

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah Yang Maha Esa atas berkat kemurahan-Nya, walaupun dalam suasana pandemi Covid-19, pengumpulan data dan penyusunan dokumen Laporan Pemantauan Flora dan Fauna Tahun 2021 PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara (Sultra) dapat diselesaikan dengan baik, dengan tetap mengikuti dan mematuhi protokol kesehatan Covid-19. Kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak, baik yang terlibat langsung maupun yang tidak terlibat langsung dalam kegiatan ini.

Laporan ini merupakan hasil pemantauan flora dan fauna tahun 2021 di area pertambangan yang meliputi Wilayah Tambang Utara (WTU), Wilayah Tambang Tengah (WTT), Wilayah Tambang Selatan (WTS), Wilayah Tambang Pulau Maniang, Area Tapunopaka dan ekosistem terumbu karang disekitar area perairan laut PT Antam Tbk UBPN Sulawesi Tenggara. Hasil pemantauan ini akan memaparkan data sebagai gambaran kondisi flora dan fauna di area tambang tersebut.

Hasil pemantauan ini diharapkan dapat memberikan gambaran terkini kondisi flora fauna di area PT Antam Tbk dan menjadi salah satu bahan evaluasi keberhasilan kinerja pengelolaan lingkungan, dan menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah setempat, serta berbagai pihak yang terkait dalam pengambilan keputusan di area Pertambangan PT Antam Tbk UBPN Sulawesi Tenggara.

Pomalaa, Januari 2022
General Manager (SVP)
PT ANTAM, Tbk UBPN Sulawesi
Tenggara



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

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan	2
I.3 Waktu dan Lokasi Pemantauan	3
BAB II IDENTITAS PEMRAKARSA	6
II.1 Identitas Perusahaan	6
II.2 Identitas Pemrakarsa	7
BAB III METODE PEMANTAUAN LINGKUNGAN	8
III.1 Flora dan Fauna Darat	8
III.1.1 Lokasi Pemantauan.....	8
III.1.2 Metode Pemantauan Flora	11
III.1.3 Metode Pemantauan Fauna	14
III.1.3.1 Metode Pemantauan Fauna Darat	14
III.1.3.2 Identifikasi Spesies	14
III.1.3.3 Analisis Data	15
III.2 Pemantauan Biota Sungai.....	16
III.2.1 Lokasi Pemantauan.....	16
III.2.2 Metode Pemantauan Bentos.....	18
III.2.3 Metode Pemantauan Plankton.....	19
III.3 Pemantauan Mangrove	20
III.3.1 Lokasi Pemantauan.....	20
III.3.2 Metode Pemantauan Vegetasi Mangrove	21
III.3.3 Analisis Vegetasi Mangrove	22

III.3.4 Metode Pemantauan Fauna Mangrove	23
III.4 Pemantauan Biota Laut.....	23
III.4.1 Lokasi Pemantauan.....	23
III.4.2 Metode Pemantauan Terumbu Karang	27
III.4.3 Metode Pemantauan Bentos/Invertebrata	28
III.4.4 Metode Pemantauan Ikan.....	29
III.4.5 Metode Pemantauan Plankton.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
IV.1 Flora dan Fauna Darat.....	32
IV.1.1 Flora Darat	32
IV.1.1.1 Wilayah Virgin (Alami)	32
IV.1.1.2 Area Revegetasi Tahun 2015 (N6)	33
IV.1.1.3 Area Revegetasi Tahun 2016 (N5)	35
IV.1.1.4 Area Revegetasi Tahun 2017 (N4)	36
IV.1.1.5 Area Revegetasi Tahun 2018 (N3)	37
IV.1.1.6 Area Revegetasi Tahun 2019 (N2)	39
IV.1.1.7 Area Revegetasi Tahun 2020 (N1)	40
IV.1.1.8 Area Terganggu (N0).....	41
IV.1.1.9 Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM)	42
IV.1.1.10 Analisis Tinggi Vegetasi.....	44
IV.1.1.11 Perbandingan Jumlah Spesies dari Area Pemantauan Flora di Lokasi Tambang PT Antam Tbk. Pomalaa	47
IV.1.1.12 Persentase Penutupan Tanah Oleh Tumbuhan Plant Cover.....	49
IV.1.1.13 Area Tapunopaka.....	52
IV.1.2 Fauna Darat.....	58
IV.1.2.1 Fauna Burung di WTU, WTT, WTS PT Antam Tbk	60
IV.1.2.2 Fauna Burung di Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM) ..	67
IV.1.2.3 Fauna Darat di Wilayah Tapunopaka	71
IV.2 Plankton Sungai	76
IV.2.1 Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Sungai di Area Antam Pomala	76

IV.2.2 Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Sungai di Area Antam UBPN Konawe Utara (Tapunopaka).....	78
IV.3 Ekosistem Mangrove.....	80
IV.3.1 Vegetasi Mangrove.....	80
IV.3.1.1 Analisis INP Vegetasi Mangrove di Pesisir Pantai Harapan dan Pantai Sitado.....	80
IV.3.1.2 Analisis Tinggi Vegetasi Mangrove di Pesisir Pantai Harapan dan Pantai Sitado.....	82
IV.3.2 Fauna Mangrove.....	84
IV.3.2.1 Bentos Mangrove.....	84
IV.3.2.2 Fauna Burung Mangrove.....	89
IV.4 Biota Laut.....	93
IV.4.1 Terumbu Karang.....	93
IV.4.1.1 Kondisi Terumbu Karang Area Pemantauan Dekat, Jauh Aktivitas Antam, dan Kontrol.....	93
IV.4.1.2 Kondisi Terumbu Karang Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	95
IV.4.1.3 Kondisi Terumbu Karang Area Rehabilitasi.....	97
IV.4.1.4 Kondisi Terumbu Karang Tapunopaka.....	98
IV.4.2 Invertebrata.....	99
IV.4.2.1 Invertebrata di Area Sekitar Aktivitas Antam.....	99
IV.4.2.2 Invertebrata area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	101
IV.4.2.3 Invertebrata area Rehabilitasi.....	102
IV.4.2.4 Invertebrata area Tapunopaka.....	102
IV.4.3 Ikan.....	103
IV.4.3.1 Diversitas Ikan Karang pada Area Sekitar Aktivitas Antam.....	103
IV.4.3.2 Diversitas Ikan Karang pada Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	108
IV.4.3.3 Diversitas Ikan Karang pada Area Rehabilitasi.....	111
IV.4.3.4 Diversitas Ikan Karang pada Area Tapunopaka.....	114
IV.4.4 Plankton Laut.....	118

IV.4.4.1 Kondisi Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Laut di Area Sekitar Aktivitas Antam.....	118
IV.4.4.2 Kondisi Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Laut di sekitar Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	121
IV.4.4.3 Kondisi Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton di Area Rehabilitasi.....	124
IV.4.4.4 Kondisi Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton di Area Tapunopaka	126
BAB V EVALUASI	129
V.1 Flora darat	129
V.1.1 Evaluasi Indeks Nilai Penting (INP)	129
V.1.1.1 Wilayah Virgin (Alami)	129
V.1.1.2 Area Revegetasi Tahun 2015 (N6)	130
V.1.1.3 Area Revegetasi Tahun 2016 (N5)	131
V.1.1.4 Area Revegetasi Tahun 2017 (N4)	131
V.1.1.5 Area Revegetasi Tahun 2018 (N3)	132
V.1.1.6 Area Revegetasi Tahun 2019 (N2)	133
V.1.1.7 Area Revegetasi Tahun 2020 (N1)	134
V.1.1.8 Area Pulau Maniang	134
V.1.2 Evaluasi Jumlah Jenis Flora	135
V.1.3 Evaluasi Perbandingan Tinggi Flora	136
V.1.4 Evaluasi Persentase <i>Cover Crop</i>	138
V.2 Fauna darat.....	140
V.2.1 Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTU, WTT, dan WTS.....	140
V.2.2 Evaluasi Jumlah Spesies dan Keanekaragaman Fauna Burung di WTPM	141
V.3 Ekosistem Mangrove	142
V.3.1 Evaluasi Jenis Vegetasi Mangrove	142
V.3.2 Evaluasi Jenis Bentos Mangrove	144
V.3.3 Evaluasi Jumlah Jenis dan Keanekaragaman Fauna Burung Mangrove	145

V.4 Biota Laut	146
V.4.1 Evaluasi Perbandingan Substrat Karang.....	146
V.4.2 Evaluasi Perbandingan Spesies Invertebrata.....	149
V.4.3 Evaluasi Perbandingan Keanekaragaman dan Kelimpahan Ikan Karang	151
V.4.4 Evaluasi Plankton Laut	155
BAB VI REKOMENDASI.....	159
VI.1 Rekomendasi untuk Lingkungan Darat	159
VI.2 Rekomendasi untuk Lingkungan Perairan Sungai	161
VI.3 Rekomendasi untuk Lingkungan Mangrove.....	161
VI.4 Rekomendasi untuk Lingkungan Perairan Laut	162
VI.5 Rekomendasi untuk Wilayah Pemantauan Tapunopaka	163
VI.5.1 Rekomendasi untuk Lingkungan Darat	163
VI.5.2 Rekomendasi untuk Lingkungan Laut.....	164
BAB VII PENUTUP	165
DAFTAR PUSTAKA	166
LAMPIRAN	171

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Koordinat Lokasi Pemantauan Flora Fauna Tahun 2021	9
Tabel 3.2	Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Sungai Tahun 2021	17
Tabel 3.3	Koordinat Lokasi Pemantauan Mangrove Tahun 2021	20
Tabel 3.4	Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Laut Tahun 2021	24
Tabel 4.1	Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTU, WTT, dan WTS60	
Tabel 4.2	Jenis fauna burung dengan kelimpahan relatif tertinggi di setiap habitat	62
Tabel 4.3	Jumlah dan status konservasi fauna burung di WTPM	67
Tabel 4.4	Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada masing-masing habitat di WTPM	68
Tabel 4.5	Jumlah dan status konservasi fauna burung di Wilayah Tapunopaka	73
Tabel 4.6	Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada masing-masing habitat di Wilayah Tapunopaka	74
Tabel 4.7	Daftar jenis mangrove yang terpantau tumbuh di pesisir Pantai Harapan dan Pantai Sitado, Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa tahun 2021	82
Tabel 4.8	Species Benthos di area rehabilitasi Pantai Harapan	85
Tabel 4.9	Species Benthos di area virgin Pantai Harapan	85
Tabel 4.10	Species Benthos di area rehabilitasi Sitado	85
Tabel 4.11	Species Benthos area virgin Sitado	86
Tabel 4.12	Estimasi Chou-1, Indeks Keanekaragaman, Indeks Keseragaman, Indeks Dominansi dan Indeks Distribusi Morisita	87
Tabel 4.13	Parameter Lingkungan	88
Tabel 4.14	Jumlah dan status konservasi fauna burung kawasan mangrove	90
Tabel 4.15	Fauna burung dengan kelimpahan tertinggi pada kawasan mangrove	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Titik Pemantauan Flora dan Fauna PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara.	4
Gambar 1.2 Titik Pemantauan Flora dan Fauna Unit Bisnis Pertambangan Nikel Konawe Utara	5
Gambar 3.1 Titik Pemantauan Flora Fauna	11
Gambar 3.2 Sketsa metode sampling <i>Nested Quadrat</i> (Plot Bertingkat)	12
Gambar 3.3 Titik pemantauan biota sungai.	18
Gambar 3.4 Titik pemantauan mangrove	21
Gambar 3.5 Desain petak contoh berupa jalur berpetak (Ghufrona, 2015).	22
Gambar 3.6 Titik pemantauan biota laut.....	27
Gambar 4.1 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) Jenis Tumbuhan Berdasarkan Tingkat Habitus di Area Virgin Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.....	33
Gambar 4.2 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di area revegetasi tahun 2015 (N6) Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.....	34
Gambar 4.3 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di area revegetasi tahun 2016 (N5) Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.....	36
Gambar 4.4 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di area revegetasi tahun 2017 (N4) Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.....	37
Gambar 4.5 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di area revegetasi tahun 2018 (N3) Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.....	38
Gambar 4.6 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di area revegetasi tahun 2019 (N2) Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.....	40
Gambar 4.7 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di area revegetasi tahun 2020 (N1) Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.....	41

Gambar 4.8 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) Jenis Tumbuhan Berdasarkan Tingkat Habitus di Area Terganggu (N0) Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.....	42
Gambar 4.9 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) Jenis Tumbuhan Berdasarkan Tingkat Habitus di WTPM PT Antam Tbk, Pomalaa	43
Gambar 4.10 Rerata tinggi tanaman pada area revegetasi untuk habitus pohon, tiang dan pancang di area pemantauan tahun 2021.....	45
Gambar 4.11 Rerata tinggi enam jenis tanaman pada Area Revegetasi (N1, N2, N3, N4, N5 dan N6) pemantauan Tahun 2021.	46
Gambar 4.12 Rerata tinggi tanaman pada Wilayah Tambang Pulau Maniang untuk habitus pohon, tiang dan pancang di area pemantauan tahun 2021 .	47
Gambar 4.13 Perbandingan jumlah spesies yang teridentifikasi pada kesembilan area sampling di lokasi tambang PT Antam Tbk, Pomalaa tahun 2021.....	48
Gambar 4.14 Persentase penutupan tanah oleh tumbuhan <i>Plant Cover</i> pada kesembilan area pemantauan di lokasi tambang PT Antam Tbk, Pomalaa tahun 2021	49
Gambar 4.15 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) Jenis Tumbuhan Berdasarkan Tingkat Habitus di area terganggu Wilayah Tapunopaka	53
Gambar 4.16 Rata-rata tinggi tiga jenis tanaman pada Area Virgin (Area Geomine) wilayah Tapunopaka, pemantauan tahun 2021.....	54
Gambar 4.17 Rerata tinggi tanaman pada Area Virgin (Area Geomine) wilayah Tapunopaka untuk habitus Pohon, Tiang dan Pancang pada pemantauan tahun 2021	55
Gambar 4.18 Perbandingan jumlah spesies yang terpantau dan teridentifikasi di lokasi tambang PT Antam Tbk. Wilayah Tapunopaka tahun 2021 .	56
Gambar 4.19 Persentase penutupan tanah oleh tumbuhan <i>Plant Cover</i> pada pemantauan di lokasi tambang PT Antam Tbk. Wilayah Tapunopaka tahun 2021.....	57
Gambar 4.20 Monyet Digo (<i>Macaca ochreata</i>) yang dijumpai di sekitar TPA....	58
Gambar 4.21 Bekas galian (a) dan jejak kaki (b) dari Babi Sulawesi (<i>Sus celebensis</i>) yang dijumpai di WTU.....	59

Gambar 4.22 Biawak (<i>Varanus salvator</i>) yang dijumpai di sekitar TPA	59
Gambar 4.23 Elang-alap dada-merah (<i>Accipiter rhodogaster</i>), burung dilindungi yang termasuk kategori Appendix II dan endemik Sulawesi, dijumpai di Bukit VI (area revegetasi 2017, WTU).....	61
Gambar 4.24 Burung-madu sriganti (<i>Cinnyris jugularis</i>) yang memiliki kelimpahan relatif tertinggi pada berbagai habitat di area pertambangan.....	62
Gambar 4.25 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di PT. Antam Tbk.....	64
Gambar 4.26 Proporsi jumlah jenis berdasarkan <i>feeding guild</i> pada masing-masing habitat di PT. Antam Tbk.	65
Gambar 4.27 Wiwik uncuung (<i>Cacomantis variolosus sepulcralis</i>) dari Famili Cuculidae, salah satu burung insektivora yang sering dijumpai di wilayah pengamatan	66
Gambar 4.28 Burung endemik Sulawesi yang dijumpai di WTPM (a) Kehicap sulawesi dan (b) Kepudang-sungu sulawesi	68
Gambar 4.29 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di WTPM ..	69
Gambar 4.30 Proporsi jumlah jenis berdasarkan <i>feeding guild</i> di seluruh habitat WTPM	70
Gambar 4.31 Burung-madu kelapa (<i>Anthreptes malacensis</i>), salah satu burung nektarivora yang banyak dijumpai di WTPM.....	71
Gambar 4.32 Monyet Digo (<i>Macaca ochreata</i>), ditandai dengan lingkaran kuning, dijumpai di Bukit Geomine (area virgin) Wilayah Tapunopaka.....	72
Gambar 4.33 Kadalan sulawesi (<i>Rhamphococcyx calyorhynchus</i>), burung endemik Sulawesi yang dijumpai di Bukit Geomine (area virgin), Wilayah Tapunopaka.....	73
Gambar 4.34 Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di Wilayah Tapunopaka.....	74

Gambar 4.35	Persentase jumlah jenis berdasarkan feeding guild di seluruh habitat Wilayah Tapunopaka.....	75
Gambar 4.36	Keanekaragaman plankton sungai pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Pomalaa.....	77
Gambar 4.37	Kelimpahan Plankton pada lokasi hulu dan hilir aliran sungai di sekitar kawasan pertambangan PT Antam Pomalaa	78
Gambar 4.38	Keanekaragaman plankton sungai pada lokasi Hulu dan Hilir aliran Sungai di sekitar kawasan Tapunopaka.....	79
Gambar 4.39	Kelimpahan Plankton Sungai pada lokasi Hulu dan Hilir aliran Sungai di sekitar kawasan Tapunopaka.....	80
Gambar 4.40	Histogram Indeks Nilai Penting (%) jenis mangrove pada Pantai Harapan (PH) dan Sitado (ST) di lokasi tambang PT Antam Tbk, Pomalaa tahun 2021	80
Gambar 4.41	Rerata tinggi jenis vegetasi di kawasan mangrove Pantai Harapan (PH) dan Sitado (ST) pada pemantauan Tahun 2021	83
Gambar 4.42	Kawanan Itik benjut (<i>Anas gibberifrons</i>) yang dijumpai di area rehabilitasi Pantai Harapan	89
Gambar 4.43	Gajahan penggala (<i>Numenius phaeopus</i>), burung dilindungi yang memiliki kelimpahan relatif tertinggi pada area rehabilitasi Pantai Harapan.....	90
Gambar 4.44	Histogram perbandingan indeks keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan fauna burung pada masing-masing habitat di kawasan mangrove	91
Gambar 4.45	Proporsi jumlah jenis berdasarkan <i>feeding guild</i> di kawasan mangrove	92
Gambar 4.46	Kondisi tutupan substrat pada lokasi pemantauan yang Dekat Aktivitas Antam, Jauh Aktivitas Antam dan Kontrol	93
Gambar 4.47	Kondisi terumbu karang dengan tutupan <i>Nutrient Indicator Algae</i> jenis <i>Padina sp</i>	94
Gambar 4.48	Kondisi terumbu karang yang terkena dampak bom ikan.....	95
Gambar 4.49	Penutupan substrat pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).....	96

Gambar 4.50 Penutupan substrat wilayah rehabilitasi di Desa Hakatutobu pada lokasi pemantauan di dalam keramba (Hakatutobu 1) dan luar keramba (Hakatutobu 2)	97
Gambar 4.51 Gambaran tutupan substrat area pemantauan Kanan Jetty 1	98
Gambar 4.52 Penutupan substrat pada empat area pemantauan di wilayah Taponopaka.....	99
Gambar 4.53 Histogram jumlah jenis invertebrata indikator di area sekitar aktivitas Antam	100
Gambar 4.54 Histogram jumlah spesies invertebrata area PLTU berdasarkan stratifikasi jarak.....	101
Gambar 4.55 Histogram jumlah spesies invertebrata area Rehabilitasi.	102
Gambar 4.56 Histogram jumlah spesies invertebrata area Tapunopaka.....	103
Gambar 4.57 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area sekitar Antam	105
Gambar 4.58 Koloni ikan mayor Famili Pomacentridae yang dijumpai pada area Latumbi jauh	105
Gambar 4.59 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area sekitar Antam	106
Gambar 4.60 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area sekitar aktivitas Antam.....	107
Gambar 4.61 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area PLTU	108
Gambar 4.62 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area PLTU ...	109
Gambar 4.63 Ikan indikator jenis <i>Chelmon rostratus</i> (kuning) dan <i>Chaetodon lunulatus</i> (merah) dari Famili chaetodontidae yang dijumpai pada area PLTU AL2 (100 meter arah Utara).....	109
Gambar 4.64 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area PLTU.....	110
Gambar 4.65 Kondisi substrat pada (a) PLTU AL 5 dan (b) PLTU AL 3.....	111
Gambar 4.66 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area rehabilitasi.....	112

Gambar 4.67 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area Rehabilitasi.	112
Gambar 4.68 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area Rehabilitasi.	113
Gambar 4.65 Ikan karang yang dijumpai pada area Kiri Jetty 1.....	114
Gambar 4.66 Jumlah spesies ikan target, indikator, dan mayor pada area Tapunopaka.....	115
Gambar 4.67 Jumlah spesies ikan karang dalam tiap Famili pada area Tapunopaka 116	
Gambar 4.68 Analisis keanekaragaman, dominansi dan kelimpahan ikan karang pada area Tapunopaka.....	117
Gambar 4.69 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam Jauh dengan aktivitas Antam dan lokasi yang jauh dari aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol).....	119
Gambar 4.70 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dengan aktivitas Antam Jauh dengan aktivitas Antam dan lokasi yang jauh dari aktivitas Antam maupun aktivitas bukan dari Antam (Kontrol) 120	
Gambar 4.71 Keanekaragaman Plankton pada lokasi PLTU.....	121
Gambar 4.72 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).	123
Gambar 4.73 Keanekaragaman Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutobu pada lokasi pemantauan di dalam keramba (Hakatutobu 1) dan luar keramba (Hakatutobu 2).	124
Gambar 4.74 Kelimpahan Plankton area rehabilitasi di Desa Hakatutobu pada lokasi pemantauan di dalam keramba (Hakatutobu 1) dan luar keramba (Hakatutobu 2).....	125
Gambar 4.75 Keanekaragaman Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dan Jauh dari area Tapunopaka.....	126
Gambar 4.76 Kelimpahan Plankton pada lokasi pemantauan yang dekat dan jauh dari area Tapunopaka.....	127
Gambar 5.1 Jumlah spesies tanaman pada pemantauan 2020 dan 2021.	135
Gambar 5.2 Perbandingan tinggi tanaman pada pemantauan 2020 dan 2021 pada lokasi dan kategori yang berbeda.	137
Gambar 5.3 Rerata tinggi tanaman di area pertambangan pada pemantauan tahun 2020 dan 2021.....	138
Gambar 5.4 Persentase penutupan tanah pada pemantauan 2020 dan 2021.....	139

Gambar 5.5	Histogram perbandingan jumlah spesies fauna burung pada pemantauan tahun 2020 dan 2021 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk	140
Gambar 5.6	Histogram perbandingan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 dan 2021 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk	141
Gambar 5.7	Histogram perbandingan jumlah spesies dan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 dan 2021 di WTPM... ..	142
Gambar 5.8	Perbandingan jumlah spesies mangrove antar tahun pemantauan .	143
Gambar 5.9	Histogram perbandingan tinggi tanaman Mangrove pada area rehabilitasi.....	144
Gambar 5.10	Histogram perbandingan jumlah jenis Benthos di kawasan mangrove Pantai Harapan dan Sitado pada tahun 2020 dan 2021 .	145
Gambar 5.11	Histogram perbandingan jumlah spesies dan indeks keanekaragaman fauna burung pada pemantauan tahun 2020 dan 2021 di kawasan mangrove.....	146
Gambar 5.12	Histogram perbandingan persentase tutupan karang disekitar aktivitas Antam pada tahun 2020 dan 2021	147
Gambar 5.13	Histogram perbandingan persentase tutupan karang di area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020 dan 2021	148
Gambar 5.14	Histogram perbandingan persentase tutupan karang di area rehabilitasi pada tahun 2020 dan 2021	149
Gambar 5.15	Histogram perbandingan jumlah jenis invertebrata indikator di area sekitar aktivitas Antam pada tahun 2020 dan 2021	150
Gambar 5.16	Histogram perbandingan jumlah jenis invertebrata indikator di area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020 dan 2021	150
Gambar 5.17	Histogram perbandingan jumlah jenis invertebrata indikator di area Rehabilitasi pada tahun 2020 dan 2021	151
Gambar 5.18	Keanekaragaman dan kelimpahan ikan disekitar aktivitas Antam pada tahun 2020 dan 2021	152
Gambar 5.19	Keanekaragaman dan kelimpahan ikan di area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada tahun 2020 dan 2021	153
Gambar 5.20	Keanekaragaman dan kelimpahan ikan di area Rehabilitasi pada tahun 2020 dan 2021	154
Gambar 5.21	Histogram evaluasi Keanekaragaman Plankton laut di Area Sekitar Aktivitas Antam tahun 2020 dan 2021	155
Gambar 5.22	Histogram evaluasi Kelimpahan Plankton laut di Area Sekitar Aktivitas Antam tahun 2020 dan 2021	155

Gambar 5.23 Histogram evaluasi Keanekaragaman Plankton laut Pada sekitar Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tahun 2020-2021..	156
Gambar 5. 24 Histogram evaluasi kelimpahan Plankton laut Pada sekitar Area Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tahun 2020 dan 2022	156
Gambar 5.25Histogram evaluasi Keanekaragaman Plankton Pada Area Rehabilitasi tahun 2020 dan 2021	157
Gambar 5.26 Histogram evaluasi kelimpahan Plankton Pada Area Rehabilitasi tahun 2020-2021.....	158

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara merupakan salah satu unit bisnis perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan dan pengolahan bijih nikel menjadi feronikel. Dalam kegiatan operasinya perusahaan memiliki tanggung jawab dalam kegiatan pengelolaan dan pemantauan lingkungan sebagaimana yang tertera dalam dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Amdal). Dalam dokumen lingkungan Amdal yang telah mendapatkan persetujuan Surat Keputusan Kelayakan Lingkungan Hidup No.188.45/162/2014 dan Izin Lingkungan Bupati Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara No.188.45/244/2017, perusahaan memiliki kewajiban untuk melaksanakan kegiatan pemantauan terhadap flora dan fauna.

Unit Bisnis Pertambangan Nikel Konawe Utara adalah salah Unit bisnis PT ANTAM Tbk yang perusahaannya dimiliki oleh 65 % saham Mind ID dan 35 % Saham Publik. Beroperasi di Desa Tapunopaka, Kecamatan Lasolo, Kepulauan Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. KW.99 STP 057.a/Sultra dan dengan total luas wilayah operasi produksi 6.213 Ha berlaku sampai dengan 11 Januari 2030 dan KW 10 APR OP 005 dengan total luas wilayah operasi produksi 16.920 Ha berlaku sampai dengan 29 April 2030.

Dalam aspek perijinan Proyek Perencanaan dan Pengembangan Tambang Konawe Utara telah memiliki beberapa perijinan yaitu :

1. Surat Keputusan Bupati Konawe No. 161 Tahun 2005 tentang Pemberian Kuasa Pertambangan Eksploitasi (KW. 99STP057.a/Sultra) tanggal 6 Mei 2005 seluas 6.213 Ha.
2. Surat Keputusan Bupati Konawe No. 212 Tahun 2007 tentang Kuasa Pertambangan Pengangkutan dan Penjualan tanggal 12 Maret 2007.
3. Surat Keputusan Bupati Konawe No. 426 tahun 2006 tentang Persetujuan Kelayakan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) Kegiatan Penambangan Bijih Nikel dan Pembangunan Pelabuhan tanggal 12 Juli 2006.

Pada tahun 2021 ini walaupun dalam suasana pandemi Covid-19, PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara dan Unit Bisnis Pertambangan Nikel Konawe Utara, tetap berkomitmen melakukan kegiatan pemantauan flora dan fauna di area perusahaan, guna untuk mengidentifikasi dan mengetahui perubahan kondisi flora dan fauna yang terjadi secara periodik, baik di darat maupun di perairan sungai dan laut. 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 aspek flora dan fauna.
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 flora dan fauna di darat maupun biota di perairan sungai dan laut, yang meliputi *plankton*, *bentos*, *nekton*/ikan maupun terumbu karang yang berada di area Izin Usaha Pertambangan (IUP) Pomalaa dan IUP Pulau Maniang.

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

I.2 Tujuan

Tujuan pemantauan flora dan fauna adalah:

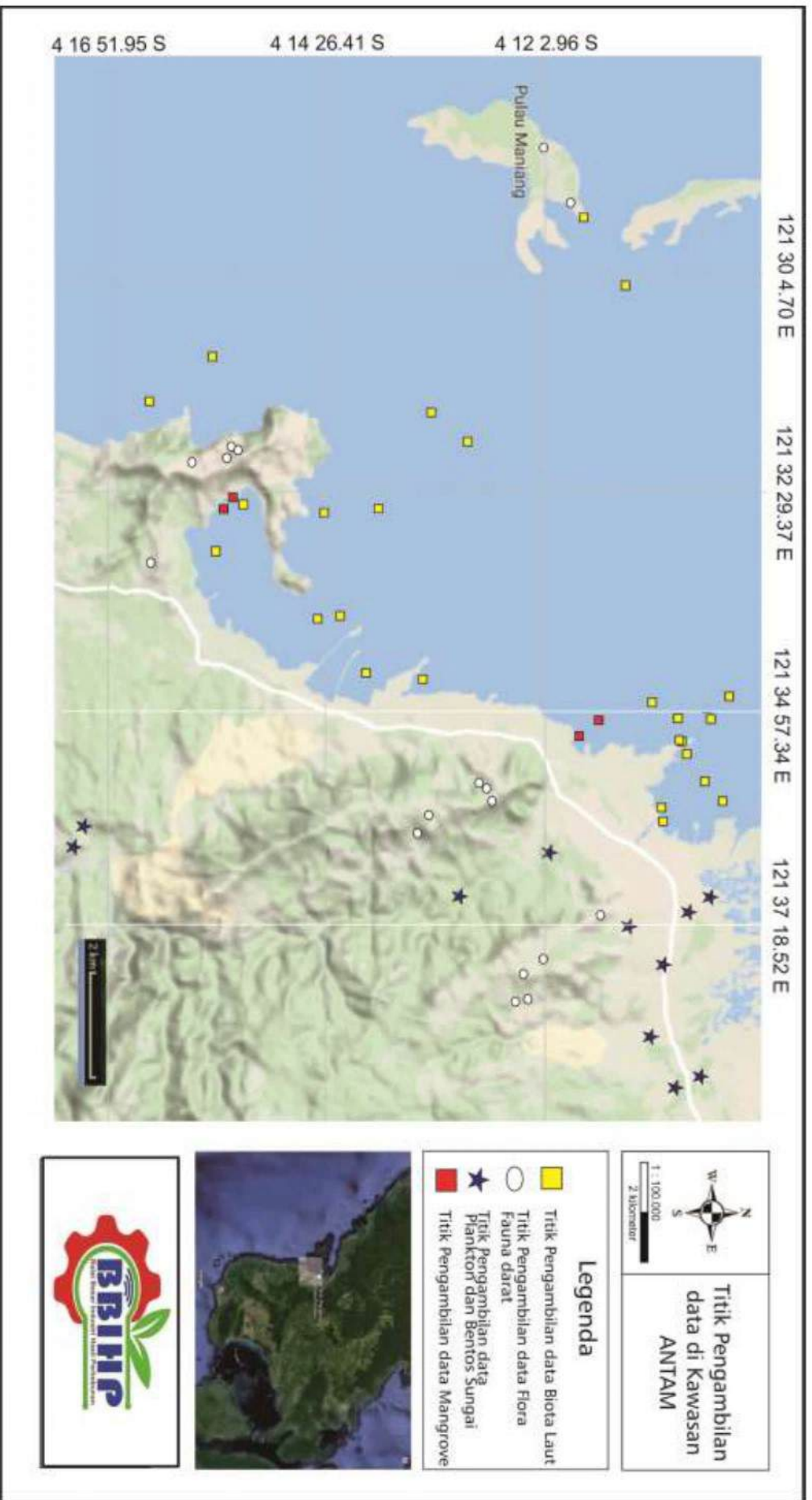
1. Memperoleh data yang digunakan sebagai laporan dalam pelaksanaan RKL dan RPL.
2. Memberikan kemudahan kepada berbagai instansi terkait dalam pengawasan pelaksanaan RKL dan RPL.
3. Tersedianya data-data bagi pemrakarsa untuk dimanfaatkan dalam melaksanakan sistem pengelolaan lingkungan yang berdasarkan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

I.3 Waktu dan Lokasi Pemantauan

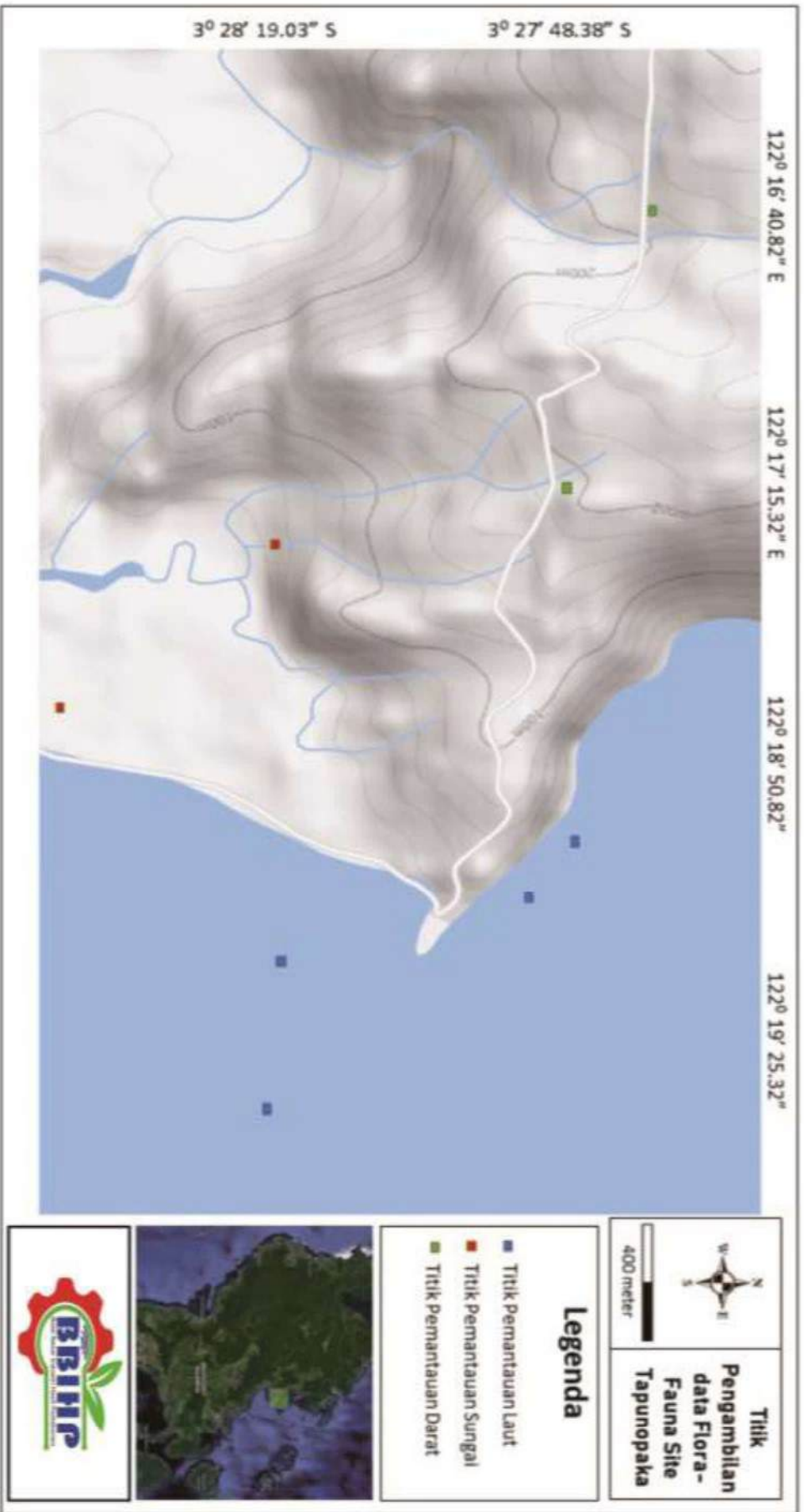
Kegiatan pemantauan flora dan fauna dilaksanakan pada periode bulan Oktober - November 2021. Lokasi kegiatan ini secara berada pada area $4^{\circ}12'20.55''$ – $4^{\circ}11'6.79''$ LS dan $121^{\circ}35'26.94''$ – $121^{\circ}36'59.75''$ BT di area Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, dan Tapunopaka, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. 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.
5. Tapunopaka,

Titik pemantauan dalam kegiatan ini dapat dilihat pada gambar I.1.



Gambar I.1 Titik Pemantauan Flora dan Fauna PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara.



Gambar 1.2 Titik Pemantauan Flora dan Fauna Unit Bisnis Pertambangan Nikel Konawe Utara

BAB II

IDENTITAS PEMRAKARSA

II.1 Identitas Perusahaan

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

II.2 Identitas Pemrakarsa

1. Pelaksana : Balai Besar Industri Hasil Perkebunan (BBIHP) 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. Setia Diarta, ST, 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. Asisten Tenaga Ahli
 - a. Koordinator Umum : Muhammad Al Anshari, S.Si
 - b. Koordinator Flora Fauna Darat dan Mangrove : Ayub Wirabuana Putra, S.Si
 - c. Koordinator Biota Air : Nurul Magfirah Sukri, S.Si
8. Tim Lapangan Flora Fauna Darat dan Mangrove
 - a. Surveyor Flora : Muh Haidir, S.Si
Mega Karunia Sari
 - b. Surveyor Fauna : Erwin Adhe Rashidy, S.Si
 - c. Surveyor Biota Perairan Sungai : Shamad
 - d. Surveyor Biota Laut : Ilham, S.Si
Agusrahman Ekaputra Abas, S.Si

BAB III

METODE PEMANTAUAN LINGKUNGAN

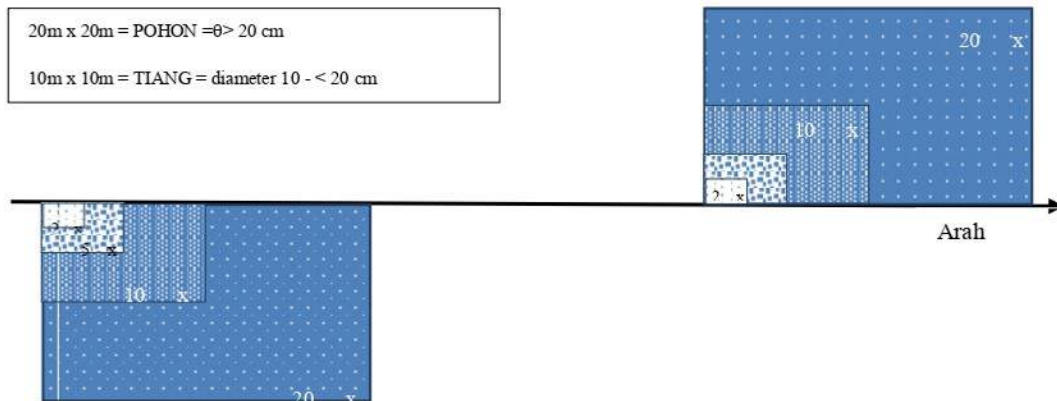
III.1 Flora dan Fauna Darat

III.1.1 Lokasi Pemantauan

Pemantauan flora dan fauna di area IUP PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara, dilaksanakan pada tanggal 12 – 28 November 2021, di lima area yaitu Wilayah Tambang Utara (WTU), Wilayah Tambang Tengah (WTT), Wilayah Tambang Selatan (WTS), Wilayah Tambang Pulau Maniang (WTPM), dan Area Tapunopaka.

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 2020), 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 2019), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan berusia di atas satu tahun dan kurang dari dua tahun pada saat pelaksanaan pemantauan ini.
4. Area revegetasi tahun ketiga (revegetasi 2018), 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 2017), 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 2016), yakni area lahan bekas tambang yang telah selesai ditambang dan telah dilakukan rehabilitasi dan



Gambar III.2 Sketsa metode sampling *Nested Quadrat* (Plot Bertingkat)

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

1. Habitus tumbuhan dengan kriteria sebagai berikut:
 - a. Pohon (diameter > 20 cm).
 - b. Tiang (diameter $10 - < 20$ cm).
 - c. Pancang (diameter < 10 dengan tinggi $> 1,5$ m).
 - d. Semai (tinggi $< 1,5$ m).
2. Jenis atau spesies tumbuhan (pengenalan dan indentifikasi laboratorium).
3. Diameter batang (konversi ke luas basal area/luas batang).
4. Persentase penutupan tanah oleh tanaman penutup tanah (*cover crop*). Nilai persentase penutupan tanah oleh tanaman/tumbuhan penutup tanah 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. $INP = KR\% + FR\% + DR\%$(3.7).

III.1.3 Metode Pemantauan Fauna

III.1.3.1 Metode 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).

III.1.3.2 Identifikasi Spesies

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.

III.1.3.3 Analisis Data

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

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

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

$$P_i = n_i/N$$

Dimana :

H': Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener.

P_i : Probabilitas spesies (kepadatan relatif).

ln (p_i): Logaritma bilangan natural dari p_i.

n_i : Jumlah Spesies i

N: Jumlah jenis

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

2. Kelimpahan Relatif

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

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

Dimana :

- a : Jumlah individu jenis tertentu yang ditemukan
a + b + c : Jumlah keseluruhan jenis-jenis yang ditemukan

3. Indeks Dominansi Simpson (D)

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

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

Dimana :

D : Indeks dominansi Simpson

P_i : Probabilitas spesies (kepadatan relatif).

4. Indeks Kemerataan Pielou (E)

Keanekaragaman disuatu suatu habitat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu jumlah jenis dan pemerataan jumlah individu antar jenis (Magurran, 2014). Sehingga, selain indeks keanekaragaman, perlu juga dilakukan analisis terhadap pemerataan jenis. Jumlah individu antar spesies dinyatakan merata apabila nilainya 1 atau mendekati 1, sebaliknya jumlah individu tidak merata (kemerataan rendah) apabila nilainya mendekati 0 (Boyce, 2015). Kemerataan dihitung dengan menggunakan Indeks pemerataan sebagai berikut.

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

Dimana :

E: Nilai Indeks pemerataan Pielou

H': Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S: Jumlah yang ditemukan

III.2 Pemantauan Biota Sungai

III.2.1 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 lokasi pemantauan dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel III.2 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Sungai Tahun 2021

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Sungai Huko-huko (hilir), Tambang Utara.	UTM 51M 351309.112E 9523836.949N	4°11'67.9"S 121°35'16.37"E	WTU
Sungai Huko-huko (hulu), Tambang Utara.	UTM 51M 352393.935E 9537274.318N	4°11'6.5" 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 346817.205E 9538155.13N	4 °11'13.63" S 121 °37'2.84" 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 349377E 9538161.804N	4 °11'6.66" S 121 °38'57.79"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
Sungai Lasolo (hilir), Tapunopaka.	UTM 51M 421567.651E 9615506.988N	3° 28' 41.95" S 122° 17' 37.95" E	TPK
Sungai Lasolo (hulu), Tapunopaka.	UTM 51M 420994.692E 9616199.076N	3° 28' 19.40" S 122° 17'19.39" E	TPK

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

Keterangan :

H': Indeks keragaman Shanon-Wiener.

Ni : Jumlah organisme ke i.

N : Jumlah total organisme

III.2.3 Metode Pemantauan Plankton

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

Sampel plankton tersebut kemudian dianalisis di laboratorium, untuk identifikasi jenis plankton, dan selanjutnya dilakukan analisis data. Identifikasi genera plankton, dilakukan berdasarkan karakteristik morfologi yang dicocokkan dengan referensi yaitu "*Planktonology*" (Sachlan, 1972), dan "*The Marine and Fresh-Water Plankton*" oleh (Davis, 1955). Kelimpahan fitoplankton dihitung berdasarkan metoda sapuan diatas *Sedgwick Rafter Counting Cell* (SRCC). Kelimpahan plankton dinyatakan secara kuantitatif dalam jumlah sel/liter. Dihitung berdasarkan rumus (Fachrul, 2008):

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

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):

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

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

Duketahui :

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.

III.3 Pemantauan Mangrove

III.3.1 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 Sulawesi Tenggara 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 Tabel 3.3.

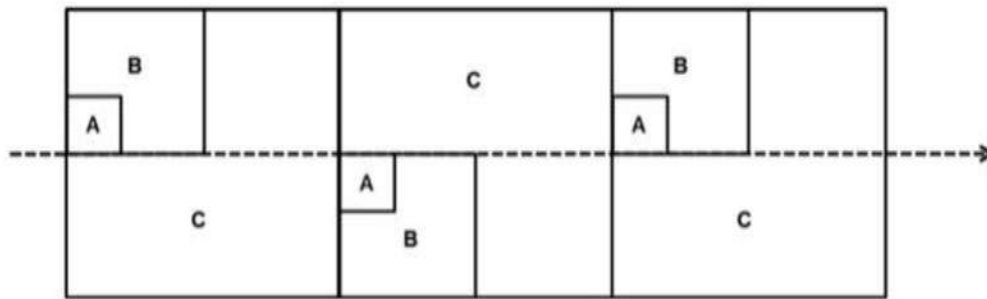
Tabel III.3 Koordinat Lokasi Pemantauan Mangrove Tahun 2021.

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, 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

WTS : Area Tambang Selatan



Gambar III.5 Desain petak contoh berupa jalur berpetak (Ghufrona, 2015).

III.3.3 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 (Odum, 1993):

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

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

d. Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman dianalisis dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener (Hutchesson, 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 (shanon-Wiener)

ni : Jumlah total individu species (i)

N : Jumlah total individu seluruh jenis

S : Jumlah spesies yang ditemukan

Σ : 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

III.3.4 Metode Pemantauan Fauna Mangrove

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

Penggunaan metode purposive sampling bertujuan untuk memperoleh data kekayaan jenis yang maksimal pada setiap titik. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan ayakan atau drag sampler yang akan ditarik secara perlahan dibagian dasar, permukaan batu dan pinggiran sungai (Barkia *et al.*, 2014). Untuk sampel yang dapat terlihat oleh mata langsung diambil menggunakan tangan (Cameron dan Schroeter, 1980; Barkia *et al.*, 2014).

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

III.4 Pemantauan Biota Laut

III.4.1 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.

Selain itu terdapat dua stasiun kontrol untuk pemantauan biota laut yang bertujuan mendapatkan data pada lokasi-lokasi yang cukup jauh dari berbagai gangguan baik berupa dampak dari aktivitas operasi perusahaan maupun gangguan yang bukan dari aktivitas Antam. Stasiun ini berada pada laut di tengah-tengah antara Tg. Leppe dan Pulau Maniang.

Khusus untuk pemantauan biota laut untuk aktivitas Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) titik pemantauan ditentukan mengacu kepada dokumen Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) Pembangunan dan Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan Kapasitas Maksimum 2x75 MW dan Fasilitas Penunjangnya di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara, Tahun 2011. Pada RPL tersebut ditetapkan sembilan titik pemantauan biota laut berdasarkan hasil modelling terhadap persebaran air buangan dan arus laut. Pada RPL ini lokasi pemantauan biota laut berada pada beberapa lokasi yakni pada jarak 100 m, 500m dan 1000m dari titik outlet masing-masing ke arah utara, selatan dan barat dari titik outlet pembuangan air pendingin.

PT Antam Tbk UBPN Sulawesi Tenggara 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. Selanjutnya titik pemantauan Flora dan Fauna Unit Bisnis Pertambangan Nikel Konawe Utara pada area Kanan Jetty dan Kiri Jetty. Lokasi pemantauan Biota laut tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel III.4 Koordinat Lokasi Pemantauan Biota Laut Tahun 2021.

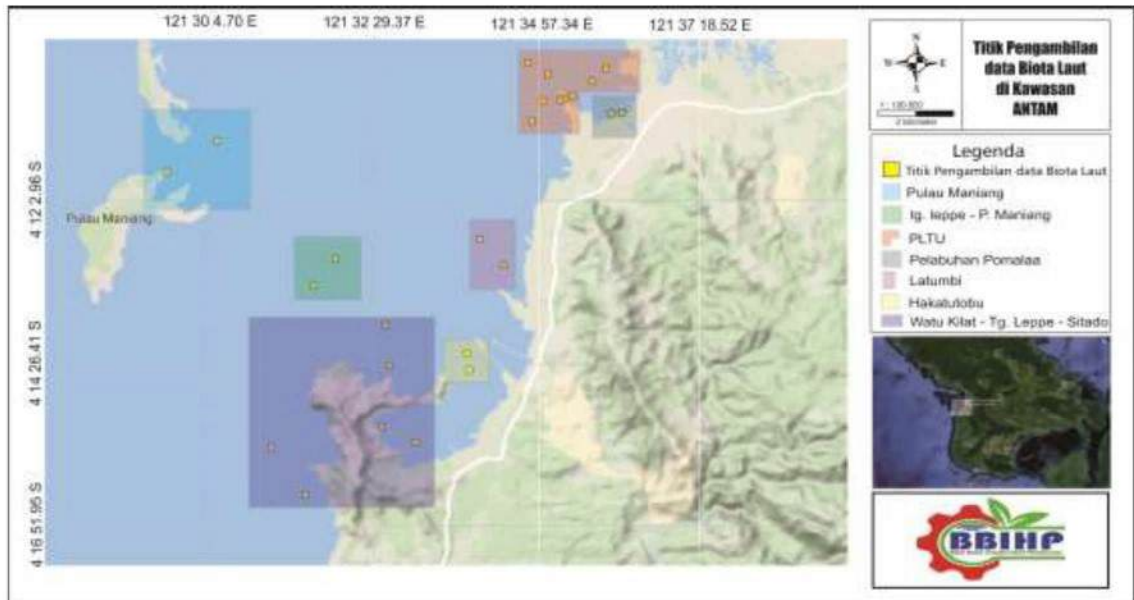
Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Area Pemantauan Dekat dan Jauh Aktivitas Antam			
Pelabuhan Pomalaa 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Utara.	UTM 51M 0344657 9537816	4°10'48.71" S 121°36'1.48" E	WTU
Pelabuhan Pomalaa 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Utara.	UTM 51M 0344911 9538060	4°10'40.78" S 121°36'9.73 E	WTU
Latumbi 1 (dekat aktivitas Antam),	UTM 51M 341660.161E	4°12'56.89" S	WTT

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Tambang Tengah	9533873.709N	121°34'24.07" E	
Latumbi 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Tengah.	UTM 51M 341118.204E 9534871.615N	4°12'24.37 E 121°34'6.55" E	WTT
Sitado 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Selatan	UTM 51M 338049.259E 9529551.66N	4°15' 17.39" S 121°32' 26.7" E	WTS
Sitado 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Selatan	UTM 51M 339299.179 9528878.169	4°15'39.39 E 121°33'7.2" E	WTS
Tg. Leppe 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Selatan.	UTM 51M 0338685 9531322	4°14'19.79" S 121°32'47.43" E	WTS
Tg. Leppe 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Selatan.	UTM 51M 0338947E 9532522N	4°13'40.74" S 121°32'56.0" E	WTS
Watu Kilat 1 (dekat aktivitas Antam), Tambang Selatan.	UTM 51M 336449.003E 9527816.985N	4°16'13.77" S 121°31'34.7 E	WTS
Watu Kilat 2 (jauh aktivitas Antam), Tambang Selatan.	UTM 51M 0335523 9528941	4°15'37.12" S 121°31'4.74" E	WTS
Pulau Maniang 1 (dekat aktivitas Antam), Pulau Maniang.	UTM 51M 0332423 9536134	4°11'42.74" S 121°29'24.66" E	PM
Pulau Maniang 2 (jauh aktivitas Antam), Pulau Maniang.	UTM 51M 0334450 9536889	4°11'18.28" S 121°30'30.44" E	PM
PLTU			
PLTU AL 2 (100m arah utara), Tambang Utara.	UTM 51M 0343432 9538334	4°10'31.78" S 121°35'21.79" E	WTU
PLTU AL 3 (500m arah utara), Tambang Utara.	UTM 51M 0343937 9538679	4°10'20.57" S 121°35'38.18" E	WTU
PLTU AL 4 (1000m arah utara), Tambang Utara	UTM 51M 0344330 9539213	4°10'3.21" S 121°35'50.96" E	WTU
PLTU AL 5 (100m arah Selatan), Tambang Utara.	UTM 51M 0343322 9538223	4°10'35.38" S 121°35'18.21" E	WTU
PLTU AL 6 (500m arah selatan), Tambang Utara.	UTM 51M 343078 9538227	4°10'35.42" S 121°35'10.3" E	WTU
PLTU AL 7 (1000m arah selatan),	UTM 51M 342827	4°10'48.83" S	WTU

Nama Lokasi	Koordinat UTM	Koordinat Geografis	Lokasi
Tambang Utara.	9537809	121°35'2.14" E	
PLTU AL 8 (100m arah Barat), Tambang Utara.	UTM 51M 0343375 9538303	4°10'32.78" S 121°35'19.94" 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
Hakatutobu 2 (luar keramba), Tambang Selatan.	UTM 51M 0341440 9532282	4°13'48.7" S 121°34'16.83" E	WTS
Area Pemantauan Tapunopaka			
Kiri Jetty 1 (Tapunopaka)	UTM 51 S 422233.789E 9616989.066N	3°27' 53.7" S 122°17' 59.57" E	TPK
Kiri Jetty 2 (Tapunopaka)	UTM 51 S 422042.537E 9617152.514N	3°27' 48.38" S 122°17' 53.38" E	TPK
Kanan Jetty 1 (Tapunopaka)	UTM 51 S 422458.117E 9616211.611N	3°28' 19.03" S 122°18' 6.82" E	TPK
Kanan Jetty 2 (Tapunopaka)	UTM 51 S 423023.658E 9616195.379N	3°28' 19.57"S 122°18'25.15"E	TPK

Keterangan:

- WTU : Area Tambang Utara
- WTT : Area Tambang Timur
- WTS : Area Tambang Selatan
- PM : Pulau Maniang
- LM : Leppe – Maniang
- TPK : Tapunopaka



Gambar III.6 Titik pemantauan biota laut.

III.4.2 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 disepanjang garis transek yang berada di bawah meteran pada setiap interval 0.5 meter dimulai dari 0.0 m, 0.5 m, 1.0 m, 1.5m dan seterusnya hingga 19.5m 40 titik data per 20 meter bagian transek. Data yang telah terkumpul kemudian diolah dengan menggunakan *software reef check*.

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

1. *Hard Coral* (HC): Karang keras termasuk karang hidup yang memutih, karang api (*Millepora*), karang biru (*Heliopora*) dan karang pipa (*Tubipora*).
2. *Soft Coral* (SC): Karang lunak, termasuk *zoanths*, tapi bukan anemone laut.
3. *Nutrient Indikator Alga* (NIA): Alga indikator nutrient, kecuali koralin alga, *Halimeda*, dan turf alga.
4. *Recently Killed Coral* (RKC): Karang yang baru saja mati dalam waktu kurang dari satu tahun, strukturnya masih lengkap/belum terkikis.
5. *Sponge* (SP): Spons kecuali Tunikata.

6. *Rock* (RC): Batu, substrat apapun yang ditutup turf alga atau koralin alga, dan karang yang mati lebih dari setahun, dalam literature lain disebut sebagai *Dead Coral Algae (DCA)*.
7. *Rubble* (RB): Pecahan karang dengan diameter arah terpanjang 0.5 dan 15 cm.
8. *Sand* (SD): Pasir atau partikel yang ukurannya yang lebih kecil dari 0.5 cm.
9. *Silt/clay* (SI): Lumpur atau lempung.
10. *Other* (OT): semua organisme diam/tidak bergerak termasuk anemone laut, tunikata, gorgonian atau substrat abiotik.

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

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

III.4.3 Metode Pemantauan Bentos/Invertebrata

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

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

1. *Banded Coral Shrimp*: Udang karang *Stenopus hispidus*.
2. *Diadema Urchin*: Bulu babi jenis *Diadema* spp., *Echinothrix diadema*.
3. *Pencil urchin*: Bulu babi duri pencil *Heterocentrotus mammillatus*.
4. *Collector Urchin*: Bulu babi jenis *Tripneustes* spp.

5. *Crown Of Thorns* (COTs): Bulu seribu *Acanthaster planci*.
6. Triton: kerang triton *Charonia triton.s*
7. Lobster *Panulirus versicolor*.
8. *Giant Clam*: Kima *Tridacna* spp.
9. *Sea Cucumber*: Teripang dengan jenis *Thelenata ananas*, *Stichopus cloronatus*, dan *Holothuria edulis*.

III.4.4 Metode Pemantauan Ikan

Pemantauan ikan/*nekton* dilakukan dengan metode UVC (*Underwater Visual Census*). Disepanjang garis transek sepanjang 100 meter, lebar 5 meter (2,5 meter ke kiri dan 2,5 meter ke kanan) titik tengah berpatokan pada garis transek, dan tinggi 5 meter. Sehingga penyelam seolah akan melakukan pengamatan di dalam akuarium besar yang berukuran 100 x 5 x 5 meter. Setelah menggelar transek, penyelam harus menunggu selama 15 menit sebelum memulai survei.

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

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

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

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

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

b. Ikan indikator : ialah kelompok ikan karang yang dijadikan sebagai indikator kesehatan terumbu Dalam penelitian ini kelompok ikan indikator diwakili oleh

suku Chaetodontidae (kelompok ikan kepe-kepe). Kelimpahannya dihitung secara kuantitatif.

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

Data ikan karang yang didapatkan selanjutnya dilakukan analisis berdasarkan indeks keanekaragaman (H), Indeks dominansi (C) dan Kelimpahan ikan pada tiap lokasi pengamatan menggunakan software *Past4.03* (Hummer *et al.* 2001).

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

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

Keterangan :

H' = Indeks Keanekaragaman

n_i = Jumlah individu setiap spesies

N = Jumlah individu seluruh spesies.

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

H' < 1,0 : Rendah

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

H' > 3,322 : Tinggi

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

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

Keterangan:

C = Dominansi Simpson

n_i = Jumlah individu tiap spesies

N = Jumlah individu seluruh spesies.

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

$0,00 < D < 0,50$: Rendah

$0,50 < D < 0,75$: Sedang

$0,75 < D < 1,00$: Tinggi

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

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

Keterangan X : kelimpahan ikan karang

X_r : jumlah ikan pada stasiun pengamatan ke-i

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

III.4.5 Metode Pemantauan Plankton

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Flora dan Fauna Darat

IV.1.1 Flora Darat

Pemantauan flora wilayah Pertambangan PT Antam Tbk Pomalaa, tahun 2021 dilakukan di sembilan area yaitu area Virgin (Alami), area revegetasi tahun 2015 (N6), revegetasi tahun 2016 (N5), revegetasi tahun 2017 (N4), revegetasi tahun 2018 (N3), revegetasi tahun 2019 (N2), revegetasi tahun 2020 (N1), area terganggu (bekas tambang), dan area Pulau Maniang. Selain itu, pemantauan flora dilakukan pada dua area di wilayah Unit Bisnis Pertambangan Nikel Konawe Utara yaitu pada area Bukit Geomine (area virgin) dan Bukit Molawe (area terganggu).

IV.1.1.1 Wilayah Virgin (Alami)

Pemantauan flora pada area virgin dilakukan pada tiga lokasi yaitu Bukit VI wilayah Tambang Utara (203 mdpl), Bukit TLC.1 Wilayah Tambang Tengah (147 mdpl), dan Bukit H Wilayah Tambang Selatan (87 mdpl). Suhu udara berkisar 27.5°C – 27.6°C, kelembaban udara antara 78.5% – 86.8%, kelembaban tanah 40% - 60%, dan pH tanah 7.5 – 8.0.

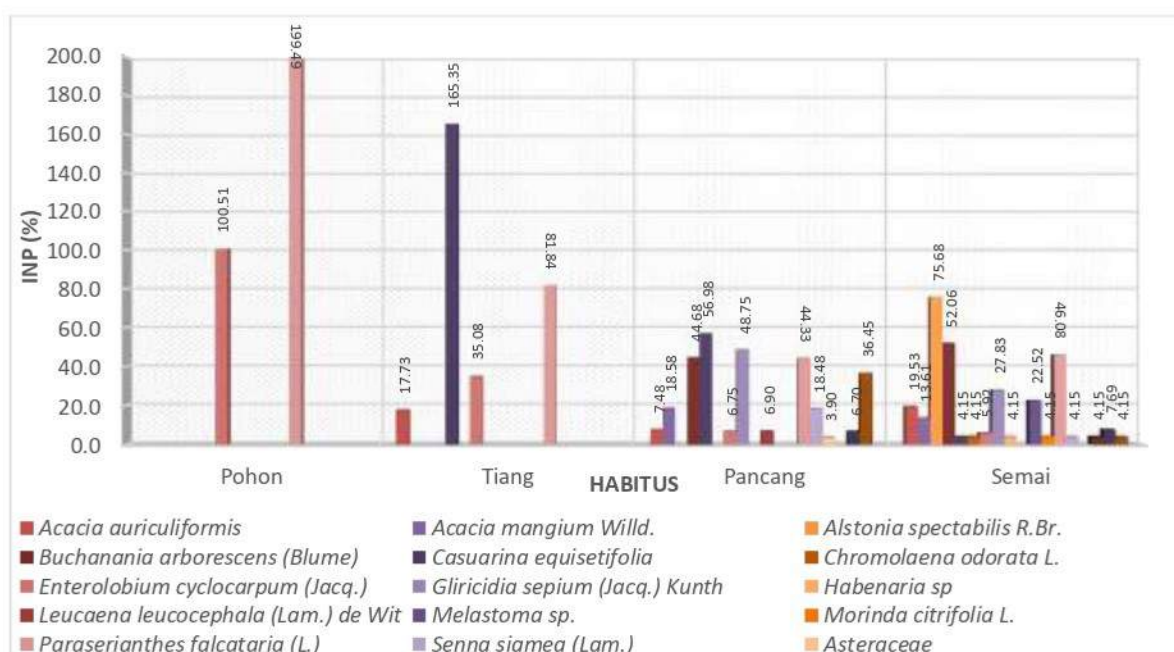
Pada Gambar 4.1 menunjukkan empat jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (keliling ≥ 62 cm) di daerah virgin/alami, dengan Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq dan terendah dari jenis Ficus *Ficus* sp. Pada tumbuhan yang berhabitus tiang (keliling 30 – 61 cm) terdapat 11 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara gunung *Casuarina junghuniana* Miq dan terendah dari jenis Melinjo *Gnetum gnemon* L. Untuk tumbuhan berhabitus pancang (Tinggi > 1,5 m, keliling < 30 cm) terdapat 21 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr, dan terendah dari jenis Ketimunan *Timonius cf. celebicus*. Sedangkan untuk tumbuhan berhabitus semai didapatkan 18 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Kayu besi *Xanthostemon aurantiacus* (Brongn. & Gris) Schltr dan INP terendah ada 4 jenis tumbuhan yaitu ficus *Ficus* sp., Knema *Knema celebica*, Pandan duri *Pandanus tectorius*, dan Rotan tikus *Flagellaria indica*. Selain itu, ditemukan tumbuhan jenis Paku-pakuan *Pityrogramma calomelanos* dan Anggrek vanda merah

IV.1.1.3 Area Revegetasi Tahun 2016 (N5)

Pemantauan flora pada area revegetasi tahun 2016, dilakukan pada dua lokasi yaitu Bukit I Wilayah Tambang Utara (103 mdpl) dengan luas 4.35 ha, dan Bukit TY.2 Tambang Tengah (143 mdpl) dengan luas 3.40 ha. Suhu udara 28.5°C – 31.2°C, kelembaban udara 76.2% – 76.5%, kelembaban tanah 20% – 30%, dan pH tanah 7.5-8.

Pada Gambar 4.3 menunjukkan enam jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (keliling ≥ 62 cm) di area revegetasi tahun 2016, dengan Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. dan terendah dari 2 jenis tumbuhan yaitu Gamal *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (tanaman pelindung) dan Johar *Senna siamea* (Lam.). Pada tumbuhan yang berhabitus tiang (keliling 30 – 61 cm) terdapat 8 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* dan terendah dari jenis Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd. Untuk tumbuhan berhabitus pancang (Tinggi > 1,5 m, keliling < 30 cm) terdapat 16 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. dan terendah dari jenis kersen hutan *Trema orientale* (L.) Blume. Sedangkan untuk tumbuhan berhabitus semai terdapat 13 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L 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*. Jumlah total jenis tumbuhan yang terpantau dan teridentifikasi pada area revegetasi tahun 2016 adalah 22 jenis tumbuhan. Terdapat 3 jenis tumbuhan yang habitus hidupnya lengkap yaitu Cemara laut, Gamal, dan Sengon laut.

(INP) tertinggi dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* (L.) dan INP terendah dari jenis Sengon buto *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.). Pada tumbuhan berhabitus tiang (keliling 30 – 61 cm) terdapat 4 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, dan INP terendah jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis*. Untuk tumbuhan berhabitus pancang (Tinggi > 1,5 m, keliling < 30 cm) terdapat 12 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* dan terendah dari jenis famili Asteraceae. Sedangkan tumbuhan berhabitus semai terpantau 16 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Tirotasi *Alstonia spectabilis* R.Br. dan INP terendah ada 7 jenis yaitu Cemara laut *Casuarina equisetifolia*, Kirinyuh *Chromolaena odorata* L., Anggrek hutan *Habenaria* sp., Mengkudu *Morinda citrifolia* L., Johar *Senna siamea* (Lam.), Ketapang *Terminalia catappa* L., dan Bitti *Vitex cofassus*. Jumlah total jenis tumbuhan yang terpantau dan teridentifikasi pada area revegetasi tahun 2018 adalah 18 jenis tumbuhan. Terdapat 2 jenis tumbuhan yang habitus hidupnya lengkap yaitu Sengon buto dan Sengon laut.



Gambar IV.5 Indeks Nilai Penting (INP 1-300%) jenis tumbuhan berdasarkan tingkat habitus di area revegetasi tahun 2018 (N3) Wilayah Tambang PT Antam Tbk, Pomalaa.

Pertumbuhan tanaman di area revegetasi tahun 2018 terlihat cukup bagus, tumbuhan yang dominan umumnya dari tumbuhan hasil revegetasi, dengan kanopi

lebat dan melebar, serta tinggi tajuk mulai tinggi. Hal ini memungkinkan tumbuhan penutup tanah (*Cover crop*) dapat tumbuh dengan baik sehingga dapat mengurangi erosi di musim hujan.

IV.1.1.6 Area Revegetasi Tahun 2019 (N2)

Pemantauan flora pada area revegetasi tahun 2019 dilakukan pada 2 lokasi yaitu Bukit Triton (113 mdpl) dan Bukit Q (17 mdpl) dengan luas 7.47 ha, di Wilayah Tambang Selatan(WTS). Suhu udara 30.4°C – 33.1 °C, kelembaban udara 64.8% - 75.3%, kelembaban tanah 10% - 20%, dan pH tanah 8.

Pada Gambar 4.6 menunjukkan satu jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (keliling ≥ 62 cm) di area revegetasi tahun 2018, dengan Indeks Nilai Penting (INP) dari jenis Sengon laut *Paraserianthes falcataria* L. Untuk tumbuhan yang berhabitus tiang (keliling 30 – 61 cm) terdapat 5 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi dari jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* dan INP terendah dari jenis Akasia daun kecil *Acacia auriculiformis*. Untuk tumbuhan berhabitus pancang (Tinggi $> 1,5$ m, keliling < 30 cm) terdapat 13 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi jenis Cemara laut *Casuarina equisetifolia* dan terendah dari jenis Trambesi *Samanea saman* (Jacq.) Merr. Sedangkan untuk tumbuhan berhabitus semai terpantau 17 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi jenis Mahang merah *Macaranga* sp. 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. (Sebagai catatan, keberadaan jenis Mahang merah (Famili Apocynaceae), dan Dempul lelet bukan merupakan jenis tanaman revegetasi tetapi merupakan jenis hasil suksesi). Jumlah total jenis tumbuhan yang terpantau dan teridentifikasi pada area revegetasi tahun 2019 adalah 20 jenis tumbuhan. Terdapat 1 jenis tumbuhan yang habitus hidupnya lengkap dari jenis Sengon laut.

terpantau dan teridentifikasi pada *Hauling Road* (area virgin) WTPM adalah 13 jenis tumbuhan. Terdapat 3 jenis tumbuhan yang ditemukan berhabitus lengkap yaitu Tirotasi (pulai), Mangga-mangga dan Cemara gunung.

Vegetasi di area *Stockyard* (area terganggu) WTPM terlihat belum terpantau adanya jenis tumbuhan yang berhabitus pohon (keliling ≥ 62 cm) dan tiang (keliling 30 – 61 cm). Namun telah dijumpai tumbuhan berhabitus pancang (Tinggi > 1,5 m, keliling < 30 cm) pada 4 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi jenis Mangga-mangga *Buchanania arborescens* Blume. dan INP terendah dari jenis Tirotasi (pulai) *Alstonia spectabilis* R.Br. Sedangkan untuk tumbuhan berhabitus semai terpantau 9 jenis tumbuhan, dengan INP tertinggi jenis Mengkudu *Morinda citrifolia* L. dan INP terendah dari 4 jenis tumbuhan yaitu Tirotasi (pulai) *Alstonia spectabilis* R.Br., Akasia daun lebar *Acacia mangium* Willd., Kelapa *Cocos nucifera* L., dan Ketapang *Terminalia catappa* L. Jumlah total jenis tumbuhan yang terpantau dan teridentifikasi pada *Stockyard* (area terganggu) WTPM adalah 9 jenis tumbuhan dan tidak terdapat tumbuhan yang berhabitus lengkap.

IV.1.1.10 Analisis Tinggi Vegetasi

Rerata tinggi tanaman untuk kategori pohon, tiang dan pancang ditunjukkan pada Gambar 4.10. Area revegetasi tahun 2020 (N1), menunjukkan tanaman yang belum mencapai habitus pohon. Namun telah terdapat vegetasi yang mencapai kategori pancang dengan rerata tinggi tanaman 6.29 m. Vegetasi tanaman pada area revegetasi tahun 2019 (N2), terdapat tanaman yang sudah mencapai habitus pohon dengan tinggi rata-rata 14.33 m, sedangkan rerata tinggi untuk habitus tiang 10.41 m dan untuk habitus pancang rata-rata tingginya mencapai 7.61 m. Vegetasi tanaman pada area revegetasi tahun 2018 (N3), rata-rata tinggi tanaman pada habitus pohon adalah 12.65 m, untuk habitus tiang adalah 12.23 m dan rerata tinggi tanaman pada habitus pancang adalah 8.07 m. Vegetasi tanaman pada area revegetasi tahun 2017 (N4), rata-rata tinggi tanaman pada habitus pohon adalah 14.21 m, untuk habitus tiang adalah 12.91 m dan rerata tinggi tanaman pada habitus pancang adalah 6.99 m.

IV.4.4 Plankton Laut

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, Latumbi 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, Latumbi 2 dan Pulau Maniang 2. Lokasi pengambilan sampel plankton sebagai area kontrol terdiri atas titik pengambialan sampel Tanjung Leppe- Pulau Maniang 1 dan Tanjung Leppe-Pulau Maniang 2.

Hasil analisis indeks keanekaragaman shanon-winner plankton laut di area sekitar aktivitas Antam secara umum menunjukkan nilai keanekaragaman fitoplankton pada kategori baik hingga sedang dan nilai keanekaragaman zooplankton pada kategori sedang hingga buruk berdasarkan kriteria indeks diversitas plankton (Center dan Hill, 1981 dalam Soeparmo, 1992). Nilai rata-rata keanekaragaman fitoplankton tertinggi terdapat pada area dekat aktivitas dengan nilai keanekaragaman 1,46 sedangkan nilai rata-rata keanekaragaman fitoplankton terendah pada area jauh dari aktivitas Antam dengan nilai keanekaragaman 0,95. Nilai rata-rata keanekaragaman zooplankton tertinggi terdapat pada area kontrol dengan nilai keanekaragaman 0,69 sedangkan nilai rata-rata keanekaragaman zooplankton terendah terdapat pada area jauh aktivitas Antam dengan nilai keanekaragaman 0,54 seperti yang disajikan pada Gambar 4.69.

BAB VI

REKOMENDASI

VI.1 Rekomendasi untuk Lingkungan Darat

Hasil pemantauan flora fauna di wilayah pertambangan PT Antam, Tbk. Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara memperlihatkan bahwa perusahaan telah melakukan pengelolaan lingkungan dengan baik sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara. Pada daerah revegetasi/reklamasi pada wilayah pasca tambang yang dilakukan pada tahun 2018 terkhusus di WTS diperoleh persentase 93%, pada tahun 2017 diperoleh persentase penutupan tanah di WTU 55%, di WTT 94% dan di WTS 47%, atau rata-rata kurang lebih 65,33%, sedangkan di Pulau Maniang tidak ada proses reklamasi/revegetasi. Pada daerah revegetasi/reklamasi pada wilayah pasca tambang yang dilakukan pada tahun 2016 diperoleh persentase penutupan tanah di WTU 38%, di WTT 20% dan di WTS 17%, atau rata-rata kurang lebih 25%. Pada daerah revegetasi/reklamasi pada wilayah pasca tambang yang dilakukan pada tahun 2015 diperoleh persentase penutupan tanah di WTU 42% di WTT 39% dan atau rata-rata kurang lebih 40,5%. Data tersebut memeperlihatkan bahwa semakin lama waktu rekalamasi maka persentase penutupan tanah semakin berkurang. Perubahan ini normal pada proses suksesi ekosistem yang telah mengalami gangguan. Nilai tersebut dapat kita bandingkan dengan presentasi penutupan pada ekosistem virgin disekitar lokasi yaitu di WTU 30%, di WTT 26% dan di WTS 37%, atau rata-rata kurang lebih 31%. Perubahan persentasi penutupan ini juga dipengaruhi habitus vegetasi berupa pohon, tiang, pancang dan semai pada daerah revegetasi/reklamasi baik oleh tumbuhan yang sengaja ditanam sebagai tanaman revegetasi maupun tumbuhan yang tumbuh secara alami.

Berdasarkan pemantauan fauna darat yang terdapat di wilayah pertambangan, fauna yang tercatat terdiri dari kelas Aves, Mamalia, dan Reptilia. Dari kelas Aves terdapat terdapat tiga jenis yang dilindungi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor

P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, yaitu burung Elang-ular sulawesi (*Spilornis rufipectus*), Elang-alap dada-merah (*Accipiter rhodogaster*), dan Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*). Ketiga jenis burung tersebut juga termasuk ke dalam kategori Appendix II dalam peraturan perdagangan internasional (CITES). Selain itu, terdapat sembilan jenis (24.3%) yang merupakan burung endemik Sulawesi yaitu Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*), Kehicap sulawesi (*Hypothymis puella*), Pelanduk sulawesi (*Pellorneum celebense*), Elang-alap dada-merah (*Accipiter rhodogaster*), Cabai panggul-kelabu (*Dicaeum celebicum*), Cabai panggul-kuning (*Dicaeum aureolimbatum*), Elang-ular sulawesi (*Spilornis rufipectus*), Bubut sulawesi (*Centopus celebensis*), dan Kepudang-sunggu sulawesi (*Edolisoma morio*). Semua jenis yang tercatat tergolong ke dalam Least Concern (tingkat risiko rendah) berdasarkan daftar merah *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN-red list).

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

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

Berdasarkan hasil pemantauan flora dan fauna pada tahun 2021 di wilayah pertambangan PT Antam Tbk. UBPN Sulawesi Tenggara maka direkomendasikan:

1. Menetapkan dan Melestarikan daerah-daerah virgin yang bisa dijadikan sebagai kontrol dan sumber plasma nutfah untuk bibit keperluan reklamasi.
2. Memperbanyak jenis-jenis tanaman yang menghasilkan bunga, biji, dan buah pada lokasi reklamasi, agar dapat menunjang kehidupan fauna darat.
3. 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).
4. Pembuatan terasering untuk meningkatkan peresapan air ke dalam tanah dan mengurangi jumlah aliran permukaan sehingga memperkecil resiko pengikisan oleh air.

VI.2 Rekomendasi untuk Lingkungan Perairan Sungai

Berdasarkan hasil analisis data pada pemantauan flora-fauna pada lingkungan perairan sungai pada tahun 2021 di sekitar PT Antam Tbk. UBPN Sulawesi Tenggara, dimana hasil yang diperoleh menunjukkan keanekaragaman plankton memiliki indeks yang relatif sedang, nilai kelimpahan fitoplankton menunjukkan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan rendah (oligotrofik), dan nilai kelimpahan zooplankton menunjukkan kondisi perairan dengan tingkat kesuburan rendah (oligotrofik) hingga tingkat kesuburan sedang (mesotrofik). Rekomendasi pada pemantauan periode ini agar melakukan upaya-upaya revegetasi di daerah sempadan sungai untuk meningkatkan kualitas ekosistem wilayah sungai. Selain itu, perlu memperhatikan polutan atau limbah yang masuk ke aliran sungai.

VI.3 Rekomendasi untuk Lingkungan Mangrove

Hasil analisis data pada pemantauan fauna burung pada lingkungan mangrove pada tahun 2021 di sekitar PT Antam Tbk. UBPN Sulawesi Tenggara, terdapat lima spesies (14.4%) burung yang dilindungi berdasarkan Permen

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

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

Berdasarkan hasil pemantauan flora dan fauna pada tahun 2020 di lingkungan mangrove PT Antam Tbk. UBPN Sulawesi Tenggara maka direkomendasikan untuk melakukan penambahan luasan area rehabilitasi mangrove dalam rangka meningkatkan keanekaragaman flora fauna di lingkungan mangrove. Selain itu juga perlu menanam berbagai jenis tanaman mangrove agar dapat mendekati keanekaragaman flora dan fauna di area virgin.

VI.4 Rekomendasi untuk Lingkungan Perairan Laut

Ekosistem perairan laut yang penting di wilayah perusahaan PT Antam Tbk. UBPN Sulawesi Tenggara 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 di sisi 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.

VI.5 Rekomendasi untuk Wilayah Pemantauan Tapunopaka

VI.5.1 Rekomendasi untuk Lingkungan Darat

Berdasarkan pengamatan fauna burung, jenis endemik sulawesi yang ditemukan relatif banyak, yaitu sebanyak sembilan jenis (39.13%). Terdapat dua 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 burung Serindit sulawesi (*Loriculus stigmatus*) dan Kring-kring bukit (*Prioniturus platurus*). Selain itu, persentase *feeding guild* tertinggi pada Wilayah Tapunopaka yang dijumpai adalah kelompok burung insektivora (pemakan serangga) sebesar 39% kemudian diikuti oleh kelompok burung frugivora (pemakan buah) sebesar 35%. Tingginya persentase burung insektivora dapat disebabkan oleh tingginya populasi serangga sebagai sumber pakan burung yang ada di stasiun pengamatan. Kerapatan pohon yang tinggi akan mempengaruhi tingginya keberadaan serangga.

Rekomendasi untuk fauna darat yaitu perlu dilakukan perlindungan habitat yang di dalamnya ditemukan jenis-jenis endemik ataupun dilindungi, sehingga jenis-jenis tersebut terhindar dari kepunahan. Selain itu, perlu juga untuk

memperbanyak jenis-jenis tanaman yang menghasilkan bunga, biji, dan buah pada lokasi reklamasi, agar dapat menunjang kehidupan fauna darat.

VI.5.2 Rekomendasi untuk Lingkungan Laut

Ekosistem perairan laut di wilayah Tapunopaka 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. Ekosistem terumbu karang di wilayah perairan Tapunopaka memiliki kondisi yang cukup baik. Namun di sisi 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. 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 laut Tapunopaka.
2. Mengupayakan melakukan pengelolaan lingkungan wilayah laut untuk menjaga kondisi ekosistem laut.

BAB VII

PENUTUP

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

Pemantauan flora fauna pada tahun 2021 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, wilayah tambang Tapunopaka. Pelaksanaan pemantauan flora fauna yang telah dilakukan ini menunjukkan bahwa perusahaan sebagai salah BUMN di Republik Indonesia telah memperlihatkan salah satu bagian ketaatan dalam melakukan kaidah pertambangan yang baik sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrim, M., S.A. Harahap, dan K. Wibowo. 2012. Struktur komunitas ikan karang di perairan Kendari. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.17 (3):154-163
- Allen G R, Steene R, Humann P, Deloach N. 2003. Reef Fish Identification Tropical Pacific. Australia New World Publications.
- Allen, G.R. 2005. Coral Reef Fishes of Southwestern Halmahera, Indonesia. Report of Halmahera Survey, 2005.
- Ambeng. 2020. *Karakteristik Sedimen Dan Biodiversitas Ekosistem Mangrove Pangkajene, Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan*. Program Studi Teknologi Kebumihan Dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makassar. Disertasi.
- Arief, A. 2003. *Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya*. Kanisius. Yogyakarta.
- Arlott N. 2018. *Birds of the Philippines, Sumatra, Java, Bali, Borneo, Sulawesi, the Lesser Sundas, and Moluccas*. William Collins Publisher. United Kingdom
- Asih, P. 2014. *Produktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Teluk Dalam Desa Malng Rapat Bintan*. Skripsi. UMRAH FIKP: Tanjung Pinang.
- Barkia, H., Barkia A., Yacoubi, R., Guamri, Y. E., Tahiri, M., Kharrim, K. E. 2014. Distribution of fresh-water mollusks of the Gharb area (Morocco). *Environments*. 1: 4-13.
- Bell, J.D. and R. Galzin. 1984. Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. *Marine Ecology Progress Series*, 5:265-274. <https://pdfs.semanticscholar.org/3327/7427c90b72e08d614814e529390bf5dfd481>.
- Bengen, D.G. 2013. Bioekologi terumbu karang status dan tantangan pengelolaan. Dalam: Nikijuluw, et al. (eds.). *Coral governance*. IPB Press. Bogor. Hlm.: 62-74
- Bibby C, Burgess N, Hill D, Mustoe S. 2000. *Bird Census Techniques 2nd Edition*. Academic Press. United Kingdom.
- Bibi F dan Ali Z. 2013. *Measurement of Diversity Indices of Avian Communities at Taunsa Barrage Wildlife Sanctuary, Pakistan*. Japs, Journal Of Animal And Plant Sciences 23:469–474.
- Boyce RL. 2015. *Life Under Your Feet: Measuring Soil Invertebrata Diversity*. Teaching Issues and Experiments in Ecology. 3: 1–28.
- Brower, J.E., and Zar, J.H., 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. W.M.C. Brown Company Publishers, Iowa.
- Brower, J.E., and Zar, J.H., 1997. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. W.M.C. Brown Company Publishers, Iowa.
- Cameron R. A. dan Schroeter S. C. 1980. Sea urchin recruitment: Effect of substrate selection on juvenile distribution. *Marine Ecology Progress Series*. 2: 243-247.
- Center LW dan LG Hill. 1981. *Handbook of Variabels for Environmental Impact Assesement*. Ann Arbor Science Publ. Inc/The Butterworth Group

- Choat, J. H. & D. R. Bellwood. 1991 . *Reef Fish, Their History and Evolution : Sale P. F. (Ed), The Ecology of Fish on Coral Reef*. Academic Press. San Diego, California. Hlm 39 – 66.
- Dahuri R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Davis, C.,C., 1955. *The Marine and Fresh Water Plankton*. Michigan State University, Chicago.
- Dewi RS, Mulyani Y, Santosa Y. 2007. *Keanekaragaman Spesies Burung di Beberapa Tipe Habitat Taman Nasional Gunung Ciremai*. Yayasan Penerbit IPB. Bogor.
- Effendie, H. 2003. *Telaah Kualitas Air. Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. IPB. Bogor.
- 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.
- Faturrohman, I., & Nurruhwati, I. (2016). *Korelasi Kelimpahan Plankton Dengan Suhu Perairan Laut Di Sekitar PLTU Cirebon*. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 7(1).
- Gomez, E. D. dan Yap, H. 1988. *Monitoring Reef Condition. Coral Reef Management Hand Book*. Unesco Regional Office for Science and Technology for South East Asia. Jakarta.
- Green,A.L. 1996. *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
- Hidayat., T., Kusmana., C, Dan Tiriyana T. 2010. *Species Composition And Structure Of Secondary Mangrove Forest In Rawa Timur, Central Java, Indonesia*. Study Program Of Tropical Silviculture, Graduate School Of Bogor Agricultural University. Volume 10. Issue 4.
- 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.
- Karnan. 2000. *Asosiasi Spasio-Temporal Komunitas Karang dengan Bentuk Pertumbuhan Karang di Perairan Barat Daya Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat*. Tesis.Program Pascasarjana. IPB. Bogor. 77 hlm.
- Kassim, Z., Ahmad, Z. & Ismail, N., 2018. *Diversity Of Bivalves In Mangrove Forest Tok Bali Kelantan Malaysia*. *Science Heritage Journal/ Galeri Warisan*

- Sains, II(2), pp.4-9.
- Krebs CJ. 1985. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row. United Kingdom.
- Kuiter, C. J. 1992. *Tropical Reef Fish of Western 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 Public. Seaford VIC 3198.
- Kumar & Khan. 2013. *The Distribution and Diversity of Benthic Macroinvertebrate Fauna in Pondicherry, Mangrove, India*. *Aquatic Biosystems* 9:15.
- Kusumaningsari, D., S, Hendrarto, B, Dan Ruswahyuni. 2015. Kelimpahan Hewan Makrobentos Pada Dua Umur Tanam Rhizophora Sp. Di Kelurahan Mangunharjo, Semarang. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. *Diponegoro Journal Of Maquares Management Of Aquatic Resources* [Http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Maquares](http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Maquares). Volume 4. Nomor 2. Halaman 58-64.
- McConnel, R. H. 1987. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press. Cambridge, London. 1987. hlm.171-211.
- Macintosh DJ & Ashton EC. 2002. *A Review of Mangrove Biodiversity Conservation and Management*. Centre for Tropical Ecosystems Research (cenTER Aarhus).
- 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.
- 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.
- 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.
- Marshall, A. and P.J. Mumby. 2015. The role of surgeonfish (Acanthuridae) in maintaining algal turf biomass on coral reef. *J. of Experimental Marine Biologi and Ecology*, 473:152-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2015.09.002>.
- Mernisa, M. & Oktamarsetyani, W., 2017. *Keanekaragaman Jenis Vegetasi Mangrove di Desa Sebong Lagoi, Kabupaten Bintan*. Prosiding seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi, pp.39-50.
- Montgomery WLT, Gerrodette dan Marshall LD. 1980. Coral ang Fish Community Structure of Sombrero Island, Batangas, Philippines. *Proc. Fourth Int. Coral Reef Symp. Vol 2*.
- Muhammad GA, Mardastuti A, Sunarminto T. 2018. *Keanekaragaman jenis dan kelompok pakan avifauna di Gunung Pinang, Kramatwatu, Kabupaten*

- Serang, Banten. Media Konservasi. 2 (23): 178-186.*
- Munandar, A., Ali, M, S., dan Karina S. 2016. *Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Estuari Kuala Rigaih Kecamatan Setia bakti Kabupaten Aceh Jaya. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah. Volume 1, Nomor 3:331-336.*
- Nontji. 2008. *Plankton Laut.* Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Nybakken, J. W. 1992. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis.* PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Obura, D.O., & Grimsdith, G. (2009). *Resilience Assessment of coral reefs – Assessment protocol for coral reefs, focusing on coral bleaching and thermal stress (p. 70).* Gland, Switzerland: IUCN working group on Climate Change and Coral Reefs.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi Umum.* Diterjemahkan oleh T. Samingan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. hlm 574.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi Umum.* Diterjemahkan oleh T. Samingan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. hlm 574.
- Odum, E.P. 1998. *Dasar-Dasar Ekologi Edisi Ketiga.* Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Pitopang R, I. Lapandjang and I. Burhanuddin. 2011. *Profil Herbarium Celebense dan Deskripsi 100 Jenis Pohon Khas Sulawesi.* Editor: Z Basri. Edisi Kedua; UNTAD Press. Palu.
- 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.
- Primack. 1998. *Biologi Konservasi.* Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Puspasari R, Hartati RT, Anggawangsa RF. 2017. *Analisis Dampak Reklamasi Terhadap Lingkungan dan Perikanan di Teluk Jakarta.* Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia. 9(2) : 85-94.
- Reese ES. 1981. Predation on Coral by Fishes of the Family Chaetodontidae: Implications for Conservation and Management of Coral Reef Ecosystems. *Buletin of Marine Science.*
- Roberts, C.M., & Ormond, R.F.G. (1987). *Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs.* *Marine Ecology, 41, 1 – 8.*
- Sachlan, M. 1972. *Planktonology.* Direktorat Jenderal Perikanan Departemen Pertanian Jakarta.
- Sengupta, R. 2010. *Mangrove Soldiers of our Coasts.* Mangrove For The Future India, 20, Anand Lok, August Kranti Marg. India.
- Soeparmo, H.A., 1992. *Metode dan Teknik Analisis Komponen Biotik Ekosistem Darat.* Pusat Penelitian Kesehatan Lingkungan Universitas Airlangga, Surabaya.

- 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.
- Suthers, I., Rissik, D., & Richardson, A. (Eds.). (2019). *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO publishing.

LAMPIRAN