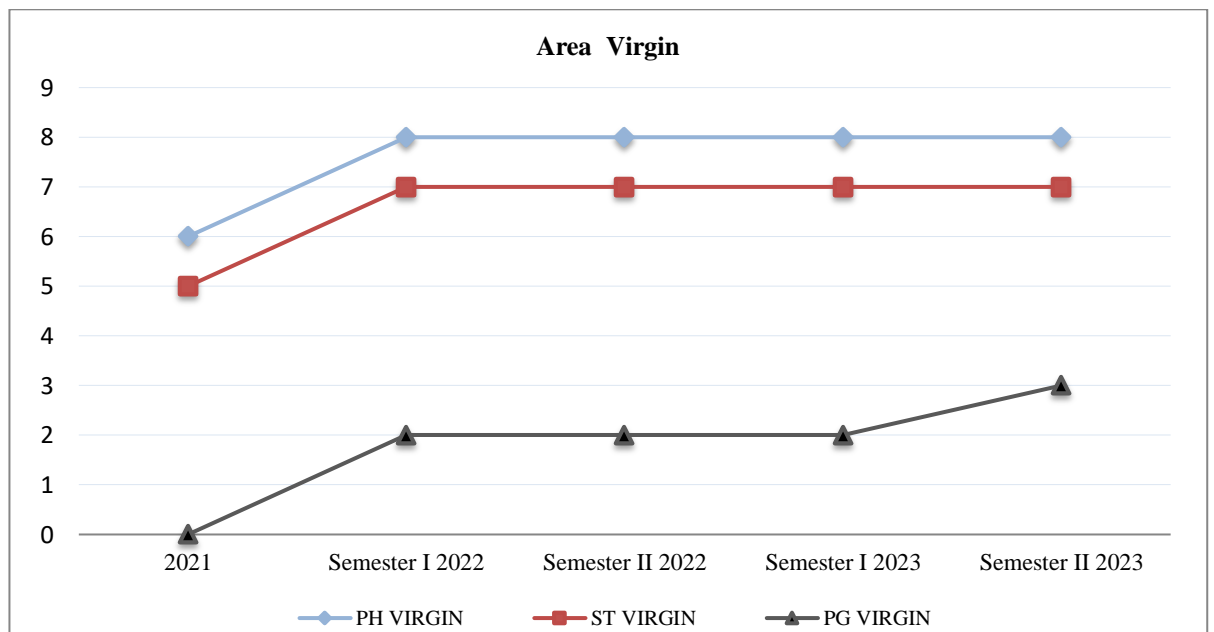
Hasil analisis dari nilai indeks keanekaragaman plankton pada area Hulu dan Hilir sungai menunjukkan bahwa rata-rata keanekaragaman yang dijumpai tertinggi berdasarkan dari jenis plankton ini berada pada jenis fitoplankton dan jenis plankton yang terendah di jumpai yakni jenis zooplankton. Nilai rata-rata dari 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 semester I tahun 2022 bila dibandingkan dengan pemantauan tahun 2020, tahun 2021, semester I tahun 2022, semester I tahun 2023, dan semester II tahun 2023. 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 semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, semester I dan semester II tahun 2023. Selanjutnya indeks keanekaragaman untuk 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, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, tahun 2023 semester I dan semester II tahun 2023.

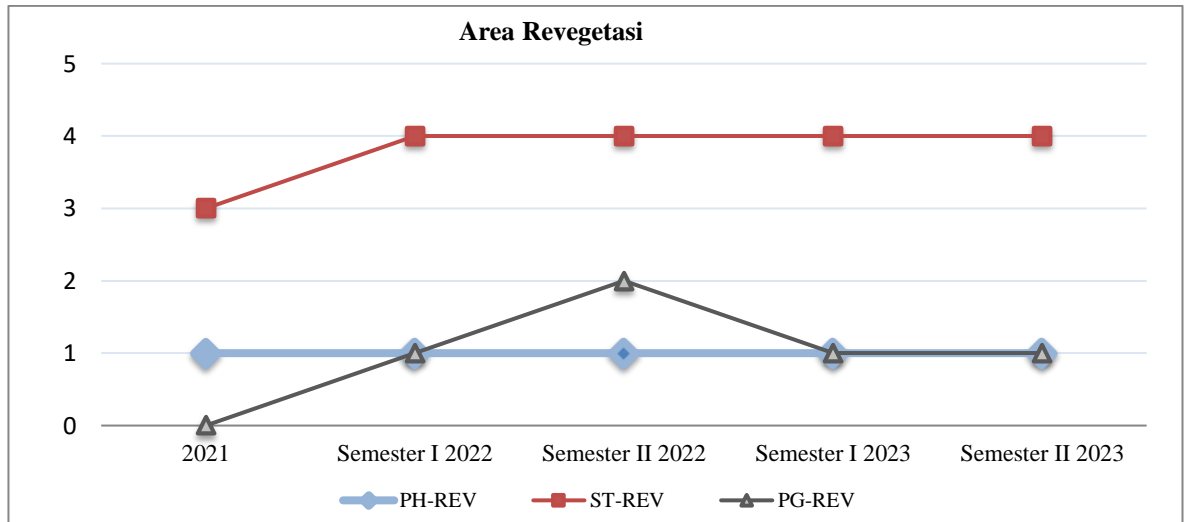
5.4 Ekosistem Mangrove

5.4.1 Evaluasi Jenis Vegetasi Mangrove

Jenis Mangrove yang teridentifikasi pada pemantauan semester II tahun 2023 terdapat penambahan jenis Mangrove dibandingkan dengan pemantauan pada semester sebelumnya. Adapun perbandingan jumlah spesies Mangrove yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2021, semester I tahun 2022, semester II tahun 2022, semester I tahun 2023, dan semester II tahun 2023 ditunjukkan pada **Gambar 5.10** dan **Gambar 5.11** sebagai berikut.



Gambar 5. 10 Grafik perbandingan jumlah spesies pada periode pemantauan tahun 2021, Semester I tahun 2022, Semester II tahun 2022, Semester I tahun 2023, dan Semester II tahun 2023 di area Virgin Mangrove.



Gambar 5.11 Grafik perbandingan jumlah spesies pada periode pemantauan tahun 2021, Semester I tahun 2022, Semester II tahun 2022, Semester I tahun 2023, dan Semester II tahun 2023 di area Revegetasi Mangrove.

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa di area Pesisir Galangan pada area virgin terdapat penambahan jenis Mangrove yaitu semai *Nypa fruticans*. Selain itu, adapun jenis Mangrove yang mendominasi di area Pesisir Galangan yakni *Sonneratia* sp., dan merupakan jenis Mangrove yang tumbuh alami. Oleh karena itu, Mangrove tersebut dapat tumbuh di area rehabilitasi dan dapat dijadikan saran untuk jenis Mangrove yang dapat ditanam dalam kegiatan rehabilitasi. Adapun perbandingan jenis vegetasi Mangrove dalam area pemantauan pada periode pemantauan tahun 2021, Semester I tahun 2022, Semester II tahun 2022, Semester I tahun 2023, dan Semester II tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Komposisi jenis Mangrove pada keempat periode pemantauan.

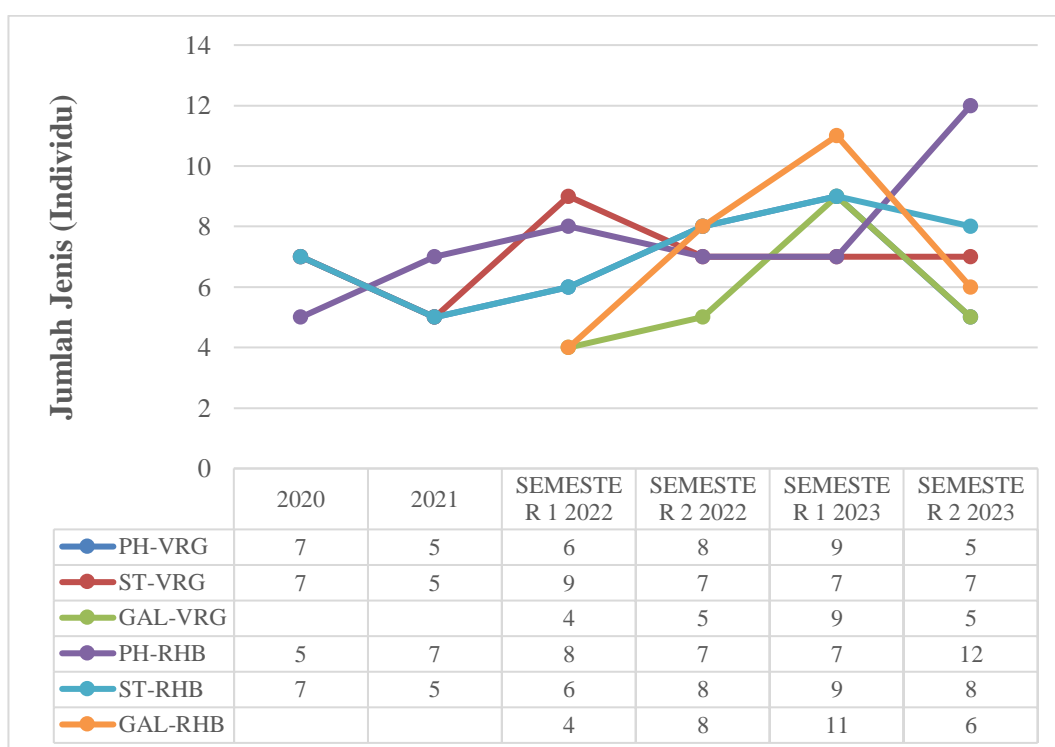
NO	JENIS	2021	Sem I 2022	Sem II 2022	Sem I 2023	Sem II 2023
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	☑	☑	☑	☑	☑
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	☑	☑	☑	☑	☑
3	<i>Ceriops tagal</i>	☑	☑	☑	☑	☑
4	<i>Sonneratia</i> sp.	☑	☑	☑	☑	☑
5	<i>Avicennia alba</i>	☑	☑	☑	☑	☑

6	<i>Lumnitzera</i> sp.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<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"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	<i>Bruguiera</i> sp.		<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"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
JUMLAH		7	9	9	9	9

Sumber: Data pemantauan Mangrove tahun 2021, Semester I tahun 2022, Semester II tahun 2022, Semester I tahun 2023 dan Semester II tahun 2023.

5.4.2 Evaluasi Jenis Bentos Mangrove

Perbandingan jumlah jenis bentos Mangrove yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 ditunjukkan pada **Gambar 5.12** berikut:



Gambar 5. 12 Grafik perbandingan jumlah jenis bentos pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 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 II tahun 2023, area virgin Pantai Sitado memiliki komposisi jenis makrozoobentos tertinggi dibandingkan dengan area virgin lainnya, yaitu sebanyak 7 jenis makrozoobentos. Sementara itu, komposisi jenis bentos tertinggi di area rehabilitasi yaitu Pantai Harapan sebanyak 12 jenis. Komposisi jenis bentos berdasarkan periode pemantauannya dapat dilihat pada Tabel 5.2. berikut

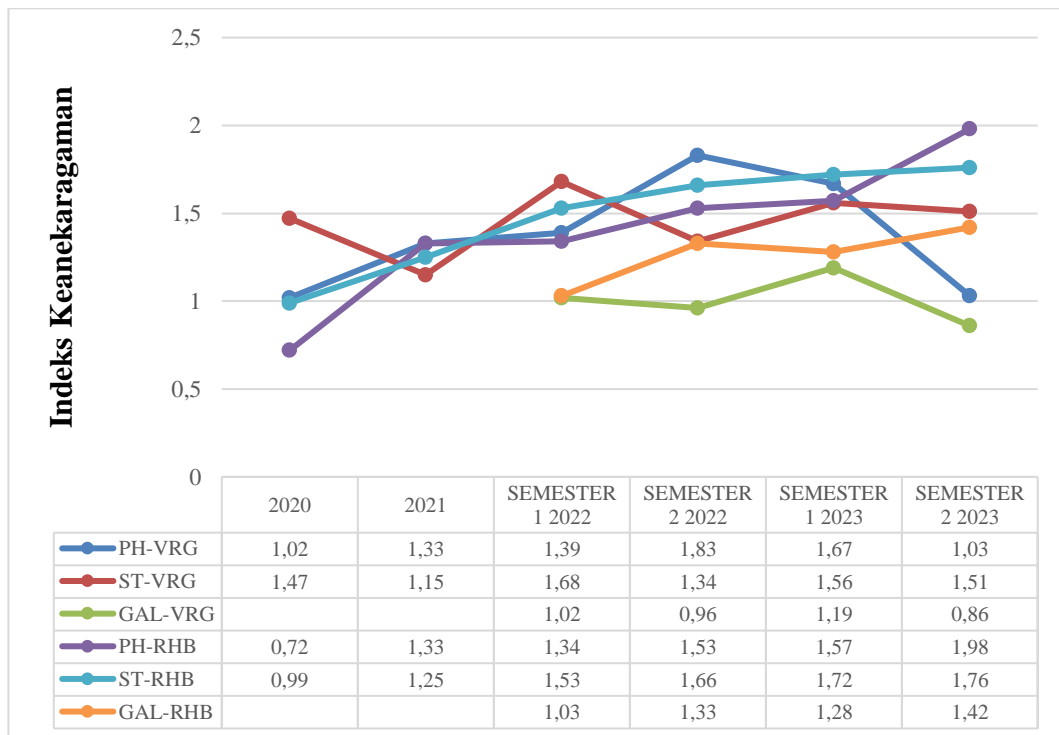
Tabel 5. 2 Komposisi jenis bentos berdasarkan periode pemantauannya.

No	Spesies	Periode Pemantauan					
		2020	2021	Semester I tahun 2022	Semester II tahun 2022	Semester I tahun 2023	Semester II tahun 2023
1	<i>Anadara</i> sp.		☑	☑	☑		
2	<i>Alpheus</i> sp.					☑	☑
3	<i>Aratus</i> sp.	☑	☑	☑	☑	☑	
4	<i>Chicoreus capucinus</i>	☑		☑	☑	☑	☑
5	<i>Clipeomorus</i> sp.	☑	☑	☑	☑	☑	☑
6	<i>Cloridopsis scorpio</i>			☑	☑		
7	<i>Euchelus</i> sp.					☑	
8	<i>Gafrarium</i> sp.	☑		☑	☑	☑	☑
9	<i>Isognomon</i> sp.					☑	☑
10	<i>Littorina melanostoma</i>			☑	☑	☑	☑
11	<i>Littorina scabra</i>	☑	☑	☑	☑	☑	☑
12	<i>Nerita costata</i>	☑	☑	☑	☑	☑	☑
13	<i>Pagurus</i> sp.	☑	☑	☑	☑	☑	☑
14	<i>Polymesoda</i> sp.	☑		☑	☑		
15	<i>Saccostrea</i> sp.	☑	☑	☑	☑	☑	☑
16	<i>Scylla</i> sp.					☑	
17	<i>Telescopium</i> sp.	☑	☑	☑	☑	☑	☑
18	<i>Terebralia</i> sp.			☑	☑	☑	
19	<i>Terebralia sulcata</i>	☑	☑	☑	☑	☑	☑
20	<i>Pitar manillae</i>	☑					
21	<i>Sphaerassiminea miniata</i>	☑					
22	<i>Parasesarma</i> sp.						☑
23	<i>Uca</i> sp.						☑

24	<i>Assimonia brevicula</i>						<input checked="" type="checkbox"/>
25	<i>Faunus eter</i>						<input checked="" type="checkbox"/>
JUMLAH		13	9	15	15	16	16

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

Perbandingan nilai indeks keanekaragaman bentos Mangrove yang diperoleh pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 ditunjukkan pada **Gambar 5.13** berikut:



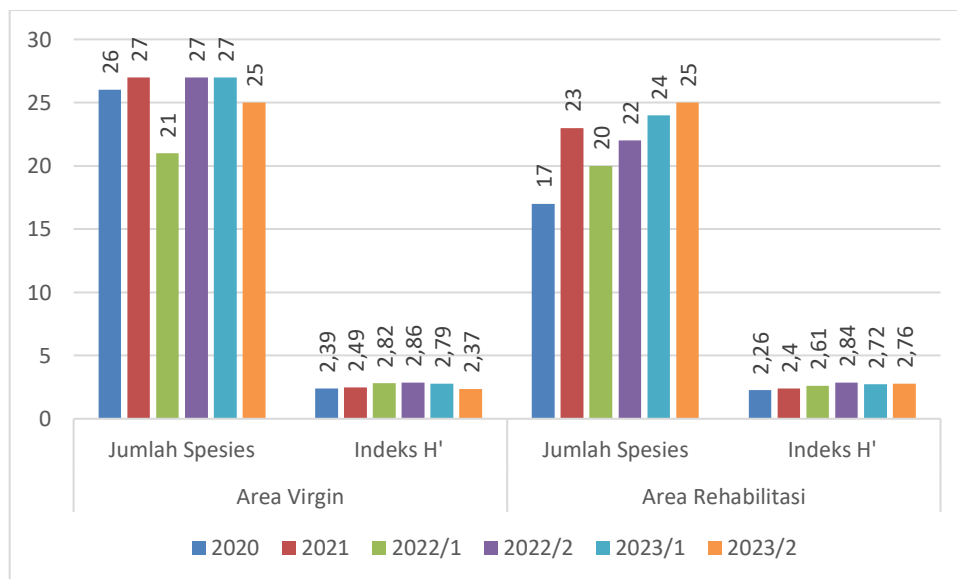
Gambar 5. 13 Grafik perbandingan indeks keanekaragaman bentos pada periode pemantauan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 di area Virgin dan Rehabilitasi Mangrove.

Hasil analisis indeks keanekaragaman pada masing-masing area pemantauan sejak tahun 2020 sampai semester II tahun 2023 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-semester II tahun 2023 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 semester II tahun 2023, makrozoobentos pada area Pantai Harapan memiliki nilai indeks keanekaragaman tertinggi di antara area rehabilitasi lainnya, yaitu sebesar 1,98. Hal ini dapat ditinjau dari jumlah jenis makrozoobentos yang ditemukan pada lokasi tersebut. Sementara, untuk area virgin, Pantai Sitado memiliki indeks tertinggi di antara rehabilitasi lainnya, yaitu sebesar 1,51.

5.4.3 Evaluasi Jumlah Jenis dan Keanekaragaman Fauna Burung Mangrove

Perbandingan jumlah spesies dan indeks keanekaragaman fauna burung di kawasan Mangrove pada pemantauan tahun 2020 hingga semester II tahun 2023 dapat dilihat pada **Gambar 5.14** Penggolongan habitat tersebut dibagi menjadi dua, yaitu area virgin dan area rehabilitasi yang mencakup dua kawasan, baik Pantai Harapan, Sitado, maupun Pesisir Galangan.



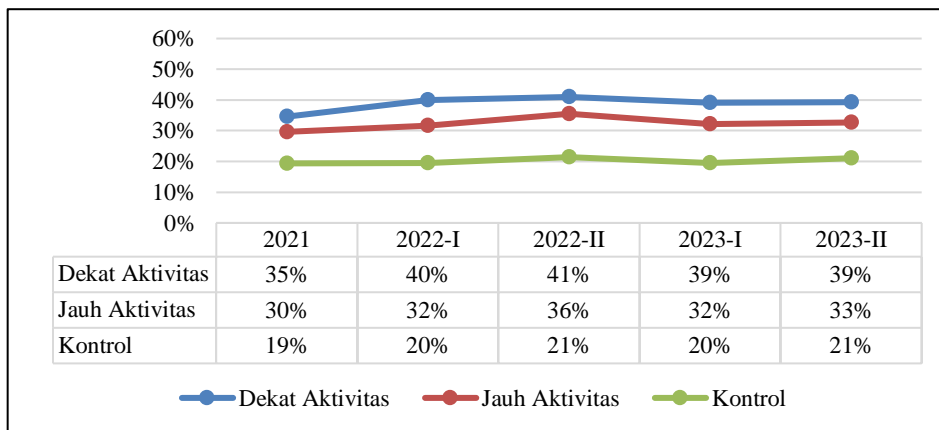
Gambar 5. 14 Grafik evaluasi perbandingan jumlah spesies fauna burung pada pemantauan tahun 2020 hingga semester II tahun 2023 di kawasan Mangrove.

5.5 Biota Laut

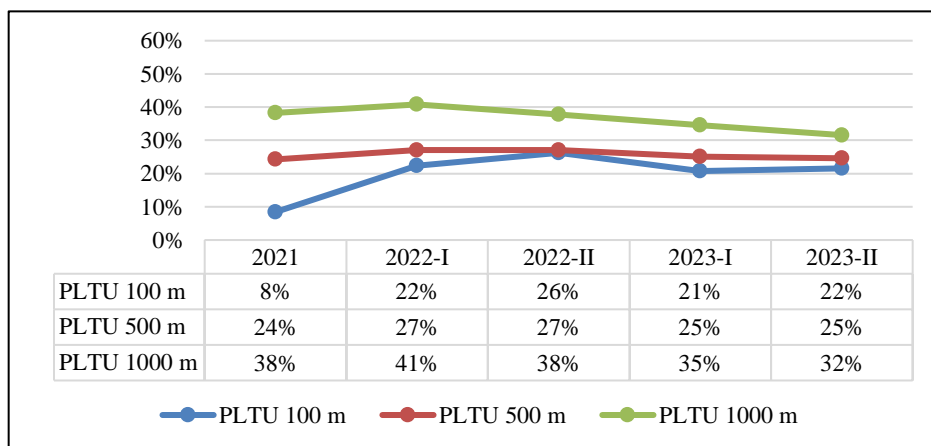
5.5.1 Evaluasi Perbandingan Substrat Karang

Evaluasi kondisi terumbu karang di seluruh area pemantauan dinilai berdasarkan perkembangan tutupan karang hidupnya dengan melihat data series

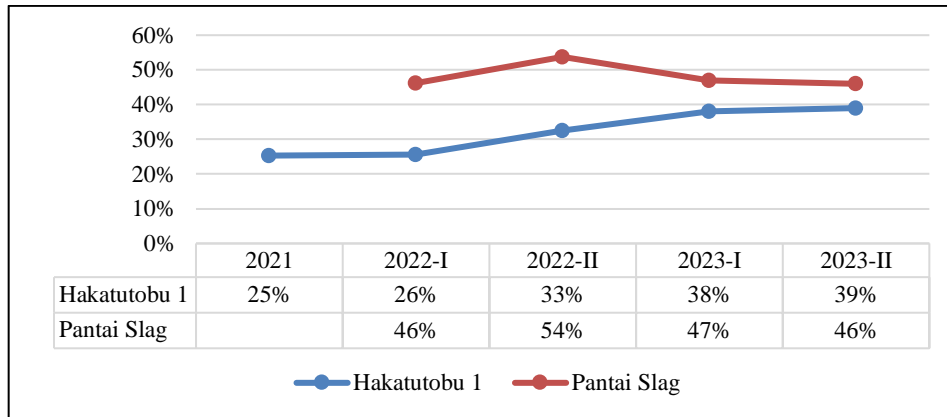
dari tahun 2021 hingga periode pemantauan semester II tahun 2023. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa terjadi peningkatan persentase tutupan karang hampir di seluruh lokasi pemantauan, penurunan tutupan karang keras hanya terjadi pada area pemantauan PLTU AL 1000 meter dari data pemantauan semester I tahun 2023 (35% menjadi 32%). Penurunan kondisi terumbu karang pada periode pemantauan semester II tahun 2023 tidak lepas dari dampak akibat faktor penangkapan ikan tidak ramah lingkungan seperti bom masih dijumpai dengan adanya kawah baru yang dijumpai pada semester ini. Kebiasaan masyarakat yang merusak karang merupakan faktor utama yang menyebabkan terumbu karang di perairan pomala rentan terhadap kerusakan. Berikut grafik di seluruh area pemantauan.



Gambar 5. 15 Data evaluasi tutupan karang area pemantauan Aktivitas Antam dan Kontrol.



Gambar 5. 16 Data evaluasi tutupan karang pemantauan PLTU.



Gambar 5. 17 Data evaluasi tutupan karang area Rehabilitasi.

Kondisi tutupan karang (*coral cover*) pada area rehabilitasi mengalami peningkatan dari hasil pemantauan semester I tahun 2023, hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya yaitu kurangnya gangguan antropologi karena lokasinya yang jauh dari bibir pantai dan aktivitas tambang. Berbeda dengan area rehabilitasi pantai slag yang justru mengalami penurunan akibat tingginya *recent killed coral* (RKC) akibat *bleaching* yang terjadi. Hal ini perlu menjadi perhatian dalam usaha rehabilitasi yang dilakukan, utamanya letak media transplantasi yang menjadi salah satu faktor keberhasilan rehabilitasi.

Substrat *Sponge* (SP) merupakan salah satu bioindikator pencemaran yang dapat mengindikasikan bahwa suatu lokasi limbah domestik yang mengandung nutrisi dan bakteri (Hadi, 2018). Adapun jenis sponge dengan ukuran besar yang dijumpai di lokasi pemantauan Pomala 1 adalah *Xestospongia testudinaria* (**Gambar 5.18**).

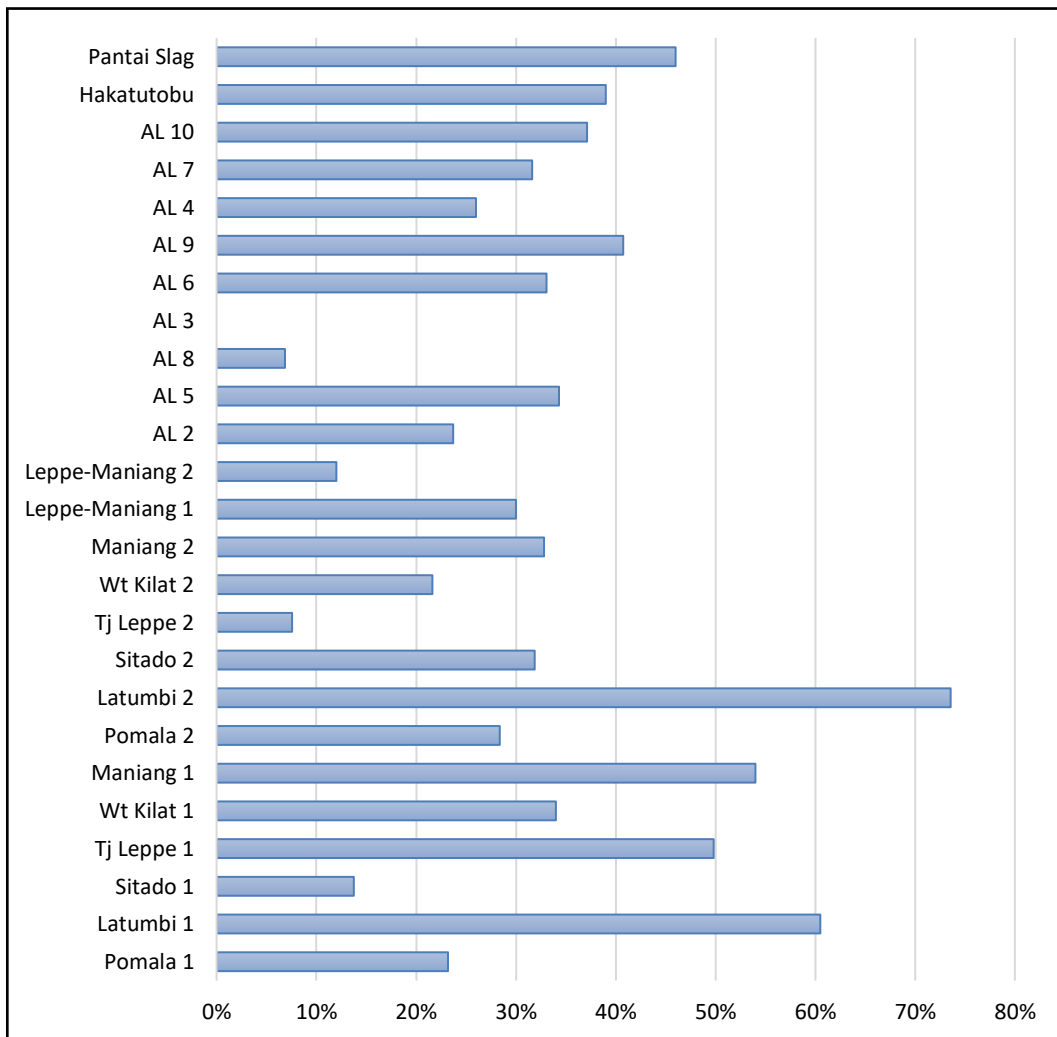
Letak stasiun yang jauh dari daratan menjadi salah satu faktor tingginya gangguan antropogenik pada lokasi tersebut. Adanya gangguan dari kegiatan yang ada di laut ditandai dengan putus atau bahkan hilangnya tali transek permanen yang menjadi penanda pada areal tersebut.



Gambar 5. 18 *Sponge (SP)* ukuran besar jenis *Xestospongia testudinaria* yang dijumpai di lokasi pemantauan Pomala 1.

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.

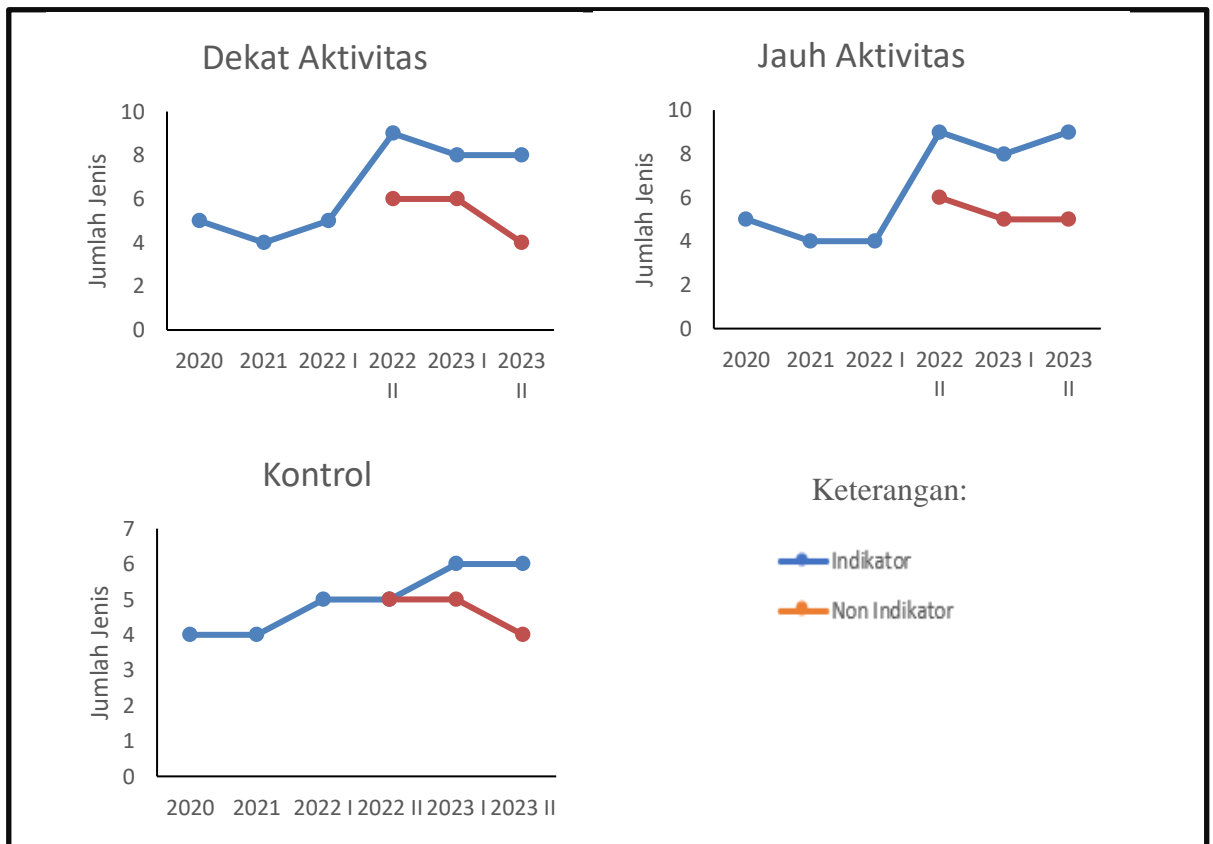
Berdasarkan tutupan *Hard coral* yang terdapat pada masing-masing lokasi pemantauan, stasiun lokasi ini 1 dan lokasi ini 2 masih merupakan lokasi dengan persentase karang tertinggi dari seluruh lokasi pemantauan, sedangkan AL 8 dan Tg leppe 2 merupakan lokasi dengan tutupan karang terendah.



Gambar 5. 19 Persentase tutupan karang di seluruh stasiun pemantauan

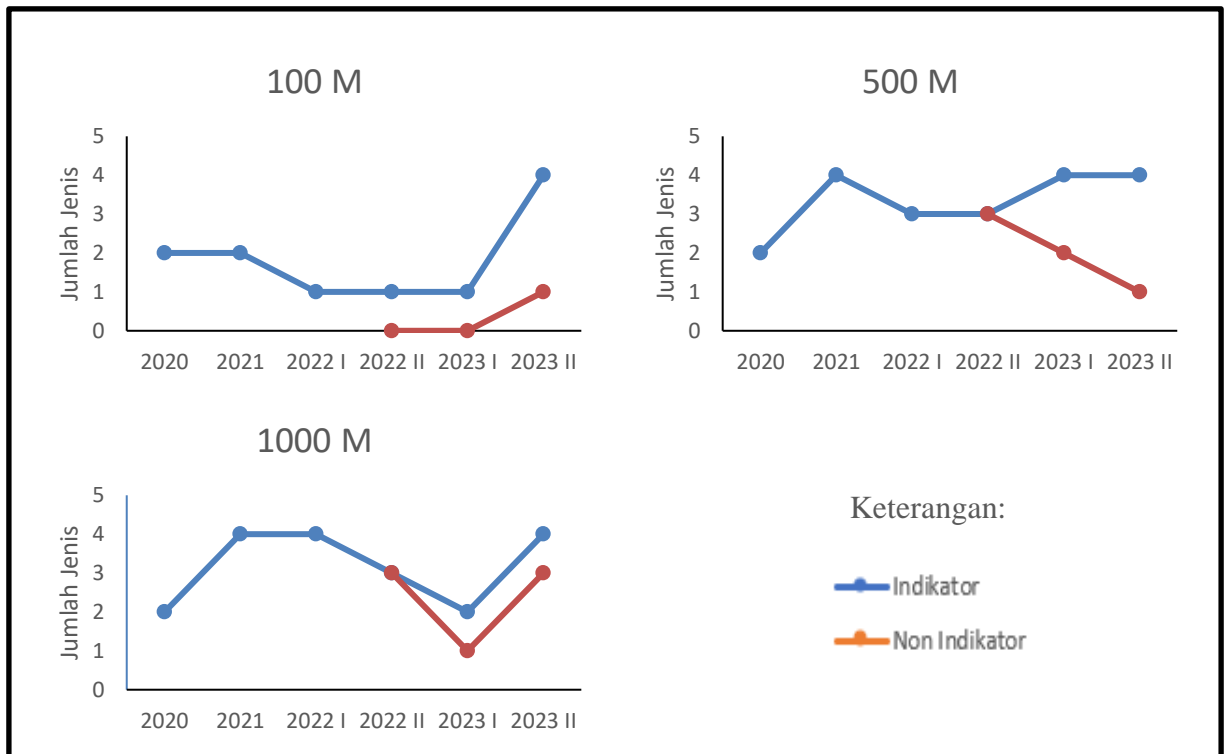
5.5.2 Evaluasi Perbandingan Spesies Invertebrata

Data evaluasi perbandingan perjumpaan setiap spesies invertebrata disajikan berdasarkan hasil pemantauan selama tahun 2020 hingga akhir tahun 2023. Hasil dari data perbandingan evaluasi ini bertujuan untuk menampilkan kondisi setiap jenis-jenis spesies invertebrata yang hidup di ekosistem terumbu karang di area perairan sekitar wilayah PT Antam UBPN Kolaka. Sejak pemantauan semester II tahun 2022, data evaluasi invertebrata juga menyajikan jenis-jenis invertebrata non indikator yang dijumpai.



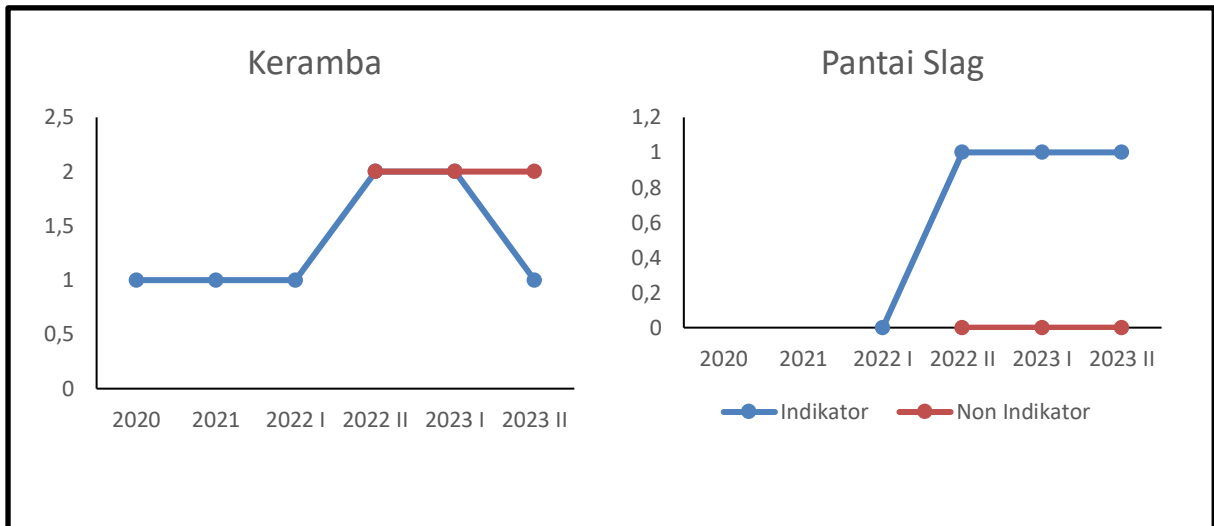
Gambar 5. 20 Histogram perbandingan jumlah jenis invertebrata indikator di area sekitar aktivitas Antam pada tahun 2020, 2021,2022 dan 2023.

Berdasarkan data hasil pemantauan selama lima periode pemantauan dari tahun 2020 hingga semester II tahun 2023, terdapat tren peningkatan pada data jumlah jenis invertebrata indikator *reef check* terutama pada area pemantauan Dekat dan Jauh Aktivitas seperti disajikan pada **Gambar 5.20**. Jumlah jenis tertinggi pada masing-masing area pemantauan dijumpai pada pemantauan semester II tahun 2022. Sementara itu invertebrata jenis non indikator *reef check* menunjukkan nilai yang menurun pada pemantauan semester II tahun 2023.



Gambar 5. 21 Histogram Perbandingan Jumlah Jenis Invertebrata di Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada Tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023.

Berdasarkan hasil pemantauan dari tahun 2020 hingga semester II tahun 2023 seperti disajikan pada **Gambar 5.21** jumlah jenis invertebrata indikator reef check pada area pemantauan di perairan sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menunjukkan nilai yang mengalami peningkatan. Hasil pemantauan pada semester II tahun 2023 menunjukkan peningkatan jumlah jenis yang didapati dibandingkan pada periode pemantauan sebelumnya. Sementara itu, data invertebrata non indikator reef check di ketiga area menunjukkan mengalami penurunan dari pemantauan sebelumnya, namun terdapat peningkatan 100 M dan 1000 M pada pemantauan semester II tahun 2023.



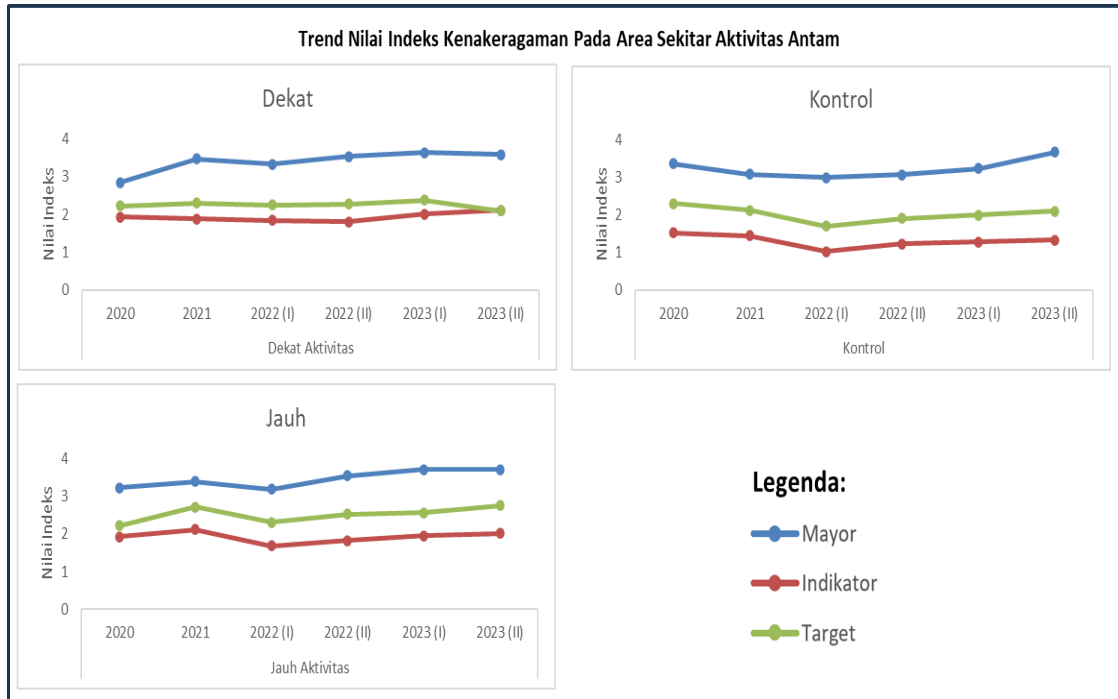
Gambar 5. 22 Histogram Perbandingan Jumlah Jenis Indikator di Area Rehabilitasi pada Tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023.

Berdasarkan hasil pemantauan pada area rehabilitasi dari tahun 2020 sampai semester II tahun 2023 menunjukkan grafik jumlah jenis indikator yang sama dalam setiap periode pemantauan. Jenis invertebrata indikator pada area Keramba menunjukkan penurunan pada semester II tahun 2023 dibandingkan hasil sebelumnya yang menunjukkan grafik yang stabil. Sedangkan untuk area rehabilitasi pantai slag menunjukkan tren yang sama pada setiap pemantauan untuk invertebrata indikator dan non indikator.

5.5.3 Evaluasi Perbandingan Keanekaragaman dan Kelimpahan Ikan Karang

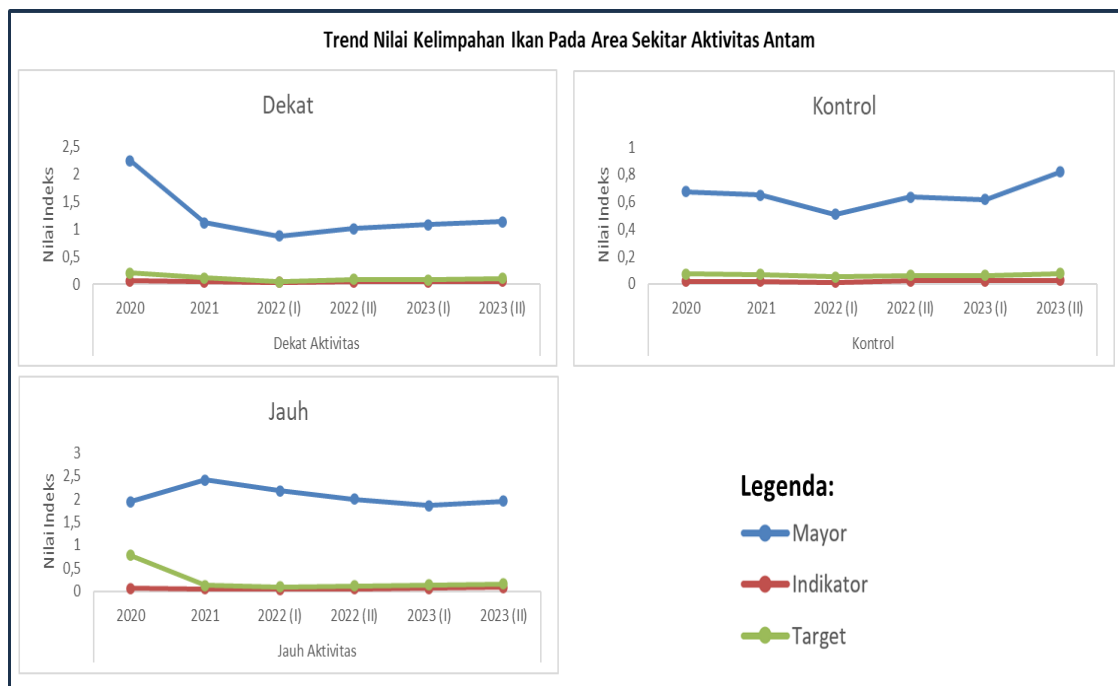
Secara luas, kehadiran jenis-jenis ikan karang merupakan indikator alami atau biologis bagaimana menilai (kualitas pencemaran dan ketersediaan nutrisi) suatu ekosistem terumbu karang beserta lingkungannya. Kondisi ekosistem terumbu karang yang tinggi akan pencemaran akan mempengaruhi kehidupan dan struktur komunitas ikan karang. Berdasarkan hasil pemantauan yang telah dilakukan di area PT Antam Tbk dari tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 diperoleh nilai indeks keanekaragaman Shannon-wiener dan nilai kelimpahan ikan berdasarkan kelompok lokasi Area Aktivitas, Area PLTU AL dan Area Rehabilitasi. Pada area Aktivitas yaitu area dekat aktivitas, terjadi peningkatan nilai keanekaragaman dari tiap pemantauan kecuali pada pemantauan terakhir yang mengalami sedikit penurunan pada kelompok ikan mayor, hal ini bisa jadi

disebabkan beberapa gangguan yang terjadi pada beberapa lokasi dekat aktivitas Antam. Berbeda dengan kondisi jauh dan kondisi rehabilitasi yang menunjukkan tren peningkatan nilai keanekaragaman baik pada kelompok ikan mayor, indikator maupun target (**Gambar 5.23**).



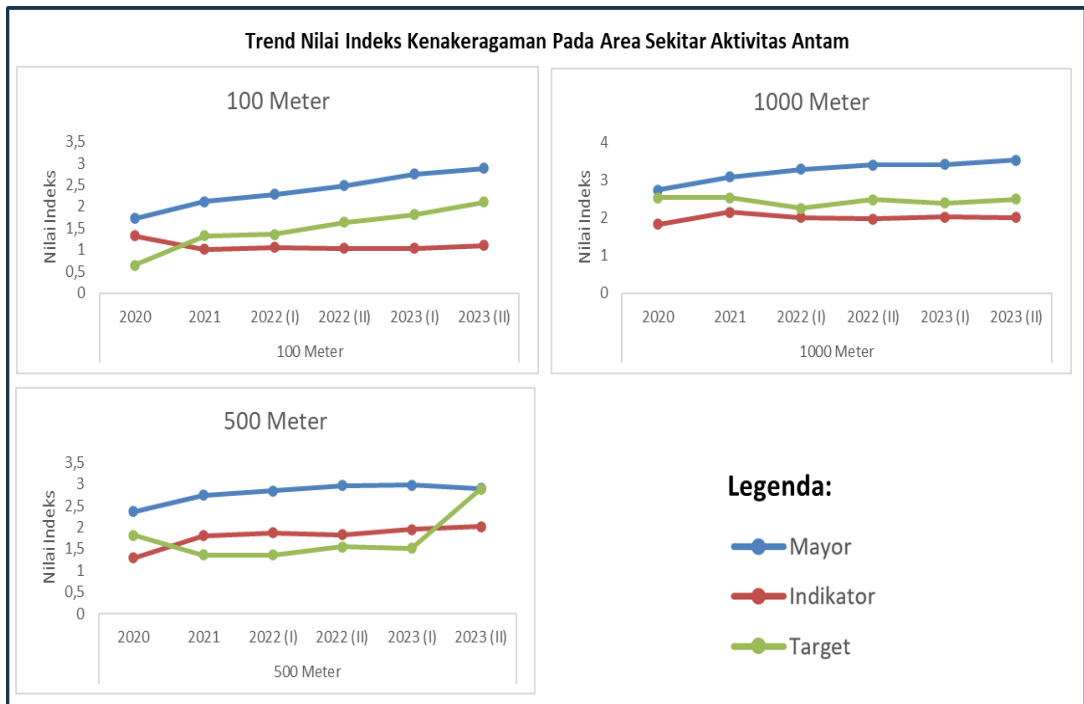
Gambar 5. 23 Grafik perbandingan nilai keanekaragaman dari Tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023

Kelimpahan ikan pada area aktivitas Antam juga menampilkan tren yang baik dengan terjadinya peningkatan jumlah dari setiap pemantauan di semua kelompok area pemantauan (**Gambar 5.24**). 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 dan semester II tahun 2023. Sementara untuk area jauh aktivitas Antam mengalami kenaikan pada tahun 2021 dan turun hingga semester I tahun 2023 lalu meningkat lagi pada semester II tahun 2023. Kelompok ikan yang sangat labil atau mudah mengalami perubahan yaitu kelompok ikan mayor. Perubahan ini terjadi hampir di semua area pemantauan.



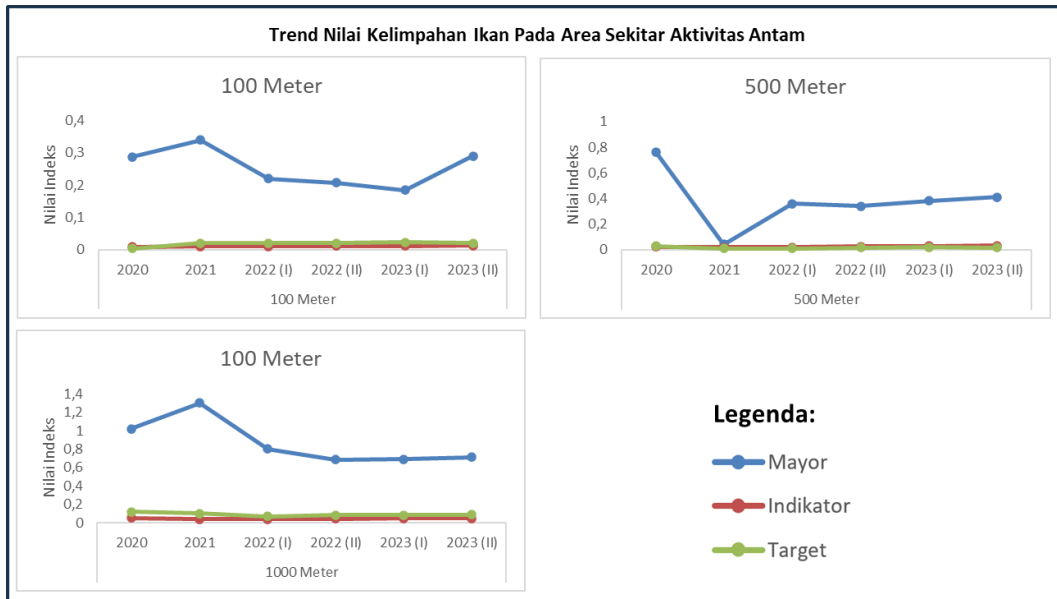
Gambar 5. 24 Grafik nilai kelimpahan ikan di sekitar aktivitas Antam tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023.

Hasil perbandingan nilai keanekaragaman ikan di area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020 hingga semester II tahun 2023 ditunjukkan pada **Gambar 5.25**. Berdasarkan grafik tersebut keanekaragaman ikan di area PLTU 100 meter menunjukkan grafik yang semakin baik (naik) untuk kategori ikan mayor dan ikan target maupun ikan indikator, sementara ikan indikator mengalami penurunan nilai keanekaragaman pada tahun 2021. Pada area PLTU 500 meter menunjukkan kenaikan pada tahun 2022 meskipun untuk kategori ikan indikator yang mengalami penurunan nilai keanekaragaman pada tahun 2021. Penurunan juga terjadi pada kelompok ikan mayor dari pemantauan semester I tahun 2023 ke pemantauan semester II tahun 2023. 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. Kemudian meningkat kembali pada pemantauan terakhir (semester II tahun 2023).



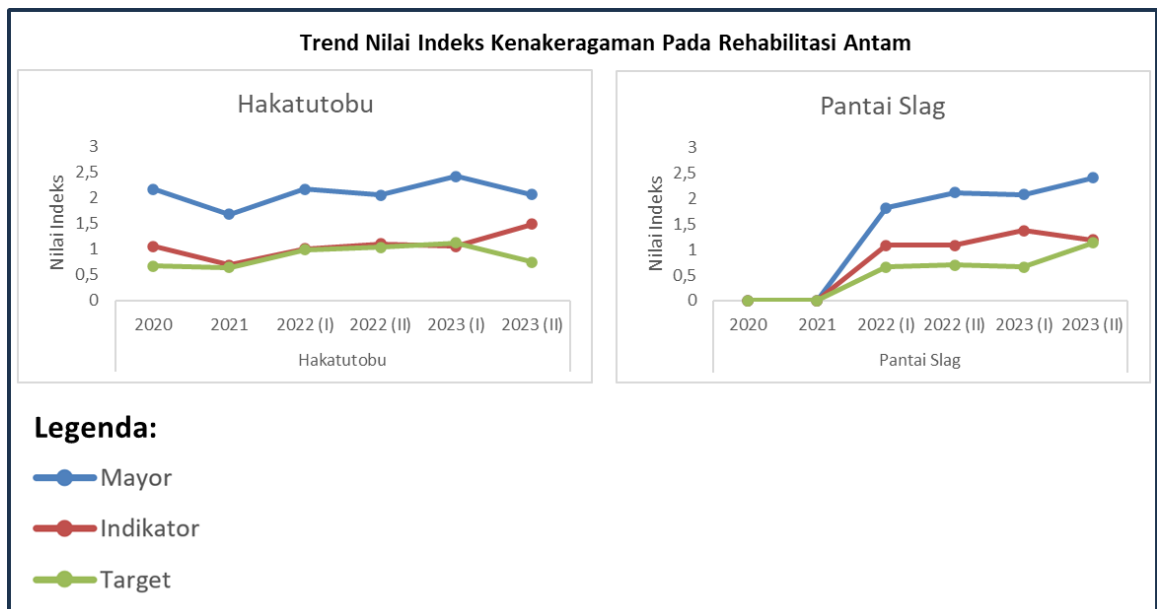
Gambar 5.25 Tren evaluasi nilai indeks keanekaragaman ikan pada area PLTU AL Tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023.

Nilai kelimpahan ikan juga mengalami perubahan pada area PLTU baik pada jarak 100 meter, 500 meter, dan 1000 meter. 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 AL. Namun pada pemantauan semester II tahun 2023 menampilkan tren yang baik dengan peningkatan kelimpahan pada semua area PLTU AL utamanya pada kategori ikan mayor (**Gambar 5.26**).



Gambar 5. 26 Tren evaluasi nilai kelimpahan ikan pada area PLTU AL Tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023.

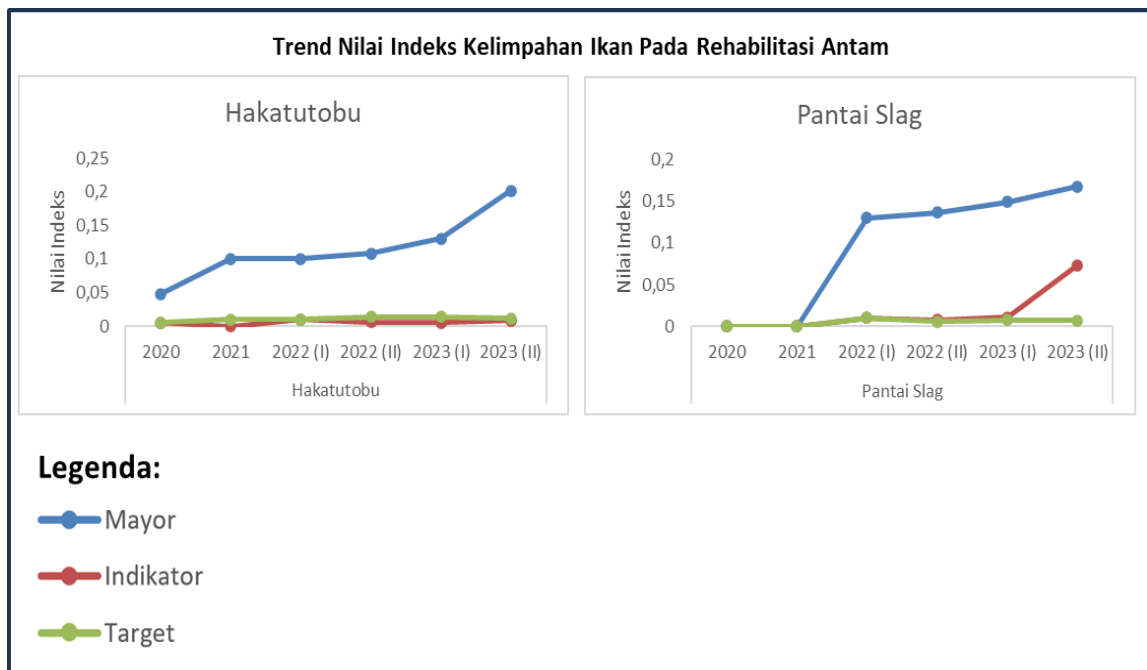
Hasil perbandingan data keanekaragaman dan kelimpahan ikan di area Rehabilitasi pada tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 ditunjukkan pada **Gambar 5.26**. Berdasarkan grafik tersebut keanekaragaman ikan untuk semua kategori mengalami kenaikan hingga semester II tahun 2023 di area Keramba Hakatutobu. Penurunan terjadi pada kelompok ikan mayor dan ikan target.



Gambar 5. 27 Grafik Tren evaluasi nilai indeks keanekaragaman ikan pada area Rehabilitasi Tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023

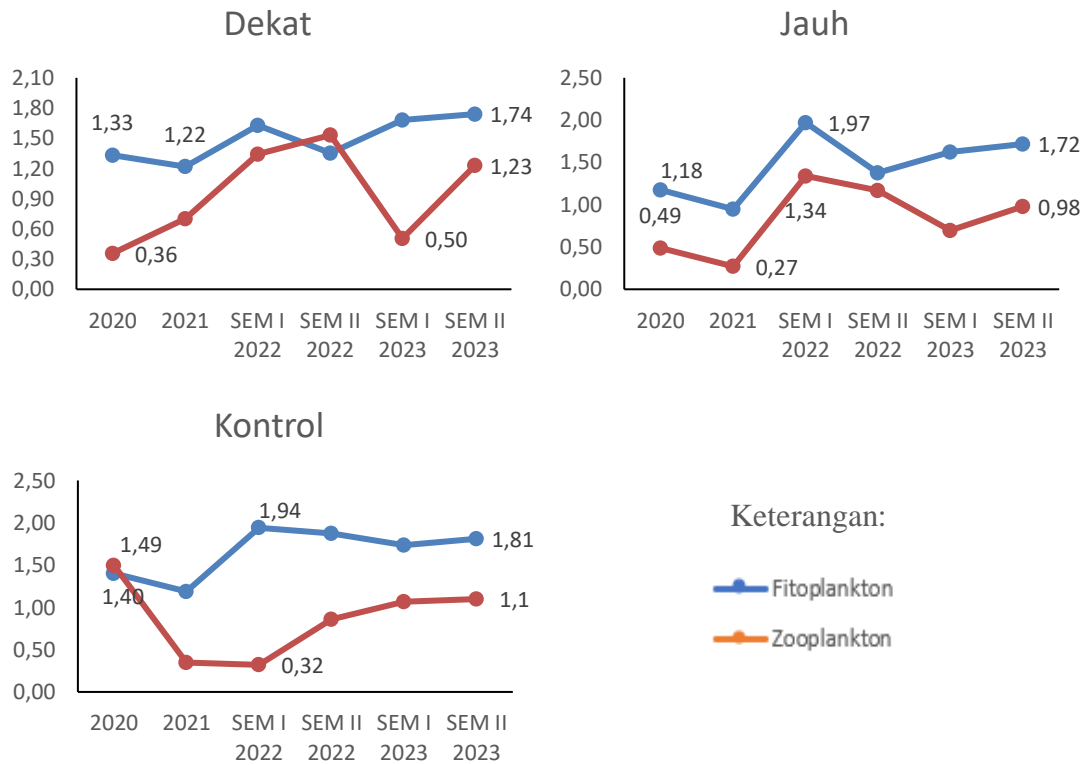
Salah satu hal yang bisa menjadi faktor utama terjadinya penurunan nilai keanekaragaman pada semester II tahun 2023 ini adalah terjadinya penurunan persentase tutupan karang pada area ini. Sedangkan pada area Pantai Slag, penurunan hanya terjadi pada kelompok ikan indikator dan diasumsikan penurunan ini terjadi akibat tingginya pemutihan karang pada area rehabilitasi Pantai Slag, karena mengingat sifat dari ikan indikator yang sangat dipengaruhi oleh kondisi tutupan terumbu karang di sekitarnya.

Nilai kelimpahan ikan pada area Rehabilitasi juga mengalami perubahan pada area Hakatutobu dan Pantai Slag. Secara umum pada area tersebut menunjukkan nilai kelimpahan yang terus memberikan tren yang meningkat, utamanya pada kelompok ikan mayor dan ikan indikator. Sementara untuk kelompok ikan target terjadi peningkatan yang signifikan di kedua area rehabilitasi (**Gambar 5.28**).



Gambar 5. 28 Tren nilai kelimpahan ikan pada area Rehabilitasi tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023.

5.5.4 Evaluasi Keanekaragaman dan kelimpahan plankton laut

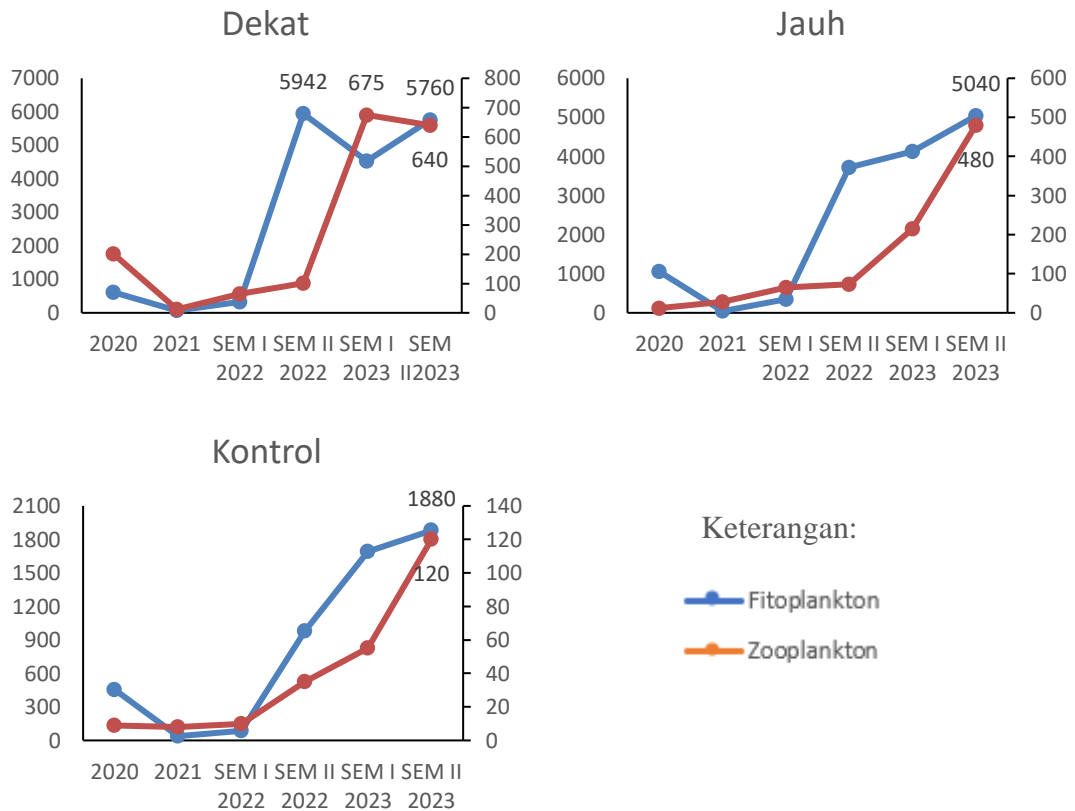


Gambar 5. 29 Evaluasi Nilai Keanekaragaman Plankton Laut di Area Sekitar Aktivitas PT Antam UBPN Kolaka Tahun 2020 - semester II tahun 2023.

Selama periode pemantauan dari tahun 2020 hingga semester II tahun 2023 di perairan sekitar aktivitas PT Antam UBPN Kolaka, terdapat variasi nilai keanekaragaman plankton yang cukup signifikan, namun secara umum, nilai-nilai ini berada dalam kategori keanekaragaman yang sedang. Selama enam periode pemantauan area dekat aktivitas, puncak nilai keanekaragaman fitoplankton terjadi pada semester II tahun 2023. Sedangkan pada area jauh aktivitas dan area kontrol menunjukkan puncak nilai keanekaragaman fitoplankton terjadi pada semester II tahun 2022. 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.

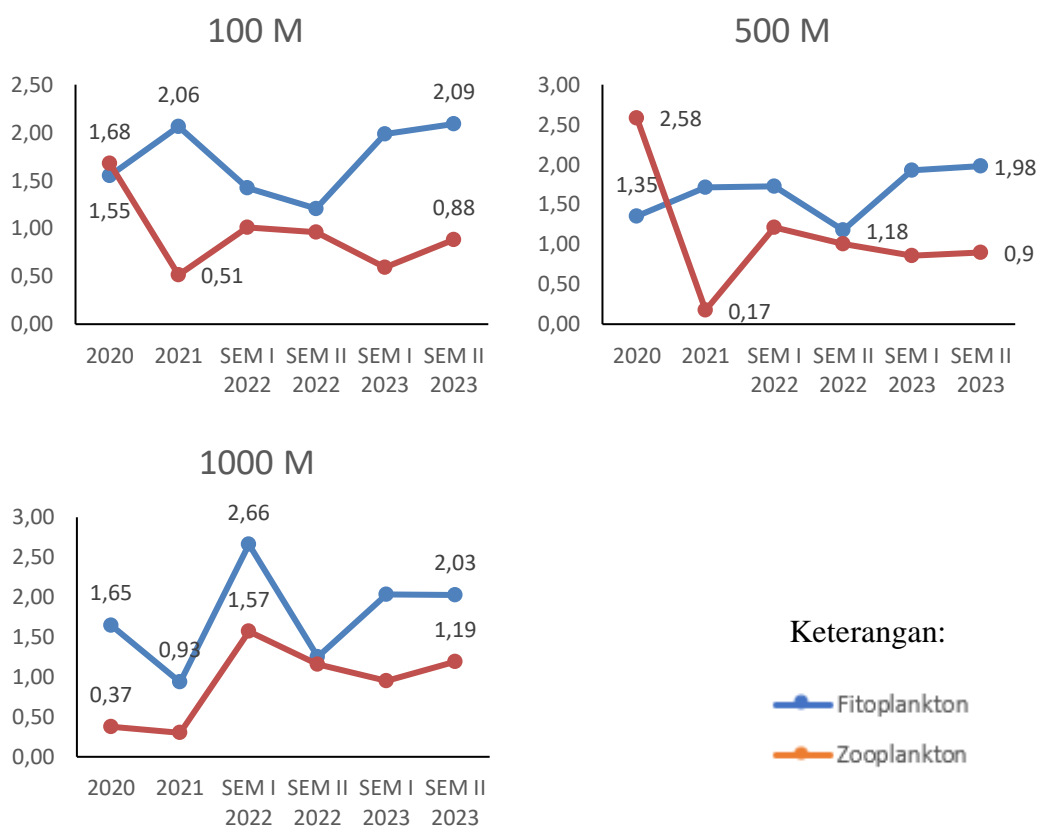
Selanjutnya, dalam rentang waktu pemantauan dari tahun 2020 hingga tahun 2021, terjadi penurunan nilai keanekaragaman zooplankton di area kontrol hingga mencapai titik terendah, dan akhirnya meningkat kembali pada pemantauan

terakhir. Perbandingan nilai keanekaragaman zooplankton pada semester I dan semester II tahun 2023 menunjukkan adanya peningkatan setelah sebelumnya mengalami penurunan pada pemantauan sebelumnya.



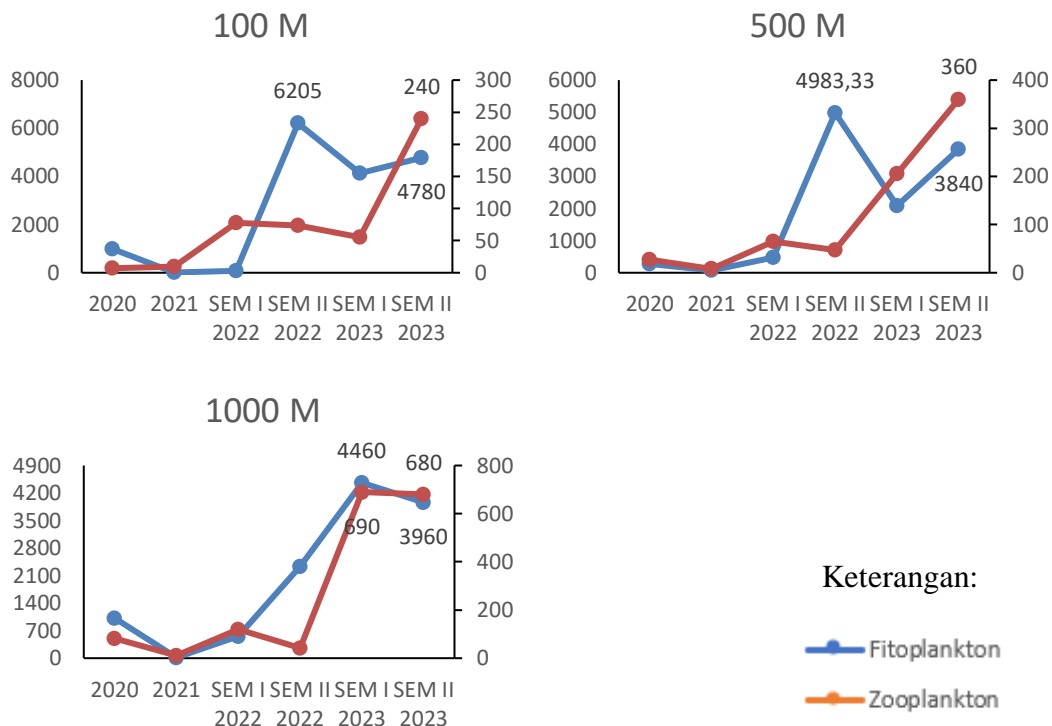
Gambar 5.30 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar aktivitas PT Antam UBPN Kolaka tahun 2020 - semester II tahun 2023.

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 pendataan pada tahun 2020. Tingkat kelimpahan tertinggi tercatat pada pemantauan semester II 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 beberapa periode pemantauan.



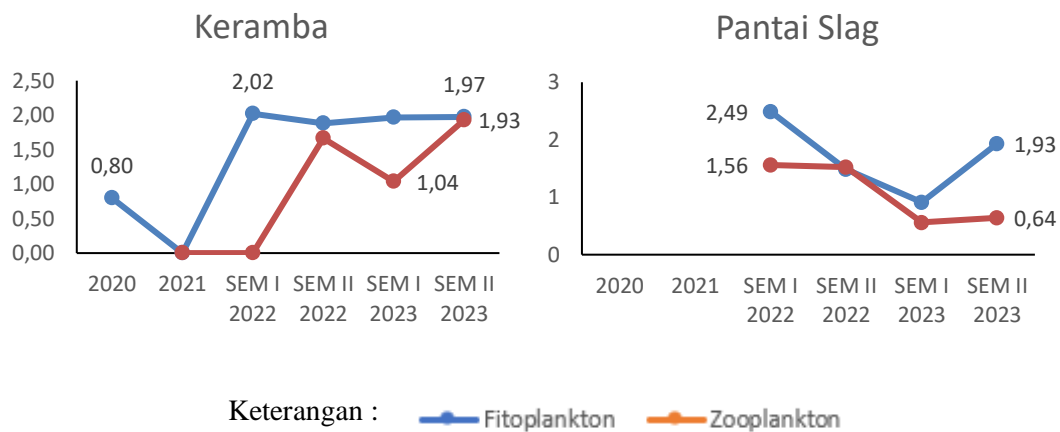
Gambar 5. 31 Evaluasi Nilai Keanekaragaman Plankton Laut di Area PLTU PT Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-semester II tahun 2023.

Berdasarkan perbandingan data keanekaragaman plankton di perairan laut di sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 5.31**, terlihat bahwa nilai keanekaragaman fitoplankton mengalami fluktuasi dari periode pemantauan tahun 2020 hingga tahun 2023. Di sisi lain, nilai keanekaragaman zooplankton mengalami penurunan dalam periode yang sama namun mengalami peningkatan pada pemantauan semester II tahun 2023. 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. 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.



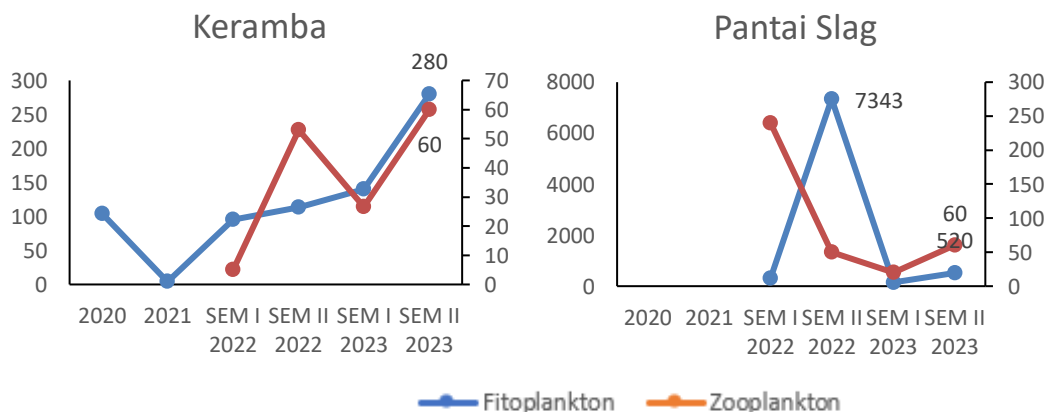
Gambar 5.32 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar PLTU PT Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-semester II tahun 2023.

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 pada area 100 M dan jarak 500 M, adapun area 1000 M menunjukkan nilai kelimpahan tertinggi pada semester II tahun 2023. 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 nilai kelimpahan plankton. Selain itu, terdapat pola yang serupa antara grafik di lokasi 100M dan 500M, yang menunjukkan bahwa kondisi perairan di kedua lokasi tersebut juga hampir serupa.



Gambar 5. 33 Evaluasi Keanekaragaman Plankton Laut di area sekitar Rehabilitasi PT Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-semester II tahun 2023.

Tren nilai keanekaragaman plankton di area keramba dan pantai slag menunjukkan arah yang berlawanan. Grafik keanekaragaman di area keramba mengalami peningkatan, terutama sejak tahun 2022. Sementara itu, di pantai slag, nilai keanekaragaman plankton mengalami penurunan sejak awal pemantauan pada semester II tahun 2022 (**Gambar 5.33**). Selain itu, jumlah kelimpahan plankton juga menunjukkan perbedaan antara kedua area perairan tersebut. Jumlah plankton mengalami peningkatan di area keramba untuk fitoplankton begitu pun untuk pada zooplankton yang mengalami peningkatan dari pengamatan semester II tahun 2023. 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 tahun 2022 menjadi 20 individu per liter pada pemantauan semester I tahun 2023 dan kembali meningkat pada semester II tahun 2023 dengan nilai 520 (**Gambar 5.34**).



Gambar 5. 34 Evaluasi Kelimpahan Plankton Laut di area sekitar Rehabilitasi PT Antam UBPN Kolaka Tahun 2020-semester II tahun 2023.

BAB 6

REKOMENDASI

6.1 Rekomendasi untuk Lingkungan Darat

Hasil pemantauan flora dan fauna di wilayah pertambangan PT Antam, Tbk. Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka menunjukkan bahwa perusahaan telah menerapkan pengelolaan lingkungan yang baik sesuai dengan Peraturan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara serta Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2018 tentang penerapan prinsip pemantauan dan eksploitasi yang baik. pertambangan mineral dan batubara.

Dari hasil pemantauan flora darat di lingkungan PT Antam Tbk pada semester II tahun 2023, dapat dilihat bahwa beberapa jenis tumbuhan yang khas dan mendominasi wilayah UBPN Kolaka telah diidentifikasi. Data dari daftar merah IUCN menunjukkan bahwa terdapat sembilan jenis tumbuhan dengan status LC (Least Concern), antara lain 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. Selain itu, terdapat satu jenis tumbuhan dengan status VU (Vulnerable), yaitu *Knema celebica* de Wilde. Tiga jenis tumbuhan tersebut memiliki sifat endemik di Sulawesi, yaitu *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, satu jenis tumbuhan dilindungi, yaitu Kantong semar *Nepenthes* sp., dan termasuk dalam Appendix II berdasarkan peraturan perdagangan internasional CITES.

Hasil pemantauan flora daratan di wilayah PT Antam, Tbk. menunjukkan variasi dalam pertumbuhan tanaman di 12 area, yang dibedakan berdasarkan kondisi ekosistemnya. Komposisi jenis tanaman dan persentase tutupan tanah

berbeda-beda di setiap area, tergantung pada tahun penanamannya. Misalnya, persentase tutupan tanah pada tahun revegetasi 2015 sebesar 54,6%, sementara pada tahun revegetasi 2022 mencapai 90,18%. Di Pulau Maniang, proses reklamasi atau revegetasi telah dimulai pada tahun 2022 dengan tutupan tanah mencapai 70,0%. Data tersebut menunjukkan bahwa seiring berjalannya waktu dalam proses reklamasi, persentase tanaman penutup tanah menurun, tetapi akan kembali meningkat seiring dengan pertumbuhan dan penanaman tanaman yang lebih lama serta tersedianya kebutuhan tanaman di area tersebut. Perubahan ini merupakan bagian normal dari proses suksesi ekosistem yang telah mengalami gangguan dan pertumbuhan. Nilai ini dapat dibandingkan dengan persentase penutupan pada ekosistem alami di sekitar lokasi, yang memiliki rata-rata nilai persentase tanaman penutup tanah sebesar 45,12%. Perubahan dalam persentase penutupan ini juga dipengaruhi oleh karakteristik vegetasi seperti pohon, tiang, pancang, dan semai di area reklamasi, baik oleh tanaman yang ditanam secara sengaja sebagai bagian dari reklamasi maupun oleh tanaman yang tumbuh secara alami. Evaluasi data yang tinggi juga menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman pada karakteristik vegetasi tiang hampir mencapai keserupaan dengan tanaman pada karakteristik vegetasi pohon. Hal ini juga memengaruhi penurunan persentase tanaman penutup tanah karena kanopi yang luas dan jumlah serasah daun yang menutupi permukaan tanah, sehingga menyulitkan pertumbuhan tanaman di bawahnya.

Berdasarkan pemantauan fauna darat yang terdapat di wilayah pertambangan, fauna yang tercatat terdiri dari kelas Aves, Mamalia, dan Reptilia. Dari total 60 jenis fauna burung yang dijumpai, terdapat sepuluh jenis yang dilindungi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, Jenis yang dilindungi tersebut yaitu **Gajahan Eurasia** *Numenius Arquata*, **Dara Laut Kecil** *Sternula albifrons*, **Serindit Sulawesi** *Loriculus stigmatus*, **Burung Madu Sepah Raja** *Cacomantis merulinus*, **Kangkareng Sulawesi** *Rhabdotorrhinus exarhatus*, **Baza Jerdon** *Aviceda jerdoni*, **Perkici Pelangi** *Trichoglossus haematodus*, **Elang Bondol** *Heliastur indus*, **Elang Ular Sulawesi** *Spilornis rufipectus*, **Elang Alap Ekor** **Total** *Accipeter trinitatus*. . Kesembilan jenis burung tersebut dalam peraturan

perdagangan internasional masuk ke dalam kategori Appendix II dengan regulasi dapat diperdagangkan dengan peraturan tertentu.

Selain itu, terdapat sepuluh jenis 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*, Elang Ular Sulawesi *Spilornis rufipectus*, dan Kadalan Sulawesi *Rhamphococcyx calyorhynchus*, Elang Alap Ekor-Totol *Accipeter trinitatus*.

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.

Berdasarkan hasil pemantauan flora dan fauna pada semester II tahun 2023 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk. UBPB 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 ditanaman 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 risiko 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 II tahun 2023 di sekitar PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka, dimana hasil yang diperoleh menunjukkan keanekaragaman plankton memiliki indeks keanekaragaman rendah, 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 Oke-oke (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 II tahun 2023 di sekitar PT Antam Tbk (UBPN) Kolaka, terdapat tiga spesies (19.04%) burung yang dilindungi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, dan tiga spesies (19.04%) burung yang merupakan burung endemik Sulawesi. 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 Gajahan penggala (*Numenius phaeopus*) yang merupakan burung dilindungi.

Berdasarkan hasil pemantauan flora dan fauna semester II tahun 2023 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

Upaya Pelestarian keanekaragaman hayati di areal pertambangan oleh PT Antam, Tbk. Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Kolaka merupakan suatu komitmen dari perusahaan sesuai arahan dari dokumen lingkungan yang dimilikinya. Pemantauan flora dan fauna dilakukan untuk melakukan evaluasi keberhasilan dari upaya 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 dan pengelolaannya, serta mengetahui kondisi terkini flora dan fauna di darat maupun biota di perairan sungai dan laut yang berada di areal 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 dan fauna semester II pada 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 dan fauna yang telah dilakukan ini menunjukkan salah satu bagian ketaatan dalam melakukan kaidah pertambangan yang baik sesuai dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara serta berdasarkan 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.
- Abhijna UG, Ratheesh R, Kumar AB. 2013. Distribution and diversity of aquatic insects of Vellayani Lake in Kerala. *J Env Biol*. 34:605-611
- Adrim, M., S.A. Harahap, dan K. Wibowo. 2012. Struktur komunitas ikan karang di perairan Kendari. *Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI*. 17 (3):154-163.
- Akutsu K, Khen CV, Toda MJ. 2007. Assessment of Higher Insect Taxa as Bioindicators for Different Logging Disturbance Regimes in Lowland Tropical Rain Forest 26 in Sabah, Malaysia. *Ecol Res* 22: 542–550
- 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.
- Alonso LE, Agosti D. 2000. Biodiversity studies, monitoring, and Ant: an Overview. Di dalam: Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR, editor. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Washington (US): Smithsonian Institution Press.
- Amu Blegur, W., Binsasi, R., Bere, R., 2023. Struktur Vegetasi Mangrove dan Fekunditas *Rhizophora apiculata* Di Pesisir Atapupu Kabupaten Belu. *J. Biol. Indones*. 19, 25–34
- Angelia, D. 2019. Keanekaragaman dan Kelimpahan Makro zoobentos 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
- Bagus Made Baskara Andika, I., 2023. Analisis Vegetasi Mangrove di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *J. Sos. Dan Sains* 3, 450–458.
- Bai'un, N. H., Riyantini, I., Mulyani, Y., & Zallesa, S. 2021. Keanekaragaman Makro zoobentos Sebagai Indikator Kondisi Perairan Di Ekosistem Mangrove Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*. 5(2). 227-238.
- Barman A, Baruah BK. 2015. Macrophyte preference and aquatic entomofaunal diversity of Kapla Beel, A freshwater wetland of Barpeta District of Assam, India. *AJST*. 6(3):1205-1210.
- Barkia, H., Barkia A., Yacoubi, R., Guamri, Y. E., Tahiri, M., Kharrim, K. E. 2014. Distribution of fresh-water mollusksof the Gharb area (Morocco). *Environments*. 1: 4-13.
- Bashir, I., Lone, F.A., Bhat, R.A., Mir, S.A., Dar, Z.A., Dar, S.A. (2020). Concerns and threats of contamination on aquatic ecosystems. Dalam K.R. Hakeem, R.A.

- Bhat, & H. Qadri (Eds.), *Bioremediation and Biotechnology: Sustainable Approaches to Pollution Degradation* (hlm. 1-26). Switzerland: Springer.
- Bathmann, U dan Marine Zooplankton Colloquium 2. 2001. Future Marine Zooplankton research-a perspective. *Marine ecology Progress Series*. 222: 297-308.
- 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*. WM.C. Brown Company Publishers, Iowa.
- Brower, J.E., and Zar, J.H., 1997. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. WM.C. Brown Company Publishers, Iowa.
- Cahyanto, T., Chairunnisa, D., Sudjarwo, T., 2014. Analisis Vegetasi Pohon Hutan Alam Gunung Manglayang Kabupaten Bandung. *J. ISTEK* 8.
- 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.
- Da Rocha JRM, Almeida JR, Lins GA, Durval A. 2010. Insects as indicators of environmental changing and pollution: A review of appropriate species and their monitoring. *HOLOS Env*. 10(2):1-13.
- 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.

- De Sousa AB. 2009. Order Dermaptera. Arthropod Fauna of the UAE, 2:61-65.
- Dewi RS, Mulyani Y, Santosa Y. 2007. *Keanekaragaman Spesies Burung di Beberapa Tipe Habitat Taman Nasional Gunung Ciremai*. Yayasan Penerbit IPB. Bogor.
- Dijkstra KDB, Monaghan MT, Pauls SU. 2014. Freshwater biodiversity and aquatic insect diversification. *Ann Rev Entomol.* 59:143–163.
- Dobrev, D., Dobrev, V. and Demerdzhiev, D. (2023) ‘Conservation and Ecology of Raptors: Introduction to the Special Issue’, *Diversity*, 15(8), pp. 2–4.
- 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.
- Fairuztania, Z., dan Mustari, A.H. (2017) *Karakteristik Habitat dan Populasi Monyet Butung (Macaca ochreata) di Suaka Margasatwa Tanjung Peropa, Sulawesi Selatan, Jurnal Wasian*.
- 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.
- Goulet H, Hubber JT. 1993. *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Ottawa (CA): Agriculture Canada.
- 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
- Gultom, C.R., Muskananfolo, M.R., Purnomo, P.W. (2018). Hubungan kelimpahan makrozoobenthos dengan bahan organik dan tekstur sedimen di kawasan mangrove di desa Bedono kecamatan Sayung kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resource Journal (MAQUARES)*, 7(2), 172-179.
- Gupta S, Narzary R. 2012. Aquatic insect community of lake, Phulbari anua in Cachar, Assam. *J Env Biol.* 34:591-597.
- 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.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2009. PAST-PAlaeontological STatistics. ver. 1.89 [Internet]. [Downloaded on June 19th 2016]. Available at: <http://folk.uio.no/ohammer/past>
- Herlinda, S., Yulia P., Chandra I., Rianto A.,

- Erise A., Tili K., Lina B., Lilian R., Dian M. O., 2021, Pengantar Ekologi Serangga, Unsri Press, Palembang.
- Hanafi, I., Subhan, S., Basri, H., 2021. Analisis Vegetasi Mangrove (Studi Kasus di Hutan Mangrove Pulau Telaga Tujuh Kecamatan Langsa Barat). *J. Ilm. Mhs. Pertan.* 6, 740–748.
- Hancock, L. (2019) *What is biodiversity? WWF, WWF - World Wildlife Fund.*
- Heriyanto, N.M., Subiandono, E. 2016. Peran Biomassa Mangrove Dalam Menyimpan Karbon Di Kubu Raya, Kalimantan Barat. *Jurnal Analisis Kebijakan.* 3(1):1-12,
- Hidayat., T., Kusmana., C, Dan Tiryan T. 2010. *Spesies 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.
- Indriyanto. (2012). *Ekologi Hutan.* Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Jc, E.H.P., Dewiyanti, I., Karina, S., 2016. Indeks Nilai Penting Vegetasi Mangrove Di Kawasan Kuala
- Irsyad N., D. (2021) ‘Keanekaragaman Jenis Burung Di Kawasan Hutan Mangrove Perkampungan Nelayan Kecamatan Biringkanaya, Sulawesi Selatan’, *Jurnal ABDI,* 3, pp. 66–74.
- 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.
- Karimah. (2017). Peran ekosistem hutan mangrove sebagai habitat organisme laut. *Jurnal Biologi Tropis,* 17(2), 51-58.
- 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 Pacific. 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 Distribution 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.
- Mangopang , A.D. 2016. Morfologi *Trema orientalis* (L.) Blume dan Manfaatnya Sebagai Tanaman Pionir Restorasi Tambang Nikel. *Prosiding Seminar Nasional from Basic Science to Comprehensive Education*. 2(1):1-3.
- Manley, P.N. Van Horne, B. Roth, J.K. Zielinski, W.J. McKenzie, M.M. Weller, T.J. Weekerly, F.W. Vojta, C. 2006. *Multiple Species Inventory and Monitoring Technical Guide*. USDA. Washington.
- 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 Biology 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, Spletstoeser 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.
- Moller AP. (2013). Long-term trends in wind speed, insect abundance and ecology of an insectivorous bird. *Ecosphere*. 4(1).

- Montgomery, G. A., Belitz, M. W., Guralnick, R. P., & Tingley, M. W. (2021). Standards and best practices for monitoring and benchmarking insects. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 513.
- Montgomery WLT, Gerrodette dan Marshall LD. 1980. Coral ang Fish Community Structure of Sommero 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.
- Mulyana D, Asmarahman . 2012. Untung besar dari bertanam sengon. *Agromedia*.
- 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.
- Nurlia dan Karim W.A. 2020. *Analisis vegetasi tumbuhan angiospermae di desa ranga-ranga kecamatan masama kabupaten banggai*. *Edubiotik : Jurnal Pendidikan, Biologi dan Terapan*. 5(1):71-80.
- 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.
- Persuleddy, 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, R.B. Indrawan, M. Supriatna, J. 1998. *Biologi Konservasi*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Pristiandaru, D.L. (2023) *Daftar Lengkap 562 Jenis Burung yang Dilindungi di Indonesia*.
- 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*.
- Resh V.H., Carde T.R. 2009. *Encyclopedia of Insects*. Berkeley. Academic Press.
- 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.
- Ruiz-Jane MC, Aide TM. 2005a. Restoration Success: How Is It Being Measured?. *Restoration Ecology* 13 (3): 569–577. Ruiz-Jane MC, Aide TM. 2005b. Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management* 218:159–173
- Rumblat, W., Mardiasuti, A. and Mulyani, Y.A. (2016) ‘Guild Pakan Komunitas Burung di DKI Jakarta’, *Media Konservasi*, 21(1), pp. 58–64.
- Sachlan, M. 1972. *Planktonology*. Direktorat Jenderal Perikanan Departemen Pertanian Jakarta.
- Saefullah, A., Mustari, A.H. and Mardiasuti, A. (2015) ‘Keanekaragaman Jenis Burung Pada Berbagai Tipe Habitat Beserta Gangguannya Di Hutan Penelitian Dramaga, Bogor, Jawa Barat’, 20(2), pp. 117–124.
- Saha, N., Aditya, G., Banerjee, S. & Saha, G.K. (2012) Predation potential of odonates on mosquito larvae: implications for biological control. *Biological Control*, 63, 1– 8.
- Schowalter TD. 2006. *Insect ecology: an ecosystem approach*. Academic Press, Cambridge
- Schowalter TD. 2011. *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. 3th edition. Oxford: Elsevier
- Safarni, P.T., Tima, M.T., Wahyuni, S., 2023. Analisis Vegetasi Gulma Pada Perlakuan Olah Tanah Tanaman Ubi Kayu Nuabosi. *Agrica* 15, 161–176.
- Shafie, N.J. *et al.* (2023) ‘Bird species composition, density and feeding guilds in contrasting lowland dipterocarp forests of Terengganu, Peninsular Malaysia’, *Tropical Ecology*, 64(2), pp. 238–248.
- Sharma DK, Mishra JK. 2011. Impact of environmental changes on biodiversity. *Indian J.Sci.Res.* 2(4):137-139.
- Shuman, Craig S., Hodgson, Gregor, Ambrose, Richard F. 2004. Managing the marine aquarium trade: is eco-certification the answer? *Environmental Conservation*, 31: 339-348.

- Speight MR, Hunder MD, Watt AD. 2008. Ecology of Insect Concept and Applications. Oxford: BlackWell.
- Suharsono. 2008. Jenis-Jenis Karang di Indonesia. LIPI Pres. Jakarta.
- Suratmo FG. 1974. Hama Hutan di Indonesia. Proyek Peningkatan Mutu Perguruan Tinggi. Bogor: Fakultas Kehutanan, IPB.
- 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.
- Trust, W. (2024) *Wild Boar (Sus scrofa) - British Mammals - Woodland Trust*.
- Usman, L., Syamsuddin, Hamzah, S.N., 2013. Analisis Vegetasi Mangrove di Pulau Dudepo Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara.
- 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.
- Valentino, N., Latifah, S., Setiawan, B., Hidayati, E., Awanis, Z, Y., Dan Hayati. (2022). Karakteristik Struktur Komunitas Makrozoobentos Di Perairan Ekosistem Mangrove Gili Lawang, Lombok Timur. *Jurnal Belantara*. 5(1): 119-130.
- Wardle DA, Bardgett RD, Callaway RM, Van der Putten WH. 2011. Terrestrial ecosystem responses to species gains and losses. *Science* 332: 1273-1277.
- Whelan, C.J., Wenny, D.G. and Marquis, R.J. (2008) 'Ecosystem services provided by birds.', *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134, pp. 25–60.
- Widjaja, E. A., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J. S., Ubaidillah, R., Maryanto, I., Walujo, E. B., dan Semiadi, G., 2014, *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia 2014*. LIPI Press
- Wike LD, Martin FD, Paller MH, Nelson EA. 2010. Impact of forest seral stage on use of ant communities for rapid assessment of terrestrial ecosystem health. *Journal of Insect Science* [Internet]. [diunduh 2012 April 23]; 10:77. Tersedia pada: insectscience.org/10.77.
- Widjojo, N. Rangkong badak. 2011. Factsheet Yayasan WWF Indonesia.
- Willot, S.J. 2001. Species accumulation curves and the measure of sampling effort. *Journal of Applied Ecology*. 38:484-486.
- 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