

**PERANCANGAN GEOMETRI JALAN TAMBANG PADA
PIT 3E PT. ANEKA NUSANTARA INTERNASIONAL
DI KECAMATAN BUNTA KABUPATEN BANGGAI
PROVINSI SULAWESI TENGAH**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1)
Pada Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Sembilanbelas November Kolaka**

OLEH :

**FAISAL JAMALUDDIN
170920176**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SEMBILANBELAS NOVEMBER KOLAKA
NOVEMBER 2022**

ABSTRAK

PERANCANGAN GEOMETRI JALAN TAMBANG PADA PIT 3E PT. ANEKA NUSANTARA INTERNASIONAL DI KECAMATAN BUNTA KABUPATEN BANGGAI PROVINSI SULAWESI TENGAH

OLEH :

Faisal Jamaluddin

170920176

(Program Studi Teknik Pertambangan)

Penelitian ini bertujuan untuk membahas terkait perancangan jalan tambang yang sesuai dengan standar geometri jalan. Perancangan geometri jalan tambang mengacu pada Keputusan Menteri ESDM No.1827/K/30/MEM/2018 dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) tahun 1993. Geometri jalan tambang meliputi lebar jalan lurus, lebar jalan pada tikungan, kemiringan jalan, kemiringan melintang dan superelevasi yang dibandingkan dengan perhitungan secara teoritis berdasarkan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Perancangan jalan tambang dilakukan pada Pit 3E dengan menggunakan beberapa perangkat lunak seperti *Surpac*, *ArcGis*, *AutoCAD* dan *Google Earth Pro*.

Adapun hasil perhitungan standar geometri jalan tambang meliputi nilai lebar jalan lurus minimum 9,28 m, lebar jalan pada belokan minimum 14,4 m, kemiringan jalan maksimum 12%, *cross fall* maksimum 2%, serta superelevasi maksimum 1,33%. Berdasarkan hasil pengukuran kondisi geometri jalan tambang yang ada saat ini, masih didapatkan beberapa segmen yang belum memenuhi standar geometri jalan tambang. Berikut ini adalah data hasil pengukuran geometri jalan tambang : lebar jalan lurus 3,4 m sampai 7,4 meter; lebar jalan belokan 7,2 meter sampai 20,8 meter; dan kemiringan jalan 5,01 % sampai 17,25 %; Oleh karena itu, perlunya dilakukan pembuatan jalan tambang yang sesuai dengan standar dari Keputusan Menteri ESDM No.1827/K/30/MEM/2018 dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

Kata Kunci : Perancangan, Geometri Jalan, Produksi, Keputusan Menteri ESDM, AASHTO

ABSTRACT

GEOMETRIC DESIGN OF MINING ROADS AT PIT 3E PT. ANEKA NUSANTARA INTERNASIONAL BUNTA DISTRICT BANGGAI REGENCY CENTRAL SULAWESI PROVINCE

By :

Faisal Jamaluddin

170920176

(Mining Engineering Study Program)

The research was aimed to design a mine road that conformed to geometry standards. The design of the mine road geometry refers to the ESDM minister's decision No. 1827/K/30/MEM/2018 and AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) in 1993. Mine road geometry includes straight road width, bend road width, grade, cross fall and superelevation which is compared with theoretical calculations based on AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). The mine road design was carried out on pit 3E using several software such as Surpac, ArcGis, AutoCAD, and Google Earth Pro.

The results of the calculation of the standard mining road geometry include a minimum straight road width of 9.28 m, a minimum turn width of 14.4 m, a maximum road slope of 12%, a maximum cross fall of 2%, and a maximum superelevation of 1.33%. Based on the results of the measurement of the current geometry of the mining road, there are still some segments that do not meet the geometry standards of the mining road. The following is the result of the measurement of the geometry of the mine road: the width of the straight road is 3.4 m to 7.4 meters; the width of the turning road is 7.2 meters to 20.8 meters; and the slope of the road is 5.01% to 17.25%; Therefore, it is necessary to make mining roads in accordance with the standards of the Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources No.1827/K/30/MEM/2018 and AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Keywords : Design, Road Geometry, Production, ESDM Minister's Decision, AASHTO

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Faisal Jamaluddin
NIM : 170920176
Program Studi : Teknik Pertambangan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Perguruan Tinggi : Universitas Sembilanbelas November Kolaka

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul **“Perancangan Geometri Jalan Tambang Pada Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional Di Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah”** adalah hasil karya sendiri, tidak dibuatkan, bukan hasil jiplakan/kopian atau plagiat.

Jika dikemudian hari skripsi tersebut ternyata bukan hasil karya sendiri, maka saya bersedia skripsi dan gelar kesarjanaan saya dicabut demi hukum.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan penuh rasa tanggung jawab.

Kolaka, November 2022

Mahasiswa,



Faisal Jamaluddin

170920176

HALAMAN PENGESAHAN

**JUDUL : PERANCANGAN GEOMETRI JALAN TAMBANG
PADA PIT 3E PT. ANEKA NUSANTARA
INTERNASIONAL DI KECAMATAN BUNTA
KABUPATEN BANGGAI PROVINSI SULAWESI
TENGAH**

NAMA : FAISAL JAMALUDDIN

NIM : 170920176

PROGRAM STUDI : TEKNIK PERTAMBANGAN

Kolaka, November 2022

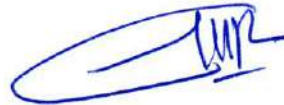
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. SAHRUL, S.T., M.T., IPP
NIDN : 091708860



NURFASIHA, S.T., M.T
NIDN : 0005078703

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pertambangan



Ir. SAHRUL, S.T., M.T., IPP
NIDN : 091708860

LEMBAR PERSETUJUAN

Pada hari Senin, tanggal 31 Oktober 2022, diterima oleh Panitia Surat Keputusan Ujian Skripsi Tugas Akhir Program Strata Satu (S1) tahun akademik 2022/2023, Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sembilanbelas November Kolaka Nomor : 1319/UN56CO3/PG.06.02/2022 tentang Pengangkatan Tim Penguji Ujian Skripsi Tugas Akhir Program Strata Satu (S1) Semester Ganjil Tahun Akademik 2022/2023 dengan jadwal ujian pada hari Rabu tanggal 2 November 2022 dalam Ujian Skripsi Tugas Akhir Pada Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sembilanbelas November (USN) Kolaka.

Kolaka, November 2022

Mengetahui,

Pembimbing I



Ir. Sahrul, S.T., M.T., IPP
NIDN : 091708860

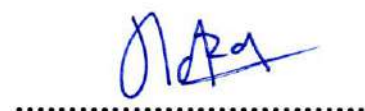
Pembimbing II



Nurfasiha, S.T., M.T
NIDN : 0005078703

Dewan Penguji :

1. **Penguji I**
(Rina Rembah, S.T., M.T., CPHCM)
2. **Penguji II**
(Hasriyanti, S.T., M.T)
3. **Penguji III**
(Isramyano Yatjong, S.T., M.T)


.....
.....
.....

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena karunia dan rahmatnya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan Skripsi Tugas Akhir, dengan judul **“Perancangan Geometri Jalan Tambang Pada Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional di Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah”**. Skripsi Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S1).

Dalam merampungkan penulisan Skripsi Tugas Akhir ini, tentunya banyak mendapatkan hambatan namun berkat petunjuk dari Tuhan Yang Maha Esa, maka penulisan Skripsi Tugas Akhir ini dapat selesai. Melalui kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak **Jamaluddin** dan Ibu **Faizah** yang dengan tulus selalu memberikan dukungan moril maupun materil serta doa kepada penulis.
2. Ketiga kakak kandung penulis yaitu **Achmad Arief**, **Edi Julianto**, dan **Abdul Muiz Amd.Ti**, yang selalu mendukung dan menyemangati dalam penyelesaian penelitian.
3. Bapak **Dr. H. Nur Ihsan HL., M.Hum**, selaku Rektor Universitas Sembilanbelas November Kolaka.
4. Ibu **Rina Rembah, ST., MT., CPHCM** selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sembilanbelas November Kolaka.
5. Bapak **Ir. Sahrul, S.T., M.T., IPP** selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan sekaligus pembimbing I saya.
6. Ibu **Nurfasiha, S.T., M.T** selaku pembimbing II dalam penulisan Tugas Akhir (TA) saya.
7. Seluruh jajaran PT. Aneka Nusantara Internasional (ANI) selaku pemilik Izin Usaha Pertambangan di Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah.

8. Seluruh jajaran PT. Fortino Artha Sejahtera sebagai kontraktor yang mengontrol seluruh kegiatan produksi dan eksplorasi di PT. Aneka Nusantara Internasional.
9. Kakanda **Asrul, S.T.** selaku Site Manager, **Muhammad Asnawi, S.T.** selaku Senior Geologist Resource, **Risky Adi Putra, S.T.** selaku Mine Engineering, **Stefano Arby Francies, S.T** selaku Production Supervisor yang selalu membimbing dan mendampingi selama kegiatan penelitian hingga dalam penyusunan laporan tugas akhir.
10. Teman – teman angkatan 2017 teknik pertambangan yang selalu membantu dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan laporan tugas Akhir.
11. Para Dosen dan Staf Fakultas Sains dan Teknologi serta Rekan-Rekan seperjuangan yang telah banyak memberikan tuntunan sehingga Tugas Akhir ini dapat tersusun.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Skripsi Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, hal ini disebabkan keterbatasan pengetahuan serta pengalaman penulis. Oleh karena itu dengan terbuka penulis menerima saran dan kritikan yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Skripsi Tugas Akhir ini. Semoga Skripsi Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis dan semoga Tuhan senantiasa melimpahkan rahmat-Nya bagi kita semua, Aamiin.

Kolaka, November 2022



FAISAL JAMALUDDIN

170920176

DAFTAR ISI

HALAMAN Sampul	i
ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERSETUJUAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Kerangka Pikir	5
BAB II TINJAUAN UMUM	7
2.1 Profil Singkat Lokasi Penelitian	7
2.2 Kesempaan Daerah Penelitian	10
2.3 Topografi dan Geomorfologi	13
2.4 Geologi Daerah Penelitian	16
2.5 Klimatologi Daerah Penelitian	19
BAB III LANDASAN TEORI	20
3.1 Sistem Penambangan	20
3.1.1 <i>Open Pit</i>	20
3.1.2 <i>Open Cut</i>	20
3.2 Jalan Tambang	23
3.3 Kriteria Dasar Perancangan	25
3.4 Manajemen Keselamatan	27
3.5 Perencanaan Teknis	27
3.5.1 Jumlah Jalur, Lajur dan Arah	29
3.5.2 Kecepatan Rencana	29
3.5.3 Dimensi Kendaraan	29
3.5.4 Geometri Jalan Tambang	30
3.5.6.1 Lebar Jalan Lurus	32
3.5.6.2 Lebar Jalan Pada Belokan	32
3.5.6.3 Kemiringan (<i>Grade</i>)	34
3.5.6.4 Kemiringan Melintang (<i>Cross Fall</i>)	35
3.5.6.5 Jari-Jari Tikungan dan Superelevasi	35

3.6	<i>Alat Angkut Dump Truck</i>	37
3.7	<i>Cut and Fill</i>	38
3.8	<i>Software Surpac</i>	39
3.9	<i>Software ArcGis</i>	40
3.10	<i>Software Google Earth Pro</i>	41
3.11	<i>Software Global Mapper</i>	42
3.12	<i>Software Auto CAD</i>	43
BAB IV METODOLOGI DAN HASIL PENELITIAN		44
4.1	Metode Penelitian	44
4.2	Tahapan Penelitian.....	44
4.2.1	Studi Literatur	44
4.2.2	Observasi Lapangan.....	44
4.2.3	Pengumpulan Data	45
4.2.4	Pengolahan Data	47
4.2.5	Analisis Data.....	48
4.2.6	Hasil	49
4.2.7	Pembahasan	49
4.2.8	Kesimpulan	49
4.2.9	Pembuatan Laporan	49
4.3	Bagan Alir Penelitian.....	49
4.4	Data Hasil Penelitian	51
4.4.1	Standar Geometri Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional	51
4.4.1.1	Dasar Perhitungan Geometri Jalan Tambang.....	51
4.4.1.2	Standar Geometri Jalan Tambang.....	52
4.4.2	Rancangan Jalan Tambang Pit 3E.....	52
4.4.2.1	Data Topografi	52
4.4.2.2	Data Log Bor Pit 3E.....	53
4.4.2.3	Data Blok Model Pit 3E.....	55
4.4.2.4	Data Estimasi Cadangan Pit 3E	55
4.4.2.5	Data Desain Pit 3E	56
4.4.2.6	Data Koordinat Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional.....	56
4.4.2.7	Rancangan Jalan Tambang.....	57
4.4.3	Kondisi Geometri Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional	59
4.4.3.1	Lebar Jalan Pada Jalan Lurus.....	59
4.4.3.2	Lebar Jalan Pada Belokan	59
4.4.3.3	Kemiringan Jalan	60
BAB V PEMBAHASAN		61
5.1	Standar Geometri Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional.....	61
4.1.1	Dasar Perhitungan Geometri Jalan Tambang.....	61
5.1.2	Standar Geometri Jalan Tambang	63
5.1.2.1	Lebar Minimum Jalan Tambang Pada Jalan Lurus....	63
5.1.2.2	Lebar Minimum Jalan Tambang Pada Belokan	64
5.1.2.3	Kemiringan Maksimum Jalan Tambang.....	64

5.1.2.4	<i>Cross Fall</i> Minimum Jalan Tambang	65
5.1.2.5	Superelevasi Maksimum Jalan Tambang.....	66
5.2	Rancangan Jalan Tambang Pit 3E	66
5.2.1	Data Topografi	67
5.2.2	Data Log Bor Pit 3E.....	68
5.2.3	Data Blok Model Pit 3E	69
5.2.4	Data Estimasi Cadangan Pit 3E.....	71
5.2.5	Data Desain Pit 3E	72
5.2.6	Koordinat Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional	73
5.2.7	Rancangan Jalan Tambang.....	75
5.3	Kondisi Geometri Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional	82
5.3.1	Lebar Jalan Pada Jalan Lurus	82
5.3.2	Lebar Jalan Pada Belokan	83
5.3.3	Kemiringan Jalan.....	83
	BAB VI PENUTUP	85
6.1	Kesimpulan	85
6.2	Saran	86
	DAFTAR PUSTAKA	87
	LAMPIRAN	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bagan Alir Kerangka Pikir	6
Gambar 2.1	Peta Citra Satelit PT. Aneka Nusantara Internasional	9
Gambar 2.2	Peta Kesampaian Daerah PT. Aneka Nusantara Internasional	12
Gambar 2.3	Peta Topografi PT. Aneka Nusantara Internasional	14
Gambar 2.4	Peta Geomorfologi PT. Aneka Nusantara Internasional	15
Gambar 2.5	Peta Geologi PT. Aneka Nusantara Internasional	18
Gambar 3.1	Metode Peambangan <i>Open Pit</i>	20
Gambar 3.2	Metode Penambangan <i>Open Cut</i>	21
Gambar 3.3	Diagram Alur Penambangan PT. Aneka Nusantara Internasional	22
Gambar 3.4	Diagram Metode Perancangan Jalan Tambang	26
Gambar 3.5	Diagram Metode Perancangan Geometri	31
Gambar 3.6	Lebar Jalan Lurus	32
Gambar 3.7	Lebar Jalan Pada Belokan	33
Gambar 3.8	Kemiringan (<i>Grade</i>) Jalan	34
Gambar 3.9	Penampang Potongan Melintang Jalan Tambang.....	35
Gambar 3.10	Sudut Maksimum Penyimpangan Kendaraan	36
Gambar 3.11	<i>Dump Truck Isuzu Giga VFZ 285 PS</i>	38
Gambar 3.12	Ilustrasi <i>Cut and Fill</i>	38
Gambar 3.13	Tampilan <i>Software Surpac 6.3</i>	39
Gambar 3.14	Tampilan <i>Software ArcGis 10.8</i>	41
Gambar 3.15	Tampilan <i>Software Google Earth Pro</i>	42
Gambar 3.16	Tampilan SRTM 30 Meter Indonesia Global Mapper	43
Gambar 4.1	Dokumentasi <i>Global Positioning System</i> (Garmin 64s).....	45
Gambar 4.2	Dokumentasi <i>Meter Roll</i> (50 Meter)	45
Gambar 4.3	Dokumentasi <i>Total Station</i> (Topcon)	46
Gambar 4.4	Dokumentasi <i>Camera Handphone</i> (Vivo 1904).....	46
Gambar 4.5	Diagram Alir Penelitian.....	51
Gambar 4.6	Desain Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional	56
Gambar 5.1	Data Penentuan Standar Geometri Jalan Tambang	62
Gambar 5.2	Lebar Minimum Jalan Tambang Pada Jalan Lurus	63
Gambar 5.3	Lebar Minimum Jalan Tambang Pada Belokan	64
Gambar 5.4	Kemiringan Maksimum Jalan Tambang	65
Gambar 5.5	<i>Cross Fall</i> Maksimum Jalan Tambang.....	65
Gambar 5.6	Superelevasi Maksimum Jalan Tambang	66
Gambar 5.7	Topografi Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional	67
Gambar 5.8	Diagram Log Bor Pit 3E.....	68
Gambar 5.9	<i>Drill Hole</i> Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional	70

Gambar 5.10	Blok Model Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional.....	71
Gambar 5.11	Diagram Sumberdaya dan Cadangan Pit 3E	72
Gambar 5.12	Peta Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional.....	74
Gambar 5.13	Tahapan Pembuatan Jalan Tambang	75
Gambar 5.14	Rancangan Jalan Tambang Pit 3E	76
Gambar 5.15	Hasil <i>Cut and Fill</i> Jalan Tambang.....	77
Gambar 5.16	Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 0-1)	78
Gambar 5.17	Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 1-2)	78
Gambar 5.18	Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 2-3)	79
Gambar 5.19	Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 3-4)	79
Gambar 5.20	Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 4-5)	79
Gambar 5.21	Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 5-6)	80
Gambar 5.22	Peta Jalan Tambang Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional	81
Gambar 5.23	Grafik Kondisi Lebar Jalan Tambang Pada Jalan Lurus	82
Gambar 5.24	Grafik Kondisi Lebar Jalan Tambang Pada Belokan	83
Gambar 5.25	Grafik Kondisi Kemiringan Jalan Tambang.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koordinat Batas Wilayah Izin Usaha Pertambangan	7
Tabel 2.2	Sumberdaya Cadangan PT. Aneka Nusantara Internasional.....	10
Tabel 2.3	Data Curah Hujan Kabupaten Banggai Tahun 2020.....	19
Tabel 3.1	Faktor Internal dan Eksternal Perancangan.....	25
Tabel 4.1	Sumber Data Perhitungan Geometri Jalan Tambang	52
Tabel 4.2	Standar Geometri Jalan Tambang	52
Tabel 4.3	Data Topografi Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional	53
Tabel 4.4	Data Log Bor Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional.....	53
Tabel 4.5	Pembagian Warna Blok Model Berdasarkan Nilai Kadar Ni	55
Tabel 4.6	Estimasi Cadangan Pit 3E Metode <i>Inverse Distance Weight</i>	55
Tabel 4.7	Koordinat Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional	56
Tabel 4.8	Koordinat Jalan Tambang Pit 3E	57
Tabel 4.9	Jumlah <i>Cut and Fill</i> Jalan Tambang Pit 3E.....	58
Tabel 4.10	Tabel Kondisi Lebar Jalan Pada Jalan Lurus	59
Tabel 4.11	Tabel Kondisi Lebar Jalan Pada Belokan	60
Tabel 4.12	Tabel Kondisi Kemiringan Jalan Tambang.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Topografi	90
Lampiran 2 Data Assay	94
Lampiran 3 Data Collar	101
Lampiran 4 Data Lithology	102
Lampiran 5 Data Survey.....	108
Lampiran 6 Spesifikasi Dump Truk Isuzu Giga FVZ 285 PS	109
Lampiran 7 Spesifikasi Dump Truk Mitsubishi Fuso 220 PS	110
Lampiran 8 Salinan Kepmen ESDM Nomor 1827 Tahun 2018.....	111
Lampiran 9 Standar Geometri Jalan Tambang	113
Lampiran 10 Regulasi Pembuatan Jalan Tambang	117
Lampiran 11 Sequence Penambangan Pit 3E.....	118
Lampiran 12 Peta Plan Blok PT. Aneka Nusantara Internasional	119
Lampiran 13 Peta Titik Bor Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional	120
Lampiran 14 Standar Operational Procedure Driver Dump Truck	121
Lampiran 15 Struktur Organisasi PT. Aneka Nusantara Internasional.....	122
Lampiran 16 Rencana dan Realisasi Konstruksi Infrastruktur PT. ANI.....	123
Lampiran 17 Dokumentasi Kegiatan PT. Aneka Nusantara Internasional ...	124
Lampiran 18 Dokumentasi Kegiatan Penelitian	125

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumberdaya alam yang melimpah. Sumberdaya alam dapat diolah dengan operasi penambangan, sehingga menjadi penyumbang devisa negara yang cukup besar. Setiap operasi penambangan memerlukan jalan tambang sebagai sarana infrastruktur yang vital didalam lokasi penambangan dan sekitarnya. Jalan tambang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis dan unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang, dan kegiatan penunjang pertambangan lainnya. Dalam pembuatan jalan tambang, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah terkait geometri jalan.

Dalam perancangan geometri jalan harus memperhatikan kondisi topografi lokasi rencana kerja dan peralatan mekanis yang akan digunakan dalam kegiatan penambangan. Perancangan geometri jalan merupakan kegiatan membangun badan jalan diatas permukaan tanah baik secara vertikal maupun secara horizontal dengan asumsi bahwa permukaan jalan adalah tidak rata. Tujuannya adalah untuk menciptakan suatu hubungan yang baik antara waktu dan ruang menurut kebutuhan kendaraan yang bersangkutan, menghasilkan bagian-bagian jalan yang dapat memenuhi persyaratan keamanan serta efisiensi yang optimal.

Dalam pelaksanaan penambangan, kondisi jalan harus baik, oleh karena itu perlunya dilakukan perancangan geometri jalan tambang yang baik dan sesuai dengan aturan yang berlaku (Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik). Perhitungan geometri jalan dilakukan dengan menjadikan alat angkut terbesar sebagai patokan sesuai dengan ketentuan dalam *A Policy on Geometric Design of Highway and Streets 7 Edition* yang dikeluarkan oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

PT. Aneka Nusantara Internasional adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan nikel laterit dengan luas area operasi produksi sebesar 1.455 Ha yang berlokasi di Kecamatan Bunta, Kabupaten

Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah. Pada saat ini PT. Aneka Nusantara Internasional sedang melaksanakan penambangan di pit 3A, namun karena jumlah cadangannya yang sudah mulai menipis, maka Pit 3E dipersiapkan sebagai lokasi kegiatan penambangan selanjutnya. Oleh karena itu, seluruh persiapannya telah diusahakan agar dalam kegiatan penambangan nantinya dapat berjalan lancar. Salah satu yang dapat menunjang kelancaran penambangan di Pit 3E nantinya adalah dengan adanya jalan tambang yang sesuai dengan alat angkut yang akan digunakan.

Kegiatan perancangan geometri jalan tambang pada Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional perlu dilakukan karena kondisi daerah yang masih dalam keadaan original dan belum adanya akses yang mendukung untuk pelaksanaan kegiatan operasi produksi yang akan dilakukan. Berdasarkan desain pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional, akan terbagi menjadi *compartement 1* dan *compartement 2*.

Kondisi jalan yang baik dapat meningkatkan hasil produksi, efektifitas kerja alat angkut, serta rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan. Sebaliknya jika kondisi jalan tidak baik, maka dapat menjadi salah satu penyebab terjadinya kecelakaan kerja yang dapat menghambat kegiatan penambangan dan kegiatan operasi produksi yang berakibat tidak tercapainya target produksi perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan diangkat dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu :

1. Berapa nilai standar geometri jalan tambang berdasarkan rencana alat angkut yang digunakan di PT. Aneka Nusantara Internasional?
2. Bagaimana rancangan desain jalan tambang sesuai standar geometri jalan tambang pada Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional?
3. Bagaimana kondisi jalan tambang yang ada di PT. Aneka Nusantara Internasional?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pelaksanaan penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh nilai standar geometri jalan tambang berdasarkan rencana alat angkut yang digunakan di PT. Aneka Nusantara Internasional.
2. Untuk membuat rancangan desain jalan tambang sesuai standar geometri jalan tambang pada Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional.
3. Untuk mengetahui kondisi geometri jalan tambang yang ada di PT. Aneka Nusantara Internasional.

1.4 Batasan Masalah

Penulis membatasi masalah agar penulisan laporan tidak keluar dari pokok permasalahan. Sehingga batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Rancangan desain jalan tambang dibuat pada area pit 3E dengan total panjang jalan adalah ± 578 m. Adapun pembagian jalannya dari Compartemen 1 menuju kejalan yang sudah ada dengan jarak 390 m dan menuju area disposal dengan jarak 270 m, sedangkan dari Compartemen 2 menuju ke jalan yang sudah ada dengan jarak 340 m dan menuju area disposal dengan jarak 160 m.
2. Penentuan nilai standar geometri jalan tambang meliputi lebar jalan lurus, lebar jalan pada belokan, kemiringan (*grade*) jalan, *cross fall* jalan, dan superelevasi jalan yang ditentukan berdasarkan spesifikasi rencana alat angkut terbesar yang akan digunakan yaitu Dump Truk Isuzu Giga FVZ 285 PS serta sesuai dengan peraturan yang tercantum dalam Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018.
3. Perancangan jalan tambang tidak menentukan material lapisan yang akan dijadikan jalan tambang, tidak memperhitungkan waktu dan biaya yang digunakan dalam pembuatan jalan tambang, serta tidak fokus terhadap kelengkapan jalan tambang seperti rambu-rambu, *drainage*, dan tanggul pengaman.
4. Desain pit dibuat oleh PT. Fortino Artha Sejahtera selaku kontraktor yang melaksanakan kegiatan pengeboran eksplorasi di PT. Aneka Nusantara Internasional. Desain pit ini digunakan menjadi data pelengkap untuk memulai titik awal perancangan jalan tambang.

5. Pengukuran geometri jalan tambang yang ada di PT. Aneka Nusantara Internasional meliputi lebar jalan pada jalan lurus, lebar jalan pada belokan, dan kemiringan jalan, sedangkan untuk pengukuran superelevasi dan *cross fall* tidak dapat dilakukan karena kurangnya alat ukur yang dapat digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan di PT. Aneka Nusantara Internasional ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai arsip di perpustakaan universitas dan/atau fakultas, serta dapat dijadikan pedoman bagi mahasiswa maupun pembaca untuk menambah ilmu pengetahuan terkait perancangan geometri jalan tambang.
2. Sebagai pembelajaran bagi penulis untuk dapat merancang geometri jalan tambang yang baik dan sesuai dengan rencana alat angkut yang akan melalui jalan.
3. Sebagai acuan atau pertimbangan bagi perusahaan dalam pembuatan jalan tambang yang sesuai dengan standar geometri jalan tambang.

1.6 Sistematika Penulisan

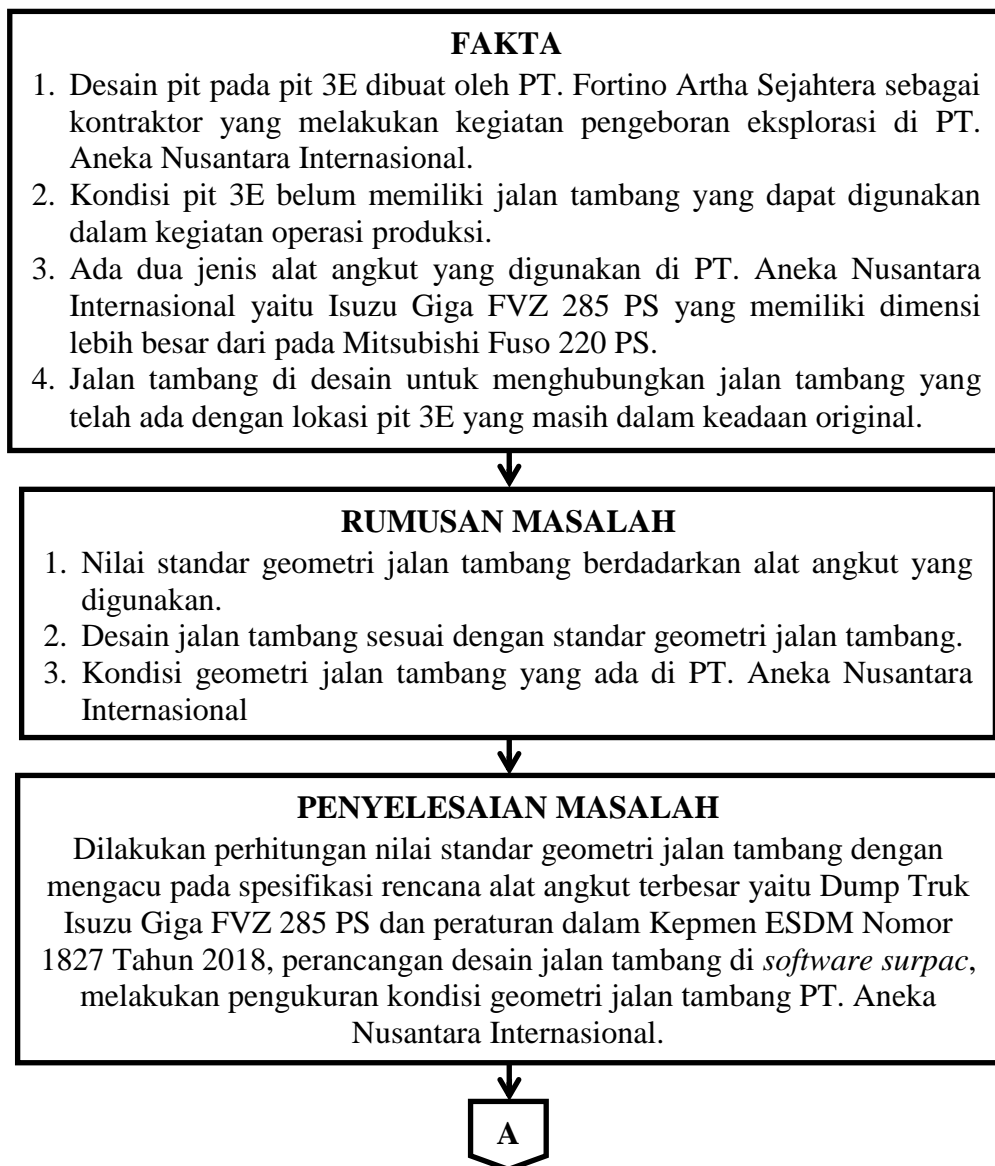
Berikut ini sistematika penulisan laporan tugas akhir yang terdiri dari enam bab, yaitu :

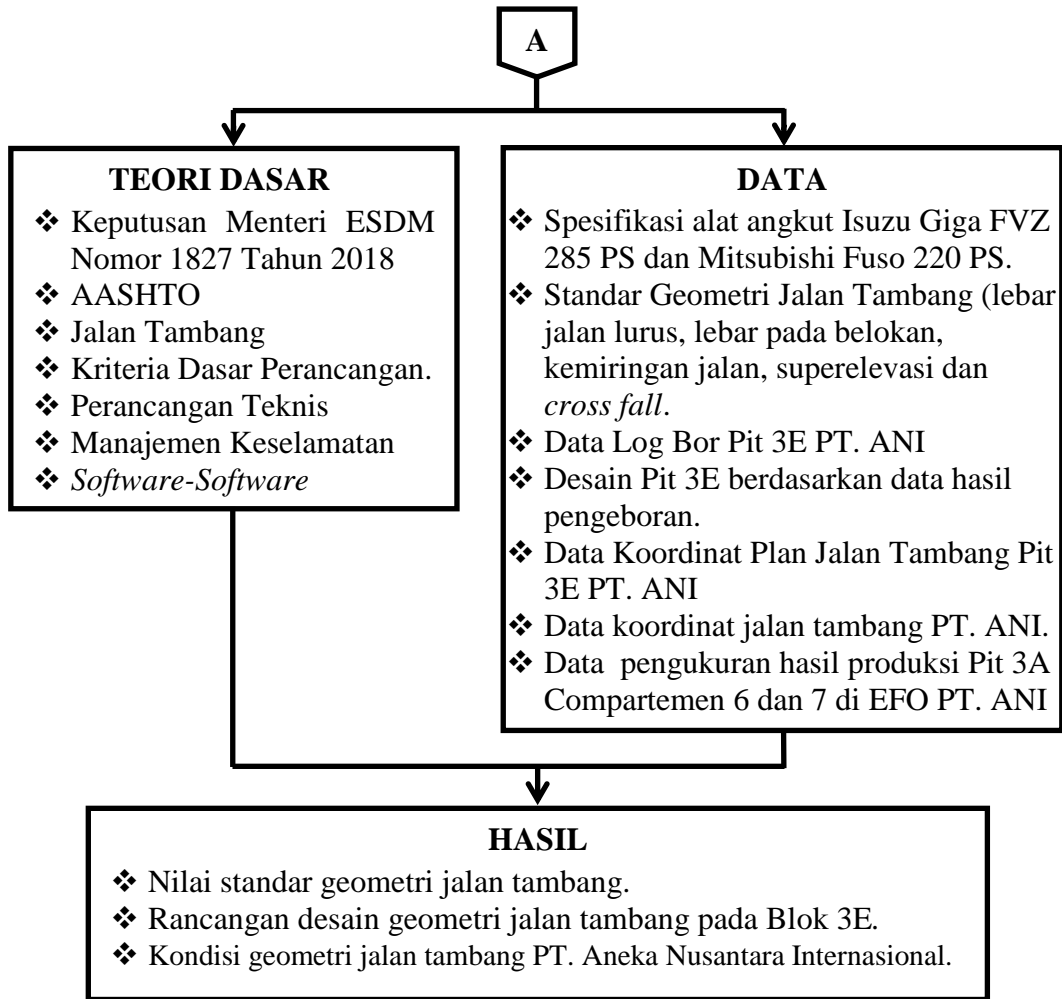
1. Bab I Pendahuluan, mencakup latar belakang sebagai bagian pembuka dan dilanjutkan dengan rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan serta kerangka berpikir.
2. Bab II Tinjauan Umum, mencakup tentang lokasi tempat penelitian, kesampaian daerah, geologi regional, topografi, hidrologi, dan klimatologi.
3. Bab III Landasan Teori, mencakup tentang teori-teori dasar sebagai bahan acuan yang akan digunakan penulis pada saat melakukan penelitian. Dasar teori yang digunakan penulis adalah teori yang menyangkut perancangan geometri jalan tambang dengan menggunakan bantuan *software surpac, arcgis, google earth pro, global mapper* dan *auto cad*.
4. Bab IV Metodologi dan Hasil Penelitian, berisi tentang tahapan-tahapan serta alur penelitian yang menjelaskan tentang prosedur penelitian dan metode pengambilan data serta jenis data yang diperlukan.

5. Bab V Pembahasan, Bab ini berisi tentang pembahasan dan penjelasan dari hasil data penelitian yang telah dilakukan pengolahan dan analisis data.
6. Bab VI Penutup, Bab VI Penutup, Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil penelitian.

1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan suatu diagram yang menjelaskan secara garis besar alur logika berjalannya suatu penelitian yang dibuat berdasarkan pertanyaan penelitian dan mempresentasikan suatu himpunan dari beberapa konsep serta hubungan diantara konsep-konsep tersebut. Kerangka berpikir yang dilakukan selama melakukan penelitian dapat dilihat pada gambar 1.1 :





Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 1.1 Bagan Alir Kerangka Pikir

BAB II TINJUAN UMUM

2.1. Profil Singkat Lokasi Penelitian

Kabupaten Banggai merupakan salah satu daerah di Sulawesi Tengah yang memiliki prospek tambang nikel laterit. Salah satu perusahaan yang melaksanakan kegiatan penambangan di daerah ini adalah PT. Aneka Nusantara Internasional dengan jangka waktu izin usaha pertambangan mulai 2 November 2009 sampai dengan 2 November 2024. Peta Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT. Aneka Nusantara Internasional dapat dilihat pada Gambar 2.1.

PT. Aneka Nusantara Internasional pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2018 tidak melakukan kegiatan apapun di wilayah izin usaha pertambangannya. Pada akhir tahun 2019 perusahaan baru memulai aktifitas penambangannya yang dimulai dengan kegiatan perbaikan infrastruktur, verifikasi cadangan, perencanaan desain tambang, mobilisasi alat dan kegiatan administrasi atau pengalihan manajemen, rekrutmen tenaga kerja, dan baru pada tahun 2020 kegiatan penambangan PT. Aneka Nusantara Internasional ini mulai melakukan produksi.

Secara administratif wilayah PT. Aneka Nusantara Internasional terletak di Desa Hion, Koninis, Tuntung, Pongian, Demangan Jaya, Tombongan Ulos, Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah dengan luasan area 7.727 Ha, namun yang diterbitkan sebagai izin usaha pertambangan operasi produksinya adalah sebesar 1.455 Ha. Berikut ini adalah data titik koordinat IUP PT. Aneka Nusantara Internasional :

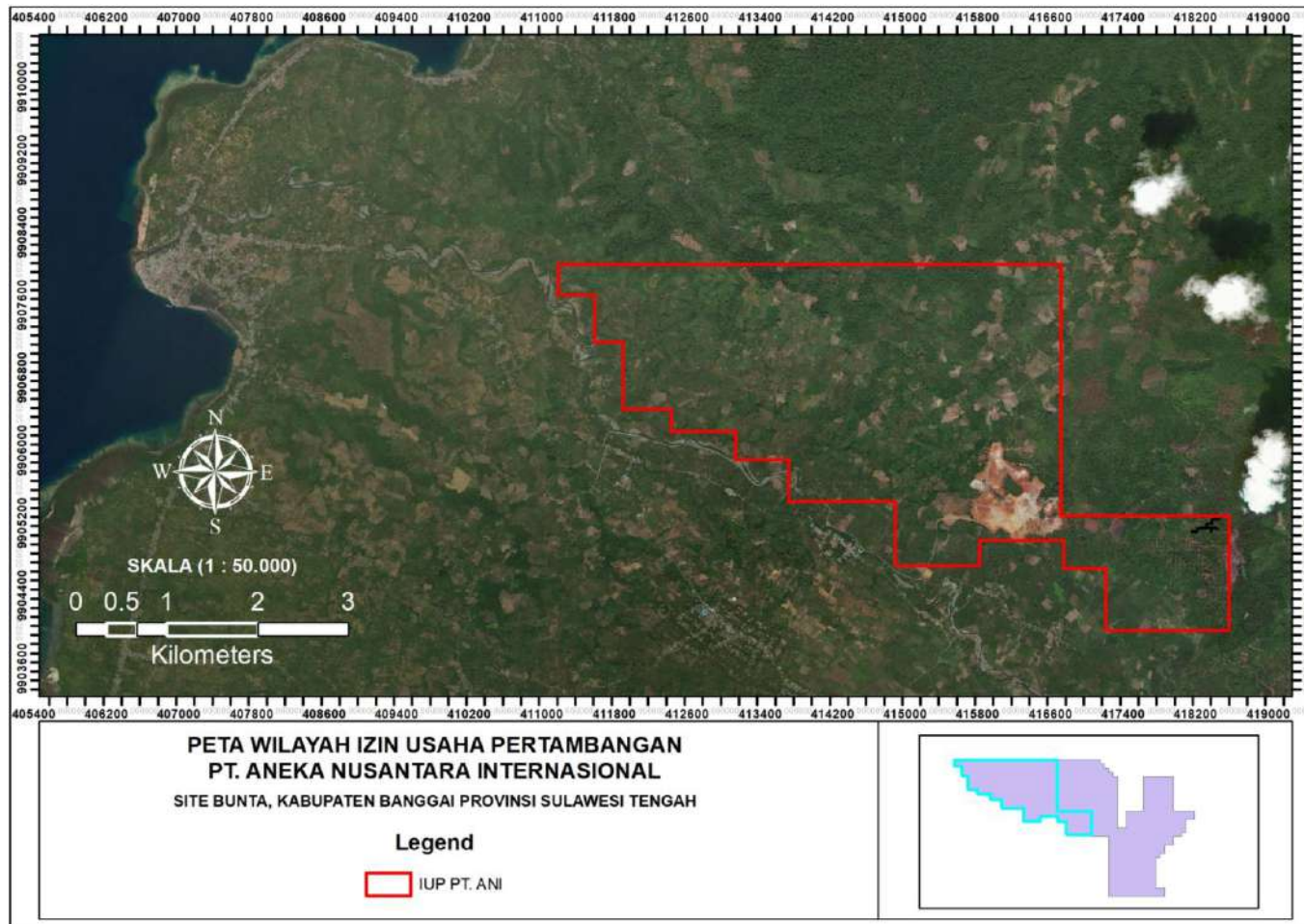
Tabel 2.1 : Koordinat Batas Wilayah Izin Usaha Pertambangan

No	Garis Bujur				Garis Lintang			
	Derajat	Menit	Detik	BT	Derajat	Menit	Detik	LS
1	122	12	1	BT	0	50	0	LS
2	122	15	0	BT	0	50	0	LS
3	122	15	0	BT	0	51	30	LS
4	122	16	0	BT	0	51	30	LS

5	122	16	0	BT	0	52	11.2	LS
6	122	15	16	BT	0	52	11.2	LS
7	122	15	16	BT	0	51	49	LS
8	122	15	1	BT	0	51	49	LS
9	122	15	1	BT	0	51	39	LS
10	122	14	31	BT	0	51	39	LS
11	122	14	31	BT	0	51	48	LS
12	122	14	1	BT	0	51	48	LS
13	122	14	1	BT	0	51	25	LS
14	122	13	23	BT	0	51	25	LS
15	122	13	23	BT	0	51	10	LS
16	122	13	4	BT	0	51	10	LS
17	122	13	4	BT	0	51	0	LS
18	122	12	41	BT	0	51	0	LS
19	122	12	41	BT	0	50	52	LS
20	122	12	24	BT	0	50	52	LS
21	122	12	24	BT	0	50	28	LS
22	122	12	14	BT	0	50	28	LS
23	122	12	14	BT	0	50	11	LS
24	122	12	1	BT	0	50	11	LS

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

PT. Aneka Nusantara Internasional melakukan penambangan dengan system tambang terbuka dengan metode penambangan *open cast* melalui penimbunan kembali (*back filling*) pada area yang telah *mined out* untuk tujuan tahapan reklamasi pasca tambang. Dalam kegiatan eksplorasi yang dilakukan oleh PT. Aneka Nusantara Internasional, menggunakan spasi antar titik bor yaitu 25x25 m, yang kemudian dilakukan perhitungan estimasi cadangan menggunakan beberapa metode sebagai parameter dalam perhitungan cadangannya, diantaranya yaitu: Metode Statistic Variogram, Metode Out Linear dan Estimasi sumberdaya nikel menggunakan metode Inverse Distance Weight. Adapun data sumberdaya dan cadangan PT. Aneka Nusantara Internasional dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

Gambar 2.1 : Peta Citra Satelit PT. Aneka Nusantara Internasional

Tabel 2.2 : Sumberdaya Cadangan PT. Aneka Nusantara Internasional

Sumberdaya Cadangan PT.ANI						
Grade			Volume	Tonnes	Ni	FE
0.1	->	1.2	3922191	5883287	0.75	39.76
1.2	->	1.3	163845	245768	1.24	43.37
1.3	->	1.4	95049	142574	1.34	41.85
1.4	->	1.5	31743	47615	1.43	41.84
1.5	->	1.6	257067	385601	1.55	17.34
1.6	->	1.7	274230	411345	1.65	21.48
1.7	->	1.8	430020	645030	1.75	21.69
1.8	->	1.9	542205	813308	1.84	21.56
1.9	->	2.0	451215	676823	1.94	21.02
2.0	->	3.99	693756	1040634	2.17	18.77
Total			6,861,321.00	10,291,985	1.21	32.39

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

2.2 Kesampaian Daerah Penelitian

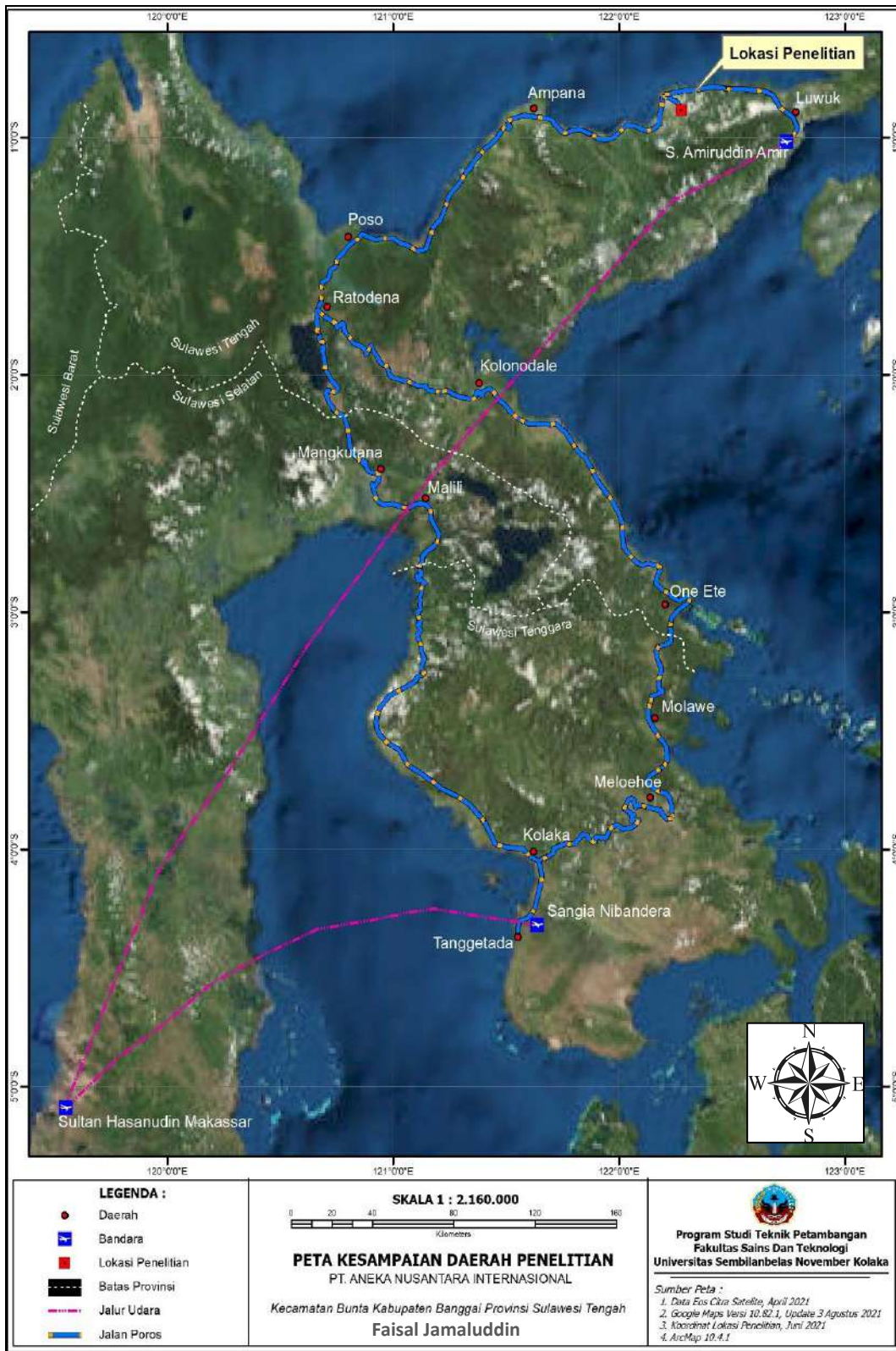
Lokasi penambangan bahan galian bijih nikel yang dilakukan oleh PT. Aneka Nusantara Internasional secara administrasi terletak di Desa Hion, Koninis, Kalaka, Tombongan Ulos, Demangan Jaya Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geografis terletak pada $0^{\circ}50' - 0^{\circ}52'$ LS dan $121^{\circ}12' - 122^{\circ}16'$ BT. Kecamatan Bunta ini memiliki luasan wilayah $\pm 579 \text{ km}^2$ sebelah barat berbatasan langsung dengan Kecamatan Bolaang dan di sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Taima. Lokasi ini dapat dilihat pada gambar 2.4 dan 2.5 dapat ditempuh dengan :

1. Jarak dari Kecamatan Tanggetada, Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara ke Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah sejauh $\pm 805 \text{ km}$ kearah utara melewati kabupaten Kolaka Utara dan berlanjut melewati Kecamatan Malili Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan dan dapat ditempuh dengan jalur darat menggunakan kendaraan roda 2 atau roda 4 selama $\pm 18 \text{ jam } 23 \text{ menit}$.

2. Sedangkan jarak yang ditempuh dengan jalur darat dari Kecamatan Tanggetada, Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara ke Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah akan lebih jauh dan lebih lama apabila perjalanan ke arah timur melewati Kabupaten Meloehoe dan berlanjut melewati Kelurahan Kolonodale Kecamatan Petasia Kabupaten Morowali Utara sejauh ± 943 kM selama kurang lebih 21 jam 7 menit.

Jika ditempuh dengan jalur udara maka berangkat dari Kecamatan Tanggetada, Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara ke Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah dapat menggunakan rute Bandar Udara Sangia Nibandera Kecamatan Tanggetada melakukan transit terlebih dahulu di Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar dengan lama penerbangan ± 55 menit dan dilanjutkan perjalanan rute udara dari Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar Menuju Bandar Udara Syukuran Aminuddin Amir Luwuk dengan lama penerbangan ± 1 jam 15 menit. Kemudian untuk sampai di lokasi penelitian masih harus melakukan perjalanan kembali menggunakan jalur darat dari Bandar Udara Syukuran Aminuddin Amir Luwuk dengan jarak ± 148 kM dengan lama perjalanan ± 3 jam 19 menit menggunakan kendaraan roda 2 ataupun roda 4.

Adapun peta kesampaian daerah PT. Aneka Nusantara Internasional yang terletak di Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

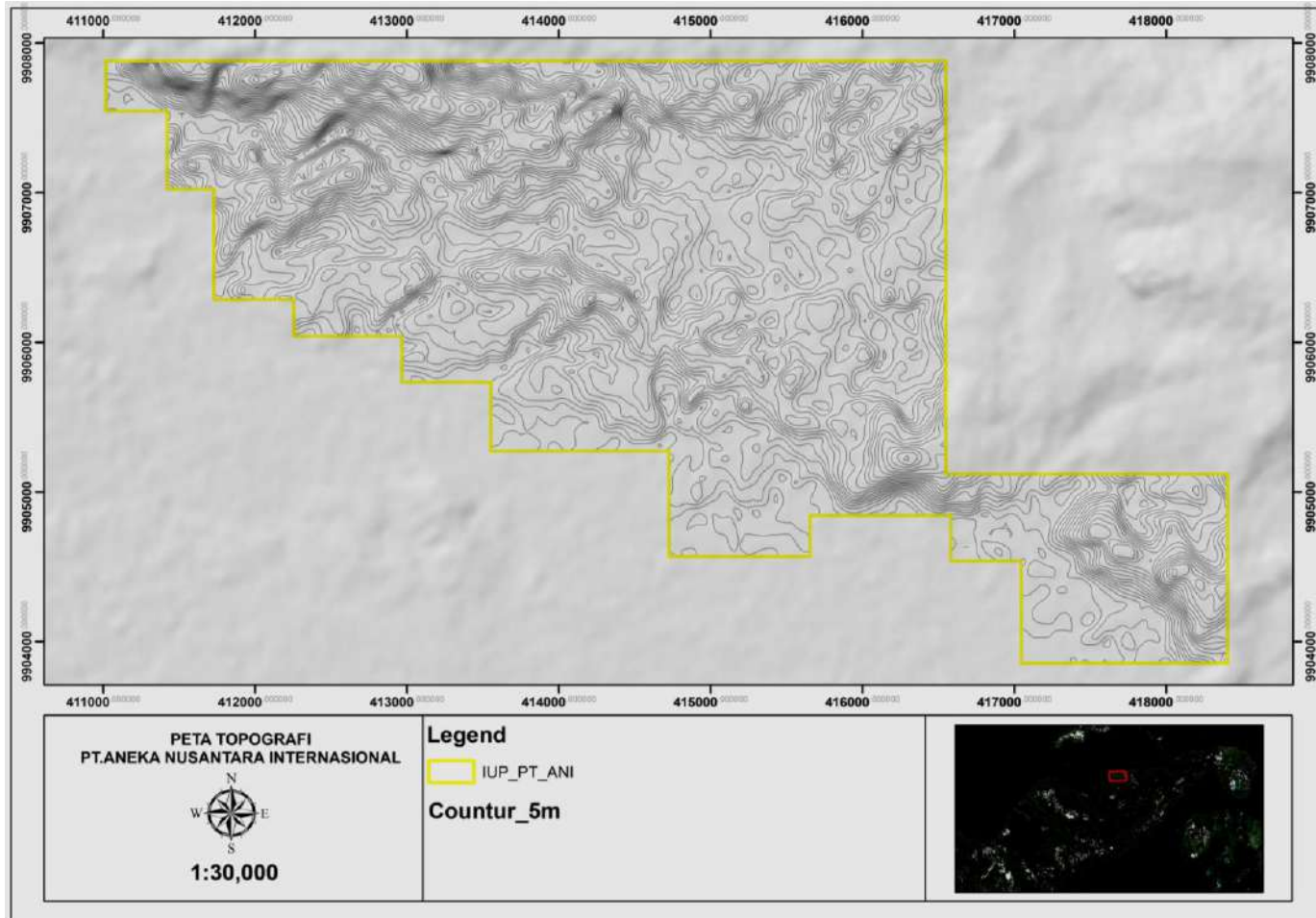
Gambar 2.2 : Peta Kesampaian Daerah PT. Aneka Nusantara Internasional

2.3 Topografi dan Geomorfologi

Keadaan topografi pada lokasi adalah landai sampai dengan kemiringan sedang, dimana keadaan topografi ini akan mempengaruhi pergerakan sirkulasi air. Untuk daerah landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan penetrasi lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori tanah dan batuan. Adapun peta topografi PT. Aneka Nusantara Internasional dapat dilihat pada Gambar 2.3. Akumulasi endapan nikel laterit umumnya terdapat pada daerah landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan tingkat ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi, pada daerah yang curam jumlah air yang mengalir (*run off*) lebih banyak dari air yang meresap sehingga menjadi penyebab pelapukan kurang intensif.

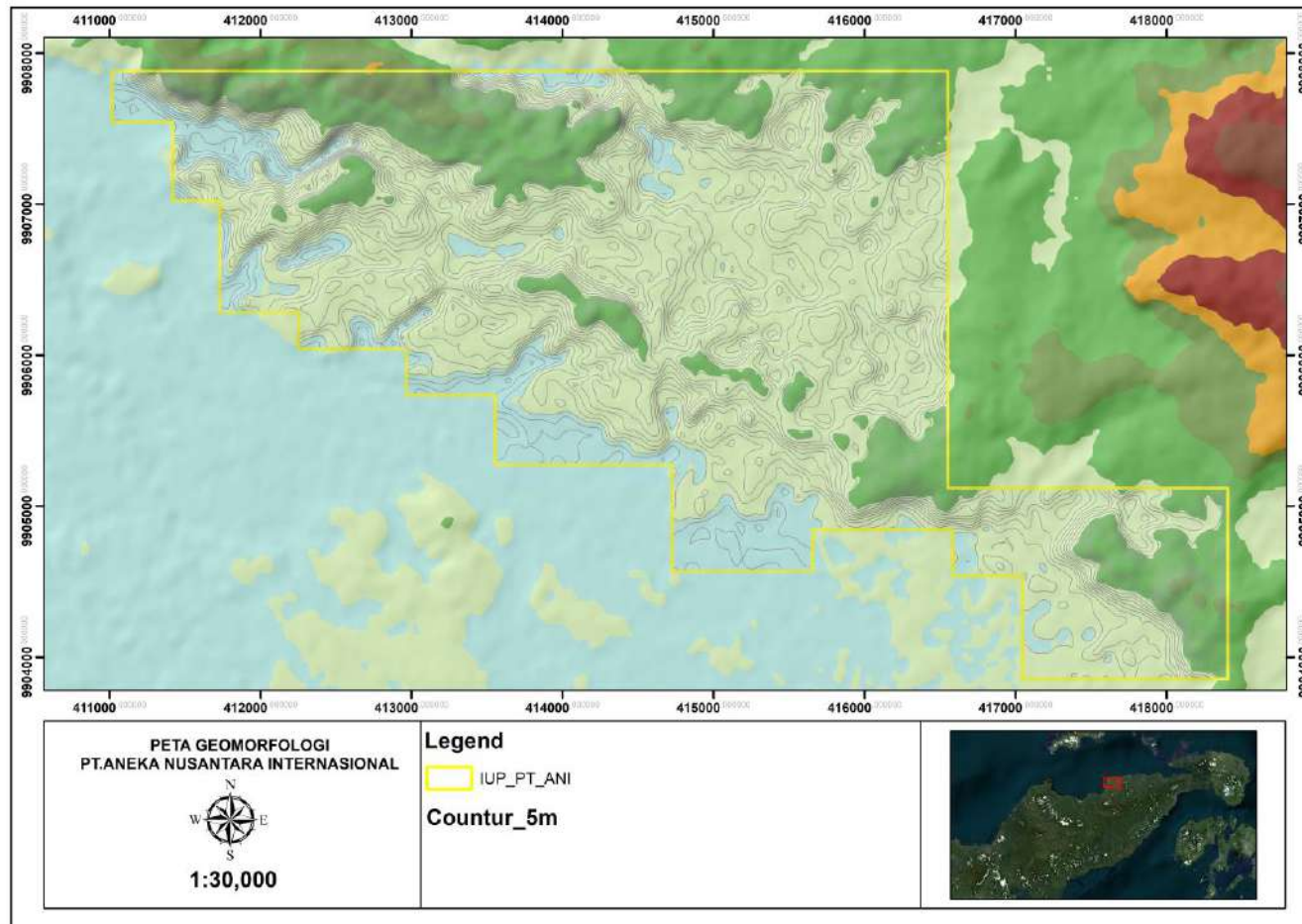
Kondisi morfologi kabupaten Banggai memiliki keanekaragaman kondisi alam, dimana terdapat pegunungan, sungai-sungai yang masih sangat jernih serta pulau-pulau kecil yang tersebar mengelilingi wilayah kabupaten. Desa-desa di kabupaten Banggai pada umumnya terletak pada ketinggian kurang dari 500 mdpl dengan bentuk permukaan tanah didominasi oleh daratan dan perbukitan. Pada desa tersebut terdapat juga pegunungan, namun dengan jumlah persentasi yang lebih kecil dibandingkan dengan daratan dan perbukitan. Desa yang terletak pada ketinggian 500-700 mdpl, pada umumnya didominasi oleh bentuk permukaan tanah yang terdiri dari perbukitan atau pegunungan. Sedangkan untuk desa yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 700 mdpl pada umumnya memiliki bentuk permukaan tanah yang didominasi oleh pegunungan.

Secara garis besar bentuk morfologi lokasi penelitian dibagi menjadi 2 jenis morfologi yaitu perbukitan bergelombang dan perbukitan bergelombang terjal. Satuan morfologi perbukitan bergelombang menempati daerah bagian utara dan timur lokasi IUP PT. Aneka Nusantara Internasional dengan kemiringan lereng 3° - 7° , pada umumnya disusun oleh batuan ultramafik. Sedangkan morfologi perbukitan bergelombang terjal menempati daerah bagian utara dan timur lokasi IUP PT. Aneka Nusantara Internasional dengan kemiringan lereng sekitar 14° - 20° , pada umumnya disusun oleh batuan ultramafik. Untuk Peta Geomorfologi PT. Aneka Nusantara Internasional dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

Gambar 2.3 : Peta Topografi PT. Aneka Nusantara Internasional



Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

Gambar 2.4 : Peta Geomorfologi PT. Aneka Nusantara Internasional

2.4 Geologi Daerah Penelitian

Daerah kabupaten Banggai dibentuk oleh tiga satuan geomorfologi yaitu satuan dataran pantai, satuan perbukitan agak curam, dan satuan perbukitan curam. Satuan batuan penyusun daerah ini terdiri dari endapan permukaan, satuan batu gamping, dan satuan batu pasir-batugamping. Satuan batu gamping merupakan bagian dari formasi salodik yang berumur oligosen – miosen. Satuan batu pasir-batugamping dapat dibandingkan dengan formasi poh yang berumur oligosen – miosen. Satuan endapan pantai terdiri dari pasir, lempung, dan lumpur yang terendapkan di sepanjang pantai, umumnya terbentuk pada hamparan pedatarang yang luas. Struktur geologi yang berkembang berupa sesar naik yang berarah timur laut – barat daya yang mengontrol pemunculan manifestasi mata air panas Banggai. Hal tersebut selaras dengan pola sesar batui yang merupakan bagian dari struktur regional di lengan Sulawesi Tengah.

Lokasi PT. Aneka Nusantara Internasional masuk kedalam geologi regional dengan stratigrafi sebagai berikut :

- a. Alluvium (Qa), batuan penyusun formasi ini berumur holosen, terdiri dari lumpur, pasir, dan kerikil. Terbentuk pada lingkungan sungai dan pantai serta merupakan sedimen termuda di lokasi ini. Formasi ini terendapkan tidak selaras dengan batuan dibawahnya.
- b. Terumbu Koral Kuartar (Ql), formasi ini berumur kuartar yaitu holosen sampai plistosen, terdiri dari batugamping terumbu dan sedikit Nepal pada bagian bawahnya.
- c. Kompleks Ultramafik (Ku), formasi ini berumur kapur, tersusun oleh batuan peridotit, dunit, dan serpentinit.

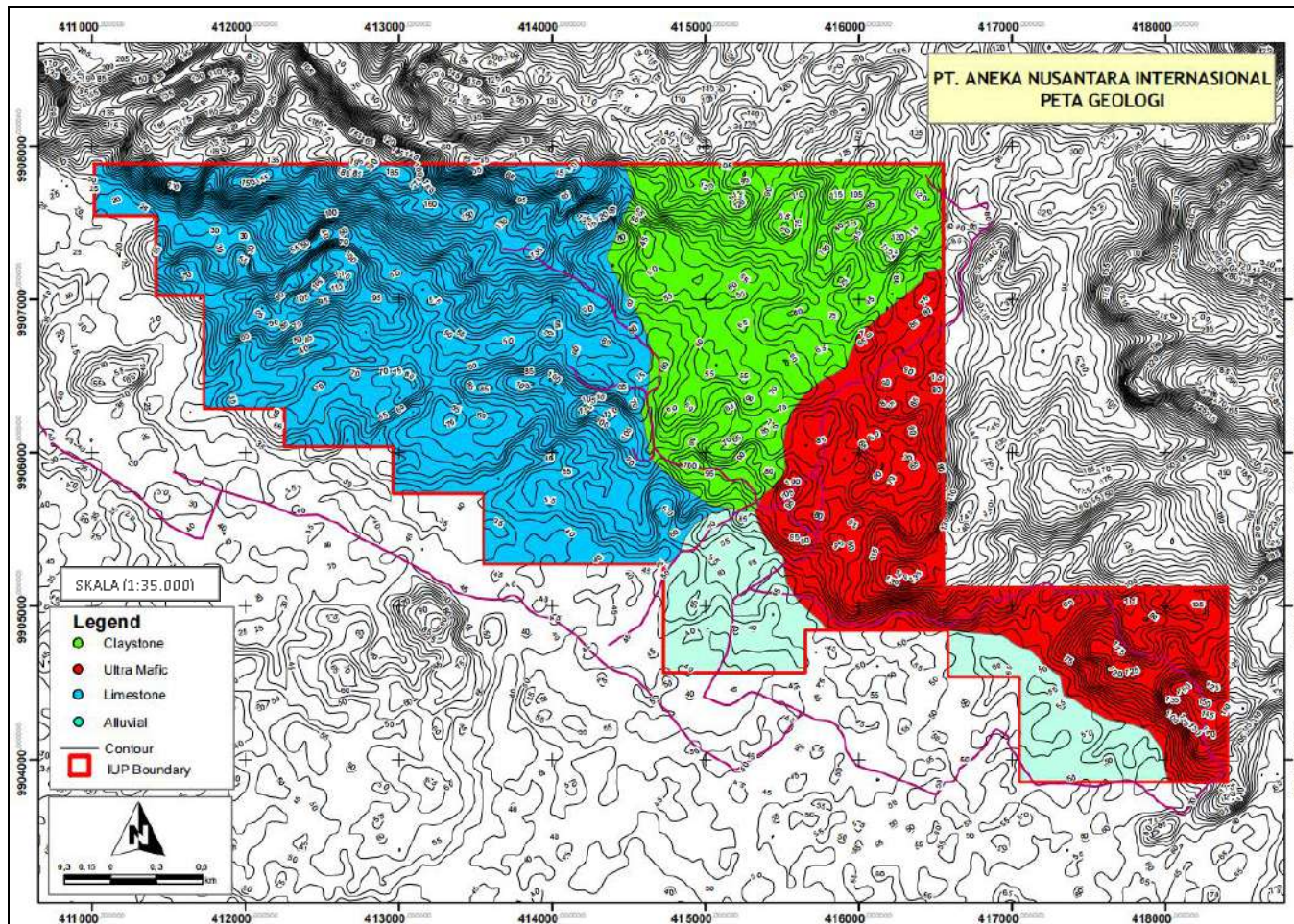
Struktur geologi regional yang berkembang di daerah PT. Aneka Nusantara Internasional adalah sesar lobu yang terdapat di bagian tenggara lokasi, yang berarah relative menuju barat daya – timur laut serta dijumpai kekar-kekar pada sebagian batuan dasar. Pada bagian utara dan timur daerah penelitian disusun oleh batuan mafik yang merupakan *source rock* dari laterit nikel, kemudian pada bagian barat disusun oleh alluvial dan terumbu koral, sehingga dalam kegiatan eksplorasi yang dilakukan difokuskan pada bagian utara dan timur dari IUP PT. Aneka Nusantara Internasional.

Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari alluvial pasir yang kaya akan unsur logam yaitu besi, magnesium serta nikel. Sebaran endapan nikel pada daerah penelitian pada umumnya cukup baik dengan indikasi tanah merah dengan pepohonan yang tumbuh berdiameter <30 cm.

Batuan induk bijih nikel adalah batu peridotit. Menurut Vinogradov, batuan ultra basa rata-rata memiliki kandungan nikel sebesar 0,2 %. Unsur nikel tersebut terdapat dalam kisi-kisi Kristal mineral olivine dan piroksin, sebagai hasil substitusi terhadap atom Fe dan Mg. Proses terjadinya substitusi antara Ni, Fe dan Mg dapat diterangkan karena radius ion dan muatan ion yang hampir bersamaan diantara unsur-unsur tersebut.

Proses serpentinisasi yang terjadi pada batu peridotit akibat pengaruh larutan hydrothermal, akan merubah batu peridotit menjadi batu serpentin atau batu serpentinit peridotit. Sedangkan proses kimia dan fisika dari udara, air serta pergantian panas dingin yang bekerja kontinu, menyebabkan disintegrasi dan dekomposisi pada batuan induk.

Pada pelapukan kimia khususnya, air tanah yang kaya akan CO₂ berasal dari udara dan pembusukan tumbuh-tumbuhan menguraikan mineral-mineral yang tidak stabil (piroksin dan olivin) pada batuan ultrabasa, menghasilkan Mg, Fe, Ni, yang larut; Si cenderung membentuk koloid dari partikel-partikel silika yang sangat halus. Didalam larutan, Fe teroksidasi dan mengendap sebagai ferri-hidroksida, akhirnya membentuk mineral-mineral seperti goethit, limonit dan hematit dekat permukaan. Bersama mineral-mineral ini selalu ikut serta unsur cobalt dalam jumlah kecil. Peta Geologi PT. Aneka Nusantara Internasional dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

Gambar 2.5 : Peta Geologi PT. Aneka Nusantara Internasional

2.5 Klimatologi Daerah Penelitian

Iklim wilayah daerah dipengaruhi sirkulasi sistem global, munson, dan lokal. Secara tahunan memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau umumnya terjadi Juni-Oktober, dan musim hujan terjadi Desember-Mei. Bulan terbasah terjadi pada April (336 mm) dan bulan terkering (91 mm) terjadi pada September. Berdasarkan klasifikasi *Schmidt-Fergusson*, Wilayah Kabupaten Banggai, tergolong iklim A atau sangat basah dengan suhu udara rata-rata bulanan berkisar antara (26,5°C) sampai (27,4°C). Data curah hujan pada penelitian ini diambil dari pengukuran langsung yang dilakukan oleh PT. Aneka Nusantara Internasional di lokasi pit tepatnya di Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah. Berikut ini adalah data curah hujan di lokasi penelitian :

Tabel 2.3 : Data Curah Hujan Kabupaten Banggai Tahun 2020

Bulan	2017				2018				2019			
	Hari Hujan	Curah Hujan	Durasi Hujan	Kapasitas	Hari Hujan	Curah Hujan	Durasi Hujan	Kapasitas	Hari Hujan	Curah Hujan	Durasi Hujan	Kapasitas
Januari	7	2.7	6	16.20	21	4.5	2.45	248.70	18	9.35	3.06	129
Februari	10	3.14	7.7	24.18	16	11.69	2.63	491.00	13	9.31	1.94	235
Maret	16	1.77	8	14.16	20	7.53	2.56	386.00	20	12.68	2.13	538
April	16	3.39	9	30.51	19	8.8	2.33	409.50	23	5.27	3.84	467
Mei	22	3.35	6.09	20.40	20	6.08	3.65	444.00	18	3.34	3.13	188
Juni	24	3.7	5.97	22.09	27	2.89	4.47	348.10	27	5.84	3.81	616
Juli	25	4.59	5.16	23.68	22	4.13	2.49	239.50	20	8.16	4	653
Agustus	21	1.75	9.39	16.43	24	6.11	4	578.50	13	8.5	2.29	178
September	16	2.75	5.19	14.27	10	3.56	2.08	74.00	5	6.04	1.5	45
Oktober	7	5.43	2.35	12.76	9	3.62	1.89	62.70	8	7.87	4.91	309
November	23	2.65	5.79	15.34	15	5.49	1.58	130.80	6	5.61	2.88	97
Desember	19	5.12	2.63	13.47	16	9.35	3.06	475.70	-	-	-	-
Average	17.17	3.36	6.11	18.62	18.25	6.15	2.77	324.04	15.55	7.45	3.04	314.09

Sumber : PT. Aneka Nusantara Internasional, 2022.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Sistem Penambangan

Secara garis besar, sistem penambangan dikelompokkan menjadi tiga yaitu tambang terbuka, tambang dalam dan tambang bawah air. Tambang terbuka (*surface mining*) adalah sistem penambangan yang segala kegiatan atau aktivitas penambangannya dilakukan di atas (relatif dekat dengan permukaan bumi) dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar.

Secara umum metode tambang terbuka yang sering digunakan dalam aktivitas penambangan Nikel adalah sebagai berikut :

3.1.1 *Open Pit*

Penambangan dengan cara *open pit* pada umumnya diterapkan untuk endapan bijih atau mineral yang terletak pada daerah yang relatif datar atau daerah lembah. Tanah akan digali ke bagian bawah sehingga akan membentuk cekungan atau *pit*.



Sumber : Tiwari A., 2017.

Gambar 3.1 : Metode Penambangan *Open Pit*

3.1.2 *Open Cut*

Penambangan dengan cara ini hampir sama dengan cara penambangan *open pit*. Namun, teknis penambangan ini dilakukan untuk daerah lereng bukit. Medan

kerja yang digali dari arah bawah ke atas atau sebaliknya (*slide hill type*). Bentuk tambang dapat pula melingkari bukit, hal tersebut tergantung dari letak endapan penambangan yang diinginkan.

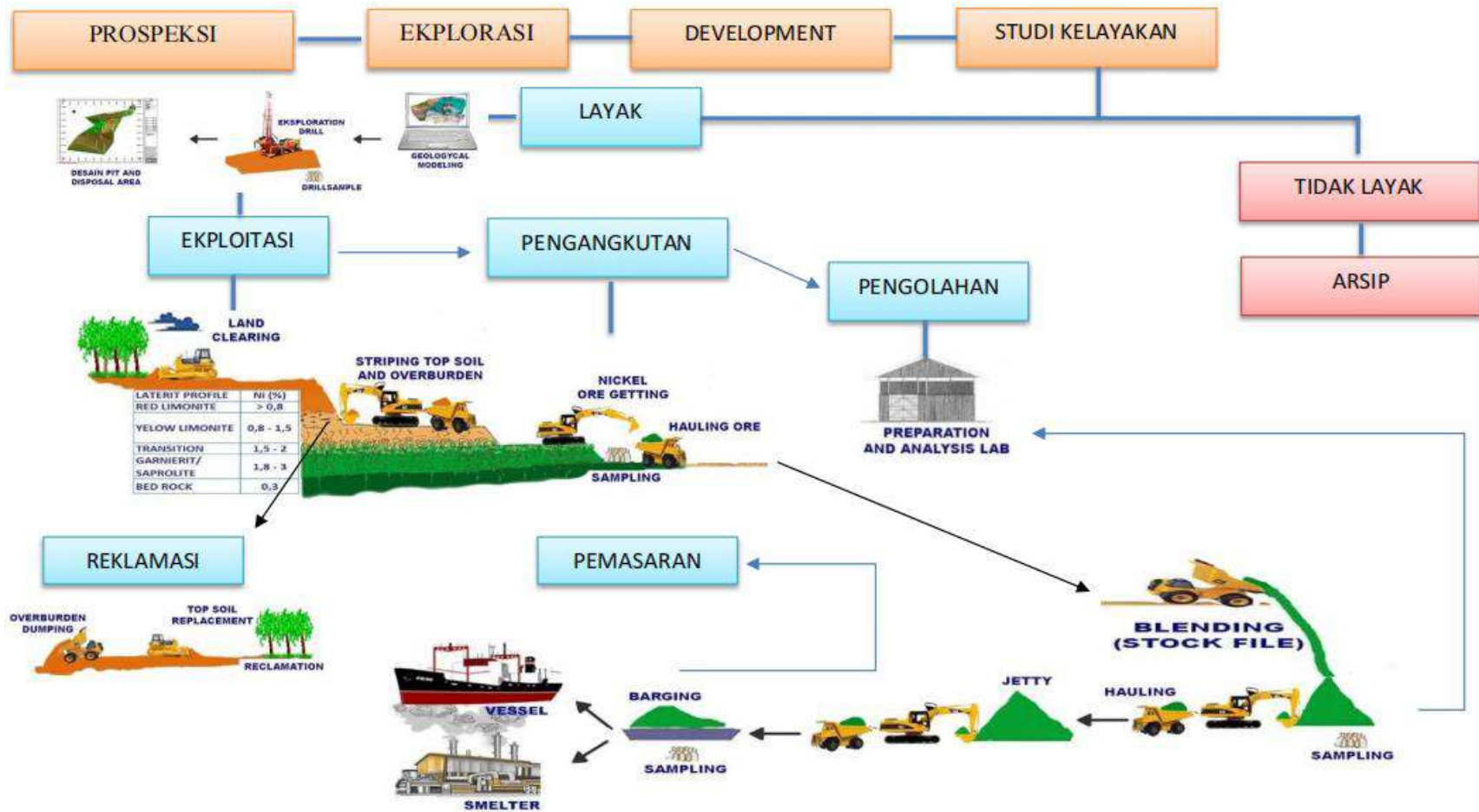


Sumber : Aprilia R, 2013.

Gambar 3.2 : Metode Penambangan *Open Cut*

Faktor-faktor yang menjadi pengaruh dalam pemilihan sistem penambangan yaitu :

1. Sifat keruangan dari endapan bijih, meliputi :
 - a. Ukuran (tinggi atau tebal khususnya)
 - b. Bentuk (*tanular, lentikular, massif, irregular*)
 - c. Posisi (miring, mendatar atau tegak)
 - d. Kedalaman (nilai rata-rata, nisbah pengupasan)
2. Kondisi geologi dan hidrologi, meliputi :
 - a. Petrologi (sulfida atau oksida)
 - b. Komposisi kimia (hasil sampling, *mineral by product*)
 - c. Struktur endapan (lipatan, patahan, *intrusi, diskontinuitas*)
 - d. Bidang lemah (*kekar, fracture, cleavage* dalam *mineral, cleat* dalam batubara)
 - e. Keseragaman, alterasi, erosi
 - f. Air tanah dan hidrologi



Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

Gambar 3.3 : Diagram Alur Penambangan PT. Aneka Nusantara Internasional

3.2 Jalan Tambang

Definisi jalan berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 menjelaskan bahwa Jalan adalah suatu prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu-lintas, yang berada diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan/atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan yaitu bangunan atau aksesoris jalan, misalnya lampu jalan, rambu-rambu lalu-lintas, tangga penyeberangan dan lain-lain

Fungsi utama jalan Tambang secara umum adalah untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Medan berat yang mungkin terdapat disepanjang rute jalan tambang harus diatasi dengan mengubah rancangan jalan untuk meningkatkan aspek manfaat dan keselamatan kerja. Jalan Pertambangan adalah jalan khusus yang diperuntukkan untuk kegiatan pertambangan dan berada di area pertambangan atau area proyek yang terdiri atas jalan penunjang & jalan tambang.

- a. Jalan Tambang : Jalan yang terdapat pada area pertambangan dan/atau area proyek yang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis dan unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang dan kegiatan penunjang lainnya.
- b. Jalan Penunjang : Jalan yang disediakan untuk jalan transportasi barang/orang didalam suatu area pertambangan dan/atau area proyek untuk mendukung operasi pertambangan atau penyediaan fasilitas pertambangan.
- c. Jalan Masuk : Jalan untuk memasuki area tambang permukaan dan tambang bawah tanah

Dalam perencanaan proses penambangan khususnya pengangkutan dan penumpukan menggunakan truk maka dimensi jalan tambang sangat penting untuk diperhatikan untuk memaksimalkan hasil yang akan diperoleh. beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah lebar jalan, grade, radius tikungan dan superelevasi, jenis, jumlah dan kapasitas serta penambahan kapasitas angkut sebesar 25% dari laju produksi. Lebar Jalan tambang mempertimbangkan Alat Angkut Terbesar yang akan melintasi jalan tersebut paling kurang :

- a. Tiga setengah kali lebar alat angkut terbesar untuk jalan tambang dua arah.
- b. Dua kali lebar alat angkut terbesar untuk jalan tambang satu arah.
- c. Lebar pada jembatan sesuai dengan ketentuan diatas

Pada setiap jalan tambang tersedia Tanggul Pengaman disisi luar badan jalan setinggi $\frac{3}{4}$ diameter roda terbesar dan memperhitungkan limpasan dan/atau material lepas yang dapat masuk ke jalan tambang. Disepanjang jalan tambang memiliki sistem penyaliran yang mampu mengalirkan debit air larian tertinggi dan dipelihara dengan baik. Sepanjang permukaan badan jalan tambang/produksi dibentuk kemiringan melintang (cross fall) paling kurang 2% (Baik Single/Double cross fall).

Kemiringan (*Grade*) jalan tambang dibuat tidak boleh lebih dari ($>$) 12% dengan memperhitungkan : spesifikasi kemampuan alat angkut, jenis material jalan & *fuel ratio* penggunaan bahan bakar. Jika kemiringan jalan tambang/produksi lebih dari 12 % dilakukan kajian teknis yg paling kurang mencakup kajian risiko, spesifikasi teknis alat dan spesifikasi jalan.

Lebar, radius tikungan dan superelevasi pada setiap jalan pertambangan yang meningkung mampu menahan gaya dari setiap jenis kendaraan yang melintas dengan batas kecepatan yang telah ditentukan. Perlu diingat bahwa pada tingkungan, kendaraan tentunya membutuhkan ruang gerak yang lebih lebar sehingga lebar jalan pada tingkungan harus lebih besar daripada lebar jalan lurus & jari-jari tingkungan harus disesuaikan dengan alat angkut yang melewatinya hal ini bertujuan untuk menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan pada kecepatan tertentu saat superelevasi & koefisien gesek maksimum tercapai.

Pemeliharaan & Perawatan jalan pertambangan dilakukan agar tidak menghambat kegiatan pengangkutan. Daya dukung jalan pertambangan lebih kuat dari kapasitas terbesar beban kendaraan dan muatan yang melintas pada beban statis dalam kurun waktu tertentu berdasarkan kajian teknis. Untuk jalan tambang menggunakan tipe boxcut, tanggul dapat tersedia & dalam kondisi jalan tambang menggunakan tipe boxcut dan berpotensi material lepas dilakukan penguatan lereng.

3.3 Kriteria Dasar Perancangan

Kriteria dasar perancangan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu internal dan eksternal. Kedua faktor ini akan menentukan perancangan jalan tambang yang akan direncanakan dan diterapkan.

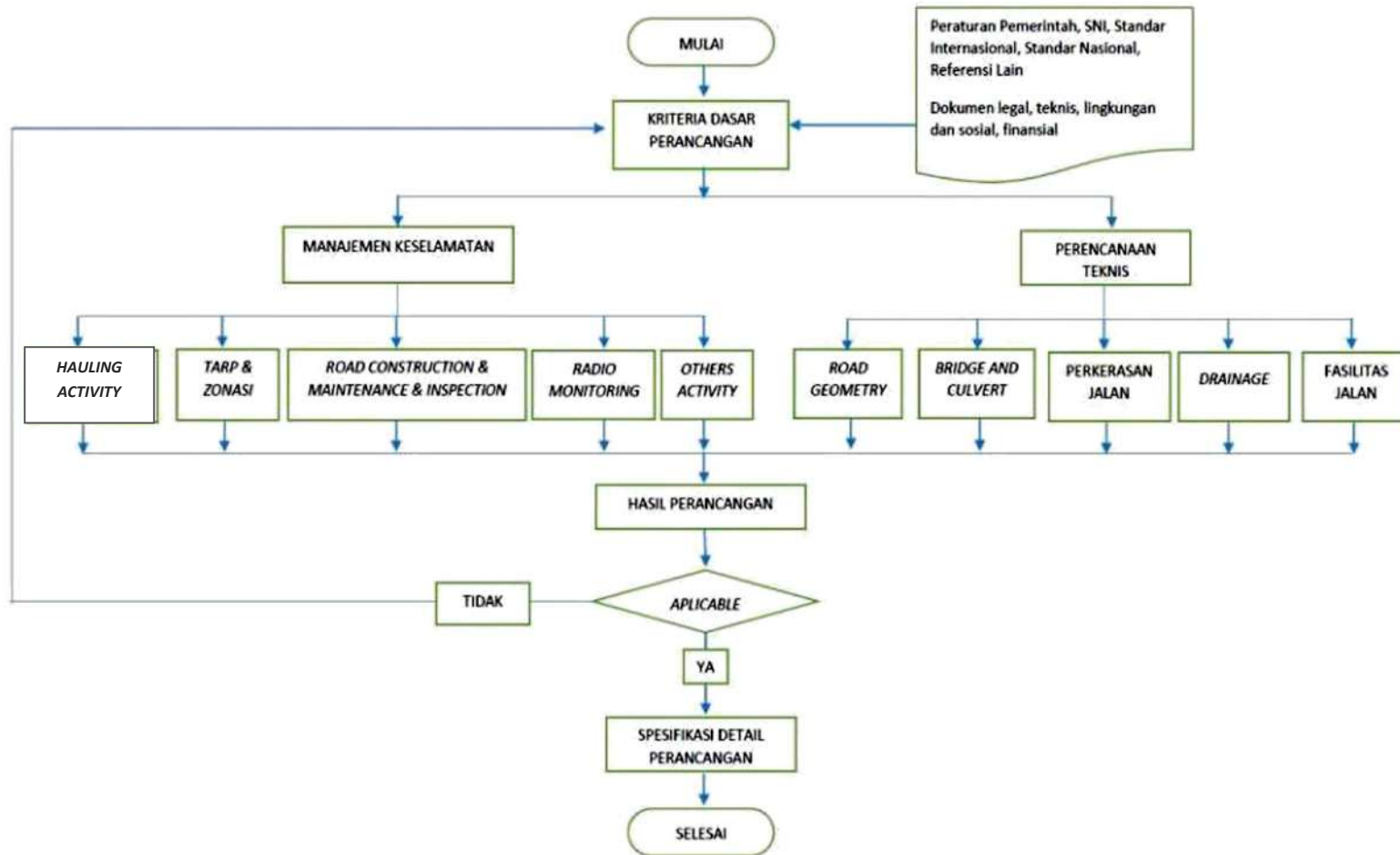
Tabel 3.1 : Faktor Internal dan Eksternal Perancangan

Faktor Internal	Faktor Eksternal
Dokumen Studi Kelayakan	Peraturan Pemerintah
Dokumen AMDAL	Peraturan Daerah
Dokumen RKAB	Standar Nasional Indonesia
Standar Teknis	Standar Internasional
Aspek Legal, Lingkungan dan Sosial	Referensi lain (Pedoman Kepmen ESDM, Perusahaan Tambang Nikel, dan lainnya)
Aspek Finansial	
Aspek Lainnya (Ketersediaan Unit, material, batas lahan dan lainnya)	

Sumber : Geniusman Sidabuntar, 2018.

Kriteria dasar perancangan jalan tambang terdiri dari dua aspek yang saling berkaitan dan menunjang satu sama lain, yaitu perencanaan teknis dan manajemen keselamatan. Perencanaan teknis terdiri dari beberapa parameter, yaitu *road geometry, bridge and culvert*, perkerasan jalan, drainase dan fasilitas jalan. Sedangkan parameter manajemen keselamatan terdiri *hauling activity*, TARP dan zonasi, *road construction, maintenance and inspection, road monitoring* serta aktivitas lain.

Semua parameter menjadi bagian dalam pembuatan perancangan yang selanjutnya dilakukan penilaian terkait bisa atau tidaknya hasil perancangan diterapkan. Faktor yang mempengaruhi hasil perancangan merupakan faktor internal, umumnya berupa batas pembebasan lahan, sumber material dan peralatan kerja, batas ijin pinjam pakai bilamana berada di kawasan hutan produksi dan hutan lindung dan aspek finansial serta aspek lainnya. Diagram Metode Perancangan Jalan Tambang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Sumber : Geniusman Sidabuntar, 2018.

Gambar 3.4 : Diagram Metode Perancangan Jalan Tambang

3.4 Manajemen Keselamatan

Kegiatan pengangkutan merupakan kegiatan yang memiliki resiko tinggi sehingga memerlukan suatu manajemen keselamatan berkendara selama memasuki jalan tambang. Jalan tambang memiliki karakteristik tersendiri sehingga manajemen keselamatan menyesuaikan dengan kondisi yang ada, yaitu berinteraksi dengan perusahaan tambang lain, interaksi dengan perusahaan kayu (*logging*), interaksi dengan masyarakat umum serta kondisi jalan masih berstatus *non all weather road*. Manajemen keselamatan di jalan tambang terdiri dari prosedur kegiatan pengangkutan, penerapan TARP dan sistem zonasi, *prosedur road construction, maintenance and inspection*, peraturan radio komunikasi dan peraturan penunjang lainnya yang menyesuaikan dengan karakteristik yang ada.

Kegiatan pengangkutan terbagi menjadi tiga kegiatan yaitu kegiatan pengangkutan dari *Pit* ke *Stockpile*, dari *Pit* ke *Port Stockpile*, dan dari *ROM Stockpile* ke *Port Stockpile*. Dengan jarak angkut dari *Pit* atau *ROM Stockpile* ke *Port Stockpile* dilakukan beberapa tindakan untuk menciptakan keselamatan berkendara yang aman, produktif dan efisien, yaitu pemenuhan persyaratan laik fungsi jalan, persyaratan keselamatan unit kendaraan, penyelenggaraan kompetensi pengemudi, penegakan peraturan mencakup apresiasi dan tindakan disiplin serta penanganan insiden.

Pemenuhan persyaratan laik jalan dilakukan dengan beberapa cara, yaitu melaksanakan pembuatan, perbaikan dan perawatan jalan sesuai dengan persyaratan keselamatan, melaksanakan pemasangan dan perawatan rambu keselamatan, melaksanakan manajemen dan rekayasa lalu lintas di jalan, melakukan uji laik fungsi jalan, melakukan pemantauan dan penilaian kondisi jalan termasuk jembatan, gorong-gorong dan saluran drainase, melakukan inspeksi jalan serta melakukan audit jalan.

3.5 Perencanaan Teknis

Geometri merupakan membangun badan jalan diatas permukaan tanah baik secara vertikal maupun horizontal dengan asumsi bahwa permukaan tanah adalah tidak rata. Tujuannya adalah menciptakan sesuatu hubungan yang baik antara waktu dan ruang menurut kebutuhan kendaraan yang bersangkutan, menghasilkan bagian-bagian jalan yang memenuhi persyaratan kenyamanan, keamanan serta

efisiensi yang optimal. Perencanaan geometri jalan merupakan suatu bagian dari perencanaan jalan yang menitik beratkan pada perencanaan dasar dengan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dari jalan yang akan dibangun yaitu memberikan pelayanan yang optimal pada suatu arus lalu lintas dan merupakan akses ke tempat umum, rumah-rumah, perkantoran dan kawasan yang akan diakses.

Dalam perencanaan geometri jalan akan didapatkan beberapa istilah satuan, diantaranya :

- a. *Bank Cubic Metre* (BCM) adalah suatu satuan *cubic metre* atau meter pangkat 3 dari material tanah/batu dalam keadaan *solid/undisturbed* (tidak terganggu/masih keadaan original).
- b. *Compact Cubic Metre* (CCM) adalah suatu satuan *cubic metre* atau meter pangkat 3 dari material tanah/batu dalam keadaan telah dipadatkan kembali (*Compaction*)
- c. *Loose Cubic Metre* (LCM) adalah suatu satuan *cubic metre* atau meter pangkat 3 dari material tanah/batu dalam keadaan telah terberai.

Dalam lingkup perancangan geometri tidak termasuk perancangan tebal perkerasan jalan, walaupun dimensi dari perkerasan merupakan bagian dari perancangan geometrik sebagai bagian dari perancangan jalan seutuhnya. Jadi tujuan dari perancangan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman dan nyaman kepada pemakai jalan. Parameter yang harus menjadi bahan pertimbangan dalam perancangan geometri jalan sehingga menghasilkan geometri jalan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan adalah sebagai berikut :

- a. Berkaitan dengan trase alinyemen horizontal/trase jalan, terutama dititik beratkan pada perencanaan sumbu jalan.
- b. Trase alinyemen vertikal/penampang memanjang jalan
- c. Kendaraan rencana (bentuk, ukuran, dan daya/kemampuan dari kendaraan yang melintas)
- d. Kapasitas jalan (arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu penampang bagian jalan pada kondisi tertentu)
- e. Kecepatan rencana (kecepatan kendaraan yang dapat dicapai bila melaju tanpa gangguan dan aman)

- f. Tingkat pelayanan jalan (gabungan dari rasio volume, kapasitas dan kecepatan)
- g. Gaya-gaya yang bekerja dan jarak pandang

3.5.1 Jumlah Jalur, Lajur dan Arah

Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan. Lajur lalu lintas yaitu bagian dari jalurlalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan dalam satu arah. Lebar jalur lalu lintas merupakan bagian jalan yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan.

3.5.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan desain setiap segmen jalan tambang seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan yang tertinggi dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. Kesemibangan antara fungsi jalan dan keadaan medan akan menentukan biaya pembangunan jalan tersebut. Medan dikatakan mendatar jika kecepatan truk sama atau mendekati kecepatan mobil penumpang. Medan dikatakan pegunungan jika kecepatan kendaraan truk kurang banyak sehingga truk tersebut merangkak melewati jalan tersebut dengan frekuensi yang sering.

3.5.3 Dimensi Kendaraan

Dimensi Kendaraan adalah jumlah lebar keseluruhan, panjang keseluruhan dan tinggi keseluruhan. Dalam dimensi kendaraan, terdapat beberapa istilah yang dikenal yaitu :

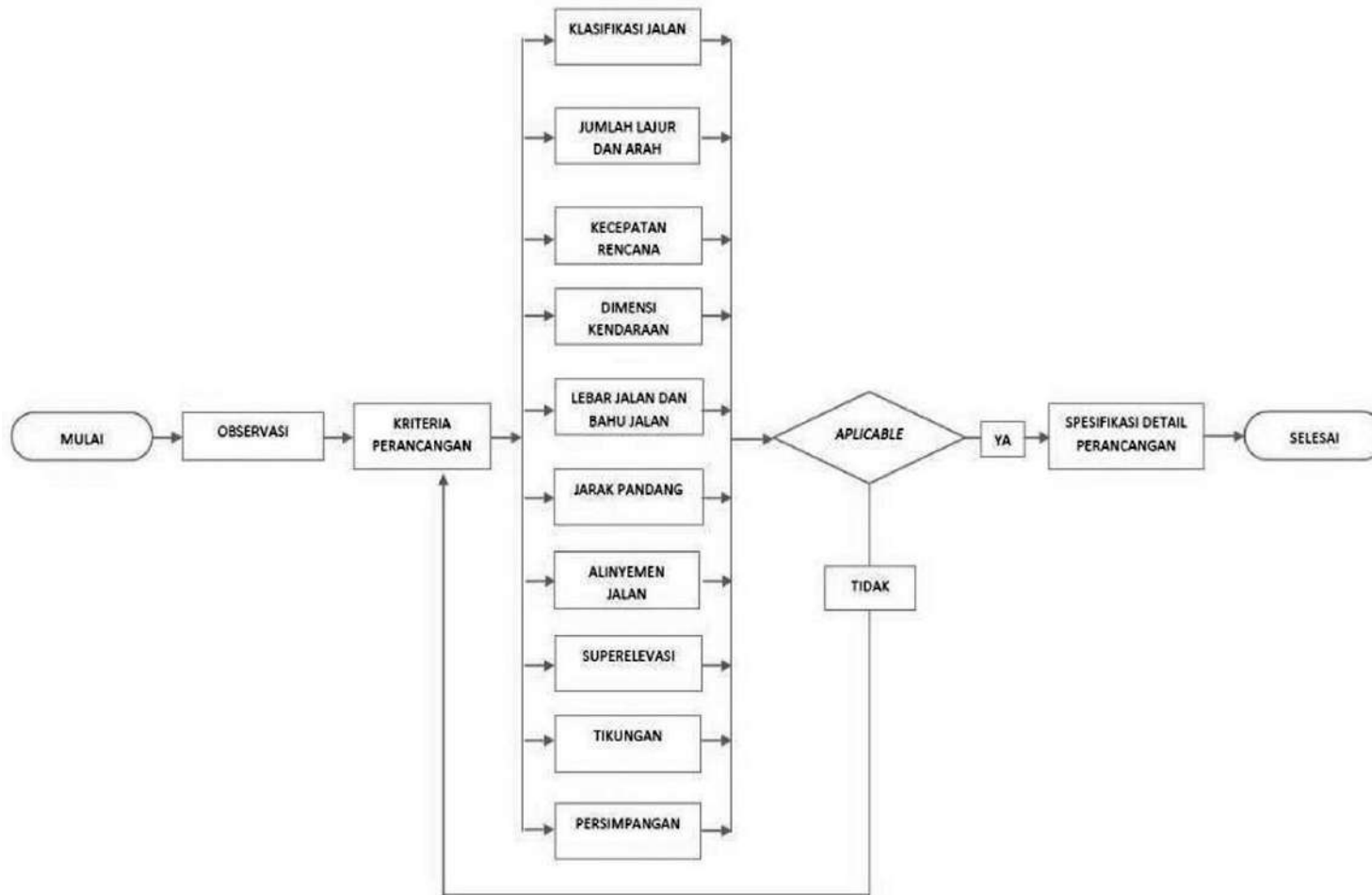
- a. *Overall Length*, adalah jarak antara ujung bumper kendaraan paling depan ke bumper paling belakang.
- b. *Overall Width*, adalah lebar keseluruhan dari kendaraan itu sendiri.
- c. *Overal Height*, adalah tinggi kendaraan dalam kondisi kosong (tidak ada penumpang).
- d. *Wheelbase*, adalah jarak antara titik tengah dari roda depan dan roda belakang.

- e. *Tread*, adalah jarak antara titik tengah roda kanan (depan/belakang) dan roda kiri (depan/belakang).
- f. *Overhang*, adalah jarak titik roda (depan/belakang) terhadap bumper (depan/belakang).
- g. *Ground clearance*, adalah jarak terendah dari suatu titik kendaraan terhadap permukaan tanah (*ground*).
- h. *Body clearance*, adalah jarak terendah dari body kendaraan terhadap permukaan tanah.
- i. *Approach angle*, adalah sudut yang dibentuk antara roda depan terhadap bumper bagian bawah.
- j. *Departure angle*, adalah sudut yang dibentuk antara roda belakang terhadap bumper bagian bawah.
- k. *Room width*, adalah jarak antara sisi permukaan *body trim* sebelah kiri dengan sebelah kanan.

3.5.4 Geometri Jalan Tambang

Geometri jalan Tambang yang harus diperhatikan sama seperti jalan raya pada umumnya, yaitu lebar jalan pada jalan lurus, lebar jalan pada tikungan, superelevasi, kemiringan jalan, dan *cross fall*. Alat angkut atau truk-truk tambang umumnya berdimensi lebih lebar, panjang dan lebih berat dibanding kendaraan angkut yang bergerak di jalan raya. Oleh sebab itu, geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman. Diagram Metode Perancangan Geometri dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Jalan Tambang yang lebar diharapkan akan membuat arus lalu lintas pengangkutan lancar dan aman. Namun, karena keterbatasan dan kesulitan yang muncul di lapangan, maka lebar jalan minimum harus diperhitungkan dengan cermat. Perhitungan lebar jalan tambang yang lurus dan belok (tikungan) berbeda, karena pada posisi membelok kendaraan akan membutuhkan ruang gerak yang lebih lebar akibat jejak ban depan dan belakang yang ditinggalkan di atas jalan melebar. Disamping itu, perhitungan lebar jalan pun harus mempertimbangkan jumlah lajur, yaitu lajur tunggal untuk jalan satu arah atau lajur ganda untuk jalan dua arah.

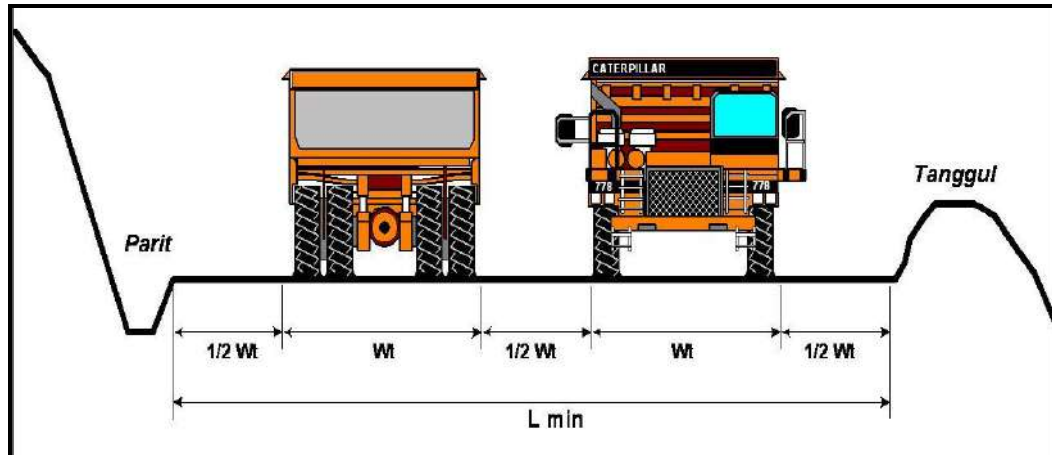


Sumber : Geniusman Sidabuntar, 2018.

Gambar 3.5 : Diagram Metode Perancangan Geometri

3.5.4.1 Lebar Jalan Lurus

Lebar jalan Tambang pada tambang biasanya dibuat untuk jalur ganda dengan lalu lintas satu arah ataupun dua arah. Dalam kenyataannya, semakin lebar jalan tambang, maka semakin baik pula keamanan dan kelancarannya aktifitas pengangkutan.



Sumber : Abdul Rauf Jenius, 2018.

Gambar 3.6 : Lebar Jalan Lurus

Lebar jalan Tambang pada jalur ganda atau lebih menurut standar AASHTO (*American Association of state and Highway Transportation Official Manual Rular Highway design*), harus ditambah dengan setengah lebar alat Tambang pada bagian tepi kiri dan kanan jalan:

$$L = n.Wt + (n+1)(1/2.Wt) \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

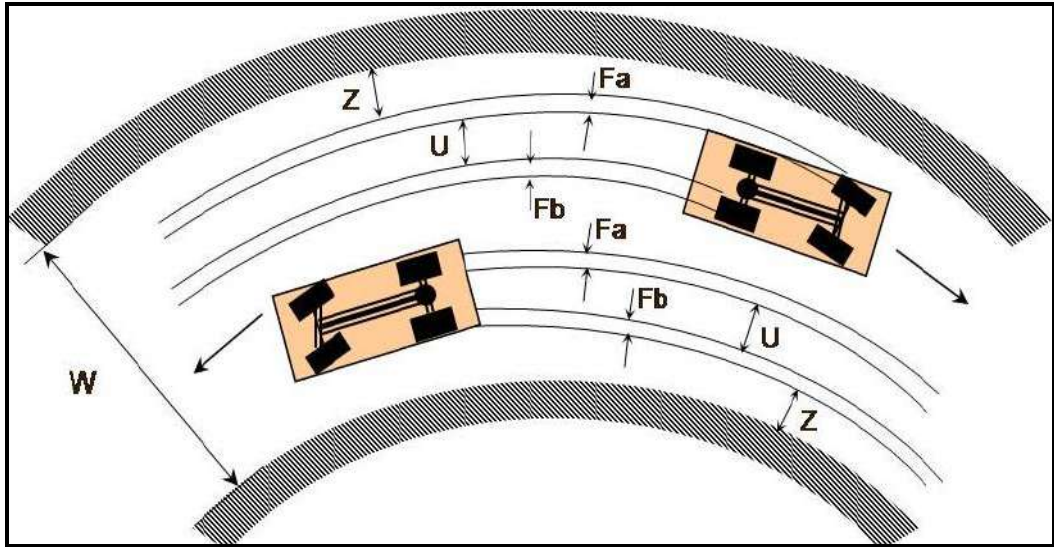
L = lebar jalan tambang (meter)

n = jumlah jalur (meter)

Wt = lebar alat angkut (meter)

3.5.4.2 Lebar Jalan Pada Belokan

Lebar jalan Tambang pada belokan atau tikungan biasanya dibuat selalu lebih lebar daripada lebar jalan lurus. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi adanya penyimpangan lebar alat angkut yang disebabkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda depan dengan badan truk saat melintasi tikungan.



Sumber : Abdul Rauf Jenius, 2018.

Gambar 3.7 : Lebar Jalan Pada Belokan

Untuk lajur ganda pada jalan tambang, maka lebar jalan minimum pada belokan didasarkan atas:

- a. Lebar jalan ban
- b. Lebar jantai (*overhang*) bagian depan dan belakang alat angkut
- c. Jarak alat angkut pada saat bersimpangan
- d. Jarak dari kedua tepi jalan

Perhitungan terhadap lebar jalan Tambang pada tikungan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$W = n (U+Fa+Fb+Z) + C \dots\dots\dots (3.2)$$

$$Z = 1/2 (U+Fa+Fb) \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana :

- W = lebar jalan Tambang pada tikungan (meter)
- n = jumlah jalur
- U = jarak jejak ban depan (meter)
- Fa = lebar jantai depan (meter)
- Fb = lebar jantai belakang (meter)
- Z = lebar bagian tepi jalan (meter)
- C = jarak antar kendaraan (meter)

3.5.4.3 Kemiringan (*Grade*)

Kemiringan jalan berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut baik dalam pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan umumnya dinyatakan dalam persen (%). Kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut truk berkisar antara 10% - 15% atau sekitar 6° - 8,5°.

Akan tetapi untuk jalan naik atau turun pada lereng bukit lebih aman bila kemiringan jalan maksimum sekitar 8% = 4,50°. Tabel. 3.3. memperlihatkan kemiringan atau kelandaian maksimum pada kecepatan truck yang bermuatan penuh di jalan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kemiringan jalan tambang dihitung dengan menggunakan rumus :

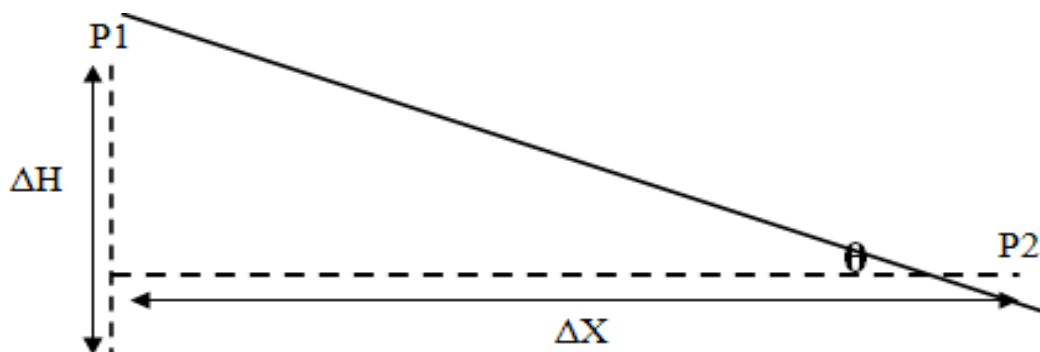
$$Grade(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

$$Tan(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X}$$

Dimana :

ΔH = Beda tinggi antara dua titik yang diukur (m)

ΔX = Jarak datar antara dua titik yang diukur (m)



Sumber : Abdul Rauf Jenius, 2018.

Gambar 3.8 : Kemiringan (*Grade*) Jalan

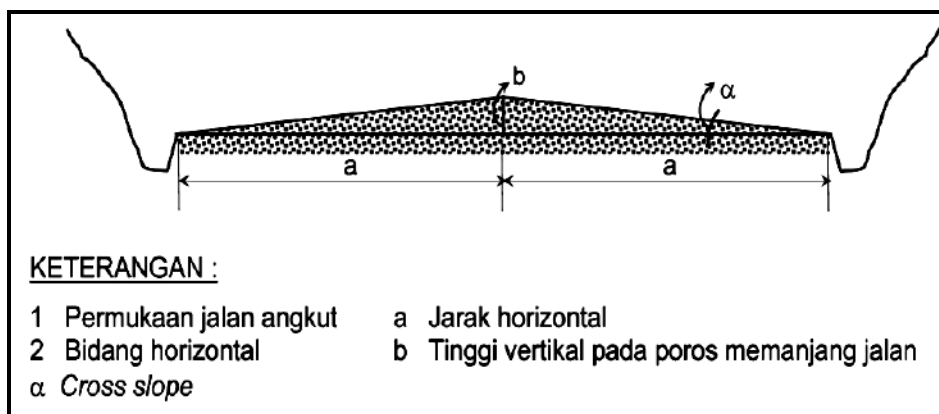
Keterangan :

- Θ = Grade jalan
- P1 = Patok 1
- ΔX = Jarak datar
- ΔH = Beda tinggi
- P2 = Patok 2

3.5.4.4 Kemiringan Melintang (*Cross Fall*)

Kemiringan melintang normal jalan (*Cross fall*) adalah kemiringan yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pada umumnya jalan Tambang mempunyai bentuk penampang melintang cembung. Dibuat demikian dengan tujuan untuk memperlancar penyaliran. Apabila turun hujan atau sebab lain, maka air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ke tepi jalan Tambang, tidak berhenti dan mengumpul pada permukaan jalan. Hal ini penting karena air yang menggenang pada permukaan jalan Tambang akan membahayakan kendaraan yang lewat dan mempercepat perusakan jalan.

Angka *cross fall* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal (b) dan horizontal (a) dengan satuan mm/m atau m/m'. Jalan Tambang yang baik memiliki *cross fall* 1/50 atau 2 %.



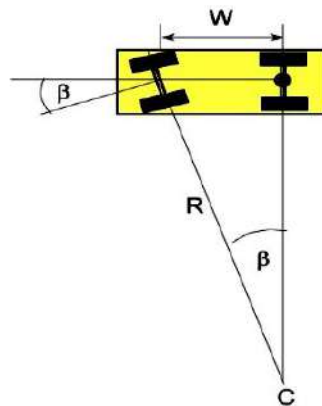
Sumber : Abdul Rauf Jenius, 2018.

Gambar 3.9 : Penampang Potongan Melintang Jalan Tambang

3.5.4.5 Jari-Jari Tikungan dan Superelevasi

AASHTO menganjurkan pemakaian beberapa nilai superelevasi maksimum yaitu : 0,04; 0,06; 0,08; 0,10; dan 0,12. Untuk design superelevasi maksimum jalan tambang dari *Emerald* ditetapkan 0,06 (6%) dengan tujuan untuk meminimalkan terjadinya pengaruh yang buruk oleh air pada permukaan jalan tambang selama hujan atau pada kondisi basah dan untuk mengimbangi gaya sentrifugal dari kendaraan pada saat kendaraan memasuki tikungan. Penetapan 6% Untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada tabel 2-3 atau dengan pendekatan formulasi sebagai berikut :

$$e_{\max} + f_{\max} = \frac{V^2}{127 \times D} = \frac{32^2}{127 \times 213,4} = 0,06 \dots \dots \dots (3.5)$$



Sumber : Abdul Rauf Jeniusman, 2018.

Gambar 3.10 : Sudut Maksimum Penyimpangan Kendaraan

Agar terhindar dari kemungkinan kecelakaan maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung dengan jari-jari minimum (R_{\min}) untuk superelevasi maksimum (E_{\max}) dan koefisien gesek maksimum (F_{\max}) menggunakan rumus :

$$R = \frac{v^2}{127(e + 1)} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$R_{\max} = \frac{vn^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana :

- R = Jari jari tikungan (m),
- vn = Kecepatan rencana (km/jam),
- n = jumlah jalur
- e_{\max} = Superelevasi maksimum (%),
- f_{\max} = Koefisien gesek maksimum,
- D = Radius tikungan alat

Nilai f yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan ditentukan berdasarkan kecepatan rencana :

- a. Kecepatan rencana < 80 km/jam, maka $f = (-0,00065 V) + 0,192$
- b. Kecepatan rencana > 80 km/jam, maka $f = (-0,00125 V) + 0,24$

3.6 Alat Angkut *Dump Truck*

Dalam bidang pertambangan alat angkut adalah suatu alat yang digunakan untuk mengangkut material-material tambang baik itu material yang bernilai ekonomis ataupun tidak dari satu tempat ke tempat yang lain (tempat penimbunan atau pengolahan). Adapun jenis-jenis alat angkut tersebut adalah *dump truck*, *power scraper*, *belt conveyor*, lokomotif dan lori, *rope haulage*, *skip*, *load haul dump*, serta *underground truck*.

Dump truck adalah salah satu alat yang digunakan untuk memindahkan material pada jarak menengah sampai jarak jauh. Muatannya diisikan oleh alat muat, sedangkan untuk pembongkarannya, alat ini dapat bekerja sendiri. Ditinjau dari besar muatannya, *dump truck* dapat dikelompokkan menjadi :

1. *On High Way Dump Truck*, muatannya lebih kecil dari 20 m³.
2. *Off High Way Dump Truck*, muatannya lebih besar dari 20 m³.

Pada umumnya, dikenal tiga macam *dump truck*, diantaranya *side dump truck* (penumpahan ke samping), *rear dump truck* (penumpahan ke belakang), dan *rear and side dump truck* (penumpahan ke belakang dan ke samping). Kapasitas *dump truck* harus berimbang dengan kemampuan alat muatnya. Karena jika tidak berimbang, maka akan terjadi antrean atau sebaliknya alat pemuat yang menunggu.

Ada beberapa jenis alat angkut yang sering digunakan dalam kegiatan pertambangan, salah satunya adalah alat angkut *dump truck* produk Isuzu Type Giga VFZ 285 PS. Alat angkut ini di produksi oleh PT. Isuzu Astra Motor Indonesia merupakan perusahaan ventura bersama antara PT. Astra Internasional Tbk. dengan Isuzu Motors Ltd., dan merupakan agen pemenang merek Isuzu serta produsen kendaraan, komponen, aksesoris, dan suku cadang merek Isuzu di Indonesia. Isuzu Indonesia memiliki pabrik di Karawang yang berdiri di atas lahan seluas 300.000 meter persegi dan memiliki kapasitas produksi hingga 80.000 unit per tahun. Kiprah Isuzu Indonesia dimulai pada tahun 1960-an ketika menjadi distributor produk mesin diesel dan kendaraan Isuzu di Indonesia. Berdirinya PT Pantja Motor pada tahun 1974 merupakan awal dari keberadaan Isuzu di Indonesia.

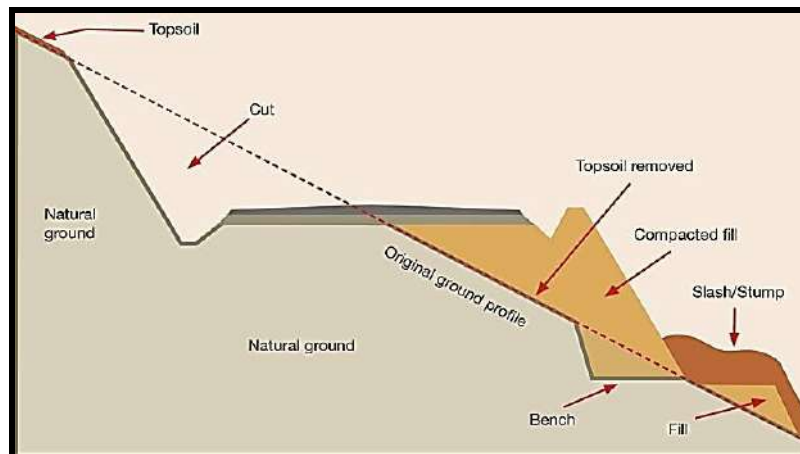


Sumber : Isuzu Astra Motors Indonesia, 2022.

Gambar 3.11 : Dump Truck Isuzu Giga VFZ 285 PS

3.7 *Cut and Fill*

Cut and fill adalah suatu proses pengerjaan tanah dimana sejumlah material tanah diambil dari suatu tempat kemudian diurug atau ditimbun di tempat lain. Tujuan utama dari *cut and fill* adalah menjadikan permukaan tanah menjadi lebih landau sehingga memudahkan pekerjaan pembangunan yang dilakukan di tanah tersebut. Adapun tujuan umum dari *cut and fill* adalah mencegah penurunan permukaan tanah, meratakan permukaan tanah, menyangga bebatuan di sekeliling agar tidak amblas, dan memberikan akses ke area lain.



Sumber : Dian Jaya, 2021.

Gambar 3.12 : Ilustrasi *Cut And Fill*

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses *cut and fill*, salah satunya adalah kondisi tanah. Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat. Material tersebut tersedimentasi satu sama lain dengan bahan

organik serta zat cair dan gas yang akan mengisi ruang antara partikel padat dalam tanah. Jenis dari tanahpun beragam, ada tanah pasir, tanah lempung, lanau maupun lumpur. Semua jenis tanah ini memiliki ukuran partikel yang berbeda. Misalnya, tanah lempung yang memiliki sifat kohesif dan plastis, sementara tanah pasir tidak kohesif dan tidak plastis. Kondisi inilah yang mempengaruhi volume dan tonase tanah serta proses pendistribusiannya. Volume dari tanah dapat menjadi lebih besar maupun lebih kecil, hal ini bergantung pada proses pemadatan yang dilakukan terhadap tanah tersebut.

3.8 *Software Surpac*

Surpac adalah *software* yang telah dikenal di dunia pertambangan tidak hanya bagi *engineer* tetapi juga oleh *geologist* ataupun *surveying*. *Surpac* dapat digunakan untuk mengestimasi dan memodelkan sumberdaya dan cadangan, perhitungan volume serta tonase. Selain itu *Surpac* juga merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk mendesain baik *front* penambangan maupun tempat penimbunan (*waste dump*) dan lain sebagainya.

Prinsip kerja *Surpac* menggunakan data *assay*, *collar*, *geology* dan *survey* dalam bentuk *file Microsoft Excel* format *Comma Delimited (.csv)*. *Surpac* pada peneleitian ini dapat digunakan dalam membuat blok model, estimasi cadangan, desain pit, desain jalan, dan sebagainya.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

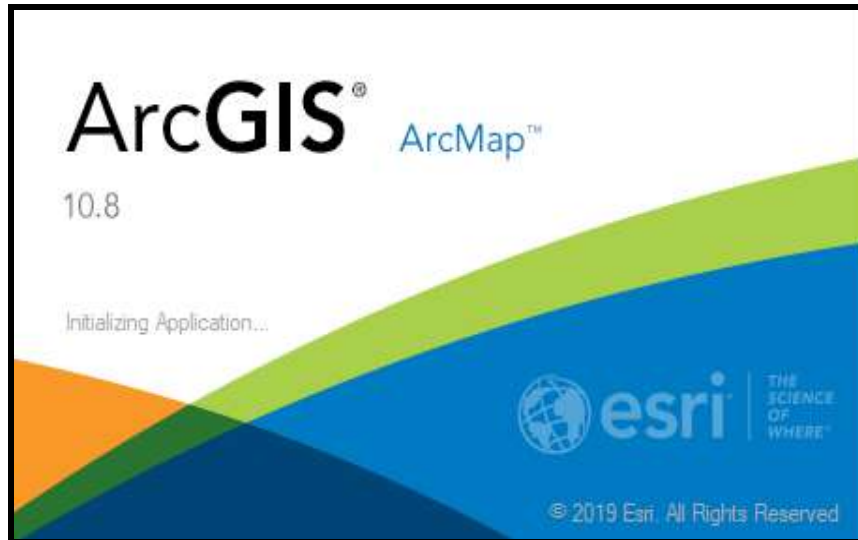
Gambar 3.13 : Tampilan *Software Surpac 6.3*

3.9 *Software ArcGis*

ArcGis merupakan software berbasis *Geographic Information System (GIS)* yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science & Research Institute*). Produk utama *ArcGis* terdiri dari tiga komponen utama yaitu : *ArcView* (Berfungsi sebagai pengelola data komprehensif, pemetaan dan analisis), *ArcEditor* (berfungsi sebagai editor dari data spasial) dan *ArcInfo* (Merupakan fitur yang menyediakan fungsi – fungsi yang ada di dalam GIS yaitu meliputi keperluan analisa dari fitur *Geoprocessing*).

ArcGis pertama kali diluncurkan kepada publik sebagai software yang komersial pada tahun 1999 dengan versi (*ArcGis 8.0*) dengan perkembangan dan tuntutan akan fitur yang dibutuhkan ESRI selalu memberikan pembaharuan pada *ArcGis*. Dalam penelitian ini *ArcGis* dapat digunakan sebagai pembuat peta dua dimensi seperti, peta kontur, peta iup, peta geologi, dan sebagainya. Pada versi terbarunya, *ArcGis* Desktop memiliki beberapa fitur diantaranya :

1. *ArcMap*, yaitu aplikasi utama yang digunakan dalam pengolahan data GIS. *ArcMap* memiliki kemampuan untuk visualisasi, editing, pembuatan peta tematik, pengelolaan dari data tabular (*Excel*), memilih (*Query*), menggunakan fitur *Geoprocessing* untuk menganalisa dan *customize* data ataupun melakukan output berupa tampilan peta. Operator juga dapat mengolah data sesuai dengan keinginannya.
2. *ArcGlobe*, merupakan salah satu aplikasi yang memiliki tampilan seperti *GoogleEarth* yang memiliki fungsi sebagai tampilan datum permukaan bumi dengan menggunakan citra satelit.
3. *ArcCatalog*, yaitu merupakan aplikasi yang memiliki fitur untuk membuat data vektor dan mengelompokkannya sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Dengan kemampuan *tools* untuk menjelajah informasi (*browsing*), mengatur data (*organizing*), membagi data (*distribution*) dan mendokumentasikan data spasial maupun ataupun data – data berkaitan dengan informasi geografis.
4. *ArcScene* merupakan aplikasi yang memiliki fitur serupa dengan *ArcMap*, tetapi kelebihanannya terdapat dari fitur 3D yang digunakan dimana *worksheets* nya dapat diolah dengan tampilan X, Y, dan Z.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 3.14 : Tampilan *Software ArcGis 10.8*

3.10 *Software Google Earth Pro*

Google earth merupakan sebuah aplikasi geospasial yang menampilkan bumi secara virtual. Sejarah aplikasi ini diciptakan yaitu dimulai setelah google mengakuisisi perusahaan yang didanai CIA, Keyhole Inc. pada 2004. Dibawah Keyhole, aplikasi ini bernama *EarthViewer 3D*. *Google earth* dalam penelitian ini dapat digunakan untuk membuat peta dengan menampilkan bentuk permukaan bumi terbaru, mendapatkan profil ketinggian, dan sebagainya. *Software* ini sebenarnya terbagi menjadi beberapa versi, diantaranya :

1. *Google Earth*, salah satu aplikasi pemetaan citra satelit yang dapat dimanfaatkan secara gratis dengan resolusi hingga 15m per piksel. Dengan aplikasi ini kita dapat melihat lokasi rumah, bentuk bangunan, morfologi dan topologi suatu daerah.
2. *Google Earth Plus*, merupakan pengembangan dari *google earth*, namun dapat dinikmati dengan biaya 20 dollar AS. Aplikasi ini memiliki beberapa fitur seperti tampilan GPS, resolusi tinggi, layanan pengguna melalui email, dan kecepatan tinggi dalam mengunduh data. Namun saat ini aplikasi ini sudah tidak lagi digunakan karena adanya versi terbaru.
3. *Google Earth Pro*, merupakan pengembangan dari *google earth plus*. Versi ini mampu mengukur bangunan 3D, memberikan tampilan dengan gambar HD 4800 piksel, mencari letak geografis secara otomatis, pengimpor data

GIS, dan merekam film HD pada penerbangan virtual di seluruh dunia. Awal dibuatnya, aplikasi ini bisa dinikmati dengan membayar dengan harga 399 dollar AS atau sekitar 5 juta rupiah pertahun, namun kini aplikasi ini dapat dinikmati secara gratis dengan mengunduhnya di laptop atau PC.



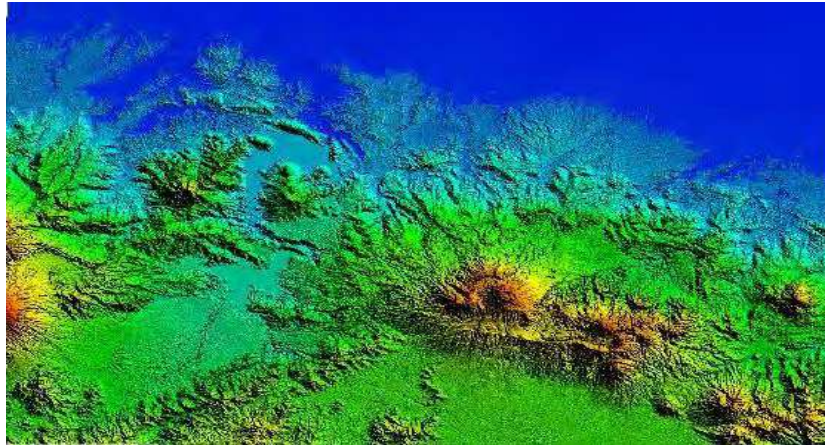
Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 3.15 : Tampilan Software Google Earth Pro

3.11 Software Global Mapper

Global Mapper adalah suatu perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yang saat ini dikembangkan oleh *Blue Marble Geographics* yang bekerja pada *Microsoft Windows*. Salah satu perangkat lunak SIG yang bersaing dengan produk *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*, *GeoMedia*, *Sistem Manifold* dan *MapInfo SIG*, selain itu *software* ini terjangkau dan mudah digunakan serta menawarkan akses ke berbagai format data spasial dan memberi tingkat fungsionalitas SIG.

Global Mapper banyak dipakai untuk mengolah data peta scan dan citra satelit bumi. Kegunaan *Global Mapper* adalah untuk membuat tampilan tiga dimensi dan dapat menghitung jarak dan luas dengan akurat, pembauran arsir dan penyesuaian kontras, melihat elevasi citra satelit *Digital Elevation Model (DEM)*, perhitungan garis pandang untuk memaksimalkan presisi sehingga dapat dengan cepat mendigitalkan fitur vektor baru, mengubah fitur yang sudah ada dan dengan mudah menyimpannya ke format ekspor yang didukung perangkat lunak *Global Mapper*.



Sumber : Riki Kartika dan Iis Rahmawati, 2015.

Gambar 3.16 : Tampilan SRTM 30 Meter Indonesia Global Mapper

Pada tugas akhir ini, perangkat lunak *Global Mapper* digunakan untuk peta secara tiga dimensi daerah banjir. Berikut merupakan contoh gambar dari SRTM 30m dan pemetaan menggunakan *Global Mapper*.

3.12 *Software Auto CAD*

AutoCAD adalah perangkat lunak komputer CAD untuk menggambar 2 dimensi dan 3 dimensi yang dikembangkan oleh Autodesk. Keluarga produk AutoCAD, secara keseluruhan adalah software CAD yang paling banyak digunakan di dunia. AutoCAD digunakan oleh insinyur sipil, land developers, arsitek, insinyur mesin, desain interior, desain eksterior, dan lain-lain. Format data asli AutoCAD terbagi menjadi dua yaitu : DWG dan yang lebih tidak populer format data yang bisa dipertukarkan (interchange file format) DXF, secara de facto menjadi standard data CAD. Sekarang ini AutoCAD sudah mendukung DWF, yaitu sebuah format yang diterbitkan dan dipromosikan oleh Autodesk untuk mempublikasikan data CAD.

Computer Aided Design and Drafting (CADD) telah ada sejak tahun 1964 tetapi penggunaannya masih terbatas pada *mainframe*. Pada tahun 1982, mulai dikenal CADD pada PC dengan salah satu *software* yang mempunyai nama AutoCAD. Dalam AutoCAD terdapat juga bahasa pemrograman yang disebut AutoLISP yang memungkinkan kita untuk mengembangkan sendiri *software* AutoCAD dan dapat kita gunakan sebagai program yang spesifik, disesuaikan dengan kebutuhan dan keperluan kita.

BAB IV

METODOLOGI DAN HASIL PENELITIAN

Pada saat melaksanakan penelitian, ada beberapa metode dan tahapan yang dilaksanakan untuk menyelesaikan masalah yang terjadi di lapangan untuk mencapai tujuan penelitian.

4.1 Metode penelitian

Metode penelitian yang diterapkan selama pelaksanaan penelitian di lapangan yaitu metode langsung (observasional) dengan cara pengumpulan data menggunakan teknik observasi atau mengumpulkan data hasil pengamatan secara langsung di lokasi penelitian dan penelitian kuantitatif yaitu penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya.

4.2 Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian di PT. Aneka Nusantara Internasional, ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam kegiatan penelitian ini, diantaranya yaitu:

4.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan studi terhadap daerah dan judul penelitian yang dikumpulkan sebelum melakukan pengambilan data di lapangan. Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mencari literatur dasar yang berisi teori-teori yang relevan dan kemudian dijadikan acuan dalam menyelesaikan kegiatan penelitian ini yang menyangkut tentang perancangan geometri jalan tambang yang sesuai dengan standar jalan tambang menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 Tahun 2017 dan AASHTO.

4.2.2 Observasi Lapangan

Observasi lapangan merupakan pengamatan terencana untuk memperoleh data yang diperlukan dalam perancangan geometri jalan tambang. Adapun data yang diambil selama melakukan observasi di lapangan adalah data koordinat jalan tambang, kondisi geometri jalan tambang serta dokumentasi yang berhubungan dengan penelitian di PT. Aneka Nusantara Internasional.

4.2.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, penulis menggunakan beberapa peralatan untuk digunakan dalam pengumpulan data di lapangan, diantaranya :

a. *Global Positioning System (GPS)*

Global Positioning System atau yang biasa disebut GPS merupakan system navigasi berbasis satelit untuk menentukan letak di permukaan bumi yang terdiri dari setidaknya 24 satelit. GPS pada penelitian ini digunakan untuk mengambil titik koordinat serta merekam jalur (*tracking*).



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 4.1 : Dokumentasi *Global Positioning System (Garmin 64s)*

b. *Meter Roll*

Meter Roll merupakan alat ukur manual yang pada penelitian ini digunakan untuk mengukur jarak yang relatif berdekatan.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 4.2 : Dokumentasi *Meter Roll (50 Meter)*

c. *Total Station (TS)*

Total Station atau yang biasa disebut TS merupakan instrument optis atau elektronik yang digunakan dalam pemetaan dan konstruksi. TS pada penelitian ini digunakan untuk pengukuran sudut kemiringan jalan, dan pengambilan koordinat yang jaraknya relatif berjauhan.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 4.3 : Dokumentasi *Total Station (Topcon)*

d. *Camera (Handphone)*

Camera adalah sebuah perangkat yang dalam penelitian ini digunakan untuk merekam atau mengambil gambar ataupun video.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 4.4 : Dokumentasi *Camera Handphone (Vivo 1904)*

Adapun data-data yang dikumpulkan oleh penulis untuk menganalisa dan menjawab rumusan masalah yang ada adalah sebagai berikut :

- a. Data primer merupakan data utama yang diperoleh secara langsung oleh penulis selama kegiatan penelitian. Data primer tersebut yaitu:
 1. Data koordinat plan jalan tambang pit 3E, diperoleh dengan cara melakukan *tracking* jalan dengan mengacu pada hasil desain yang telah dibuat dan menggunakan bantuan alat GPS (*Global Positioning System*) Garmin 64s.
 2. Data nilai standar geometri jalan tambang yang didapatkan dari hasil perhitungan manual berdasarkan spesifikasi rencana alat angkut terbesar yaitu Dump Truk Isuzu Giga FVZ 285 PS dan mengacu pada peraturan yang tercantum dalam Kepmen ESDM Nomor 1827 Tahun 2018.
 3. Data rancangan jalan tambang dituangkan dalam bentuk peta yang didapatkan dari hasil pengolahan data di beberapa *software* seperti *surpac*, *arcgis*, *google earth*, *global mapper* dan *auto cad*.
 4. Data koordinat jalan tambang yang telah ada di PT. Aneka Nusantara Internasional.
 5. Data pengukuran geometri jalan tambang PT. Aneka Nusantara Internasional.
 6. Dokumentasi diambil selama kegiatan penelitian dilakukan yang dapat menjadi bukti dilaksanakannya kegiatan penelitian.
- b. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari perusahaan maupun dari literatur lain yaitu peta IUP, peta geologi, peta kawasan hutan, peta kemiringan lereng, data topografi, data log bor, data blok model, data estimasi cadangan, data desain pit, serta spesifikasi alat angkut.

4.2.4 Pengolahan Data

Data yang telah terkumpul berupa dokumen, dokumentasi serta data-data dari lapangan disatukan kemudian dilakukan pengolahan agar dapat lebih jelas sehingga mempermudah penulis melakukan penganalisaan dan penyusunan laporan. Adapun metode yang dilakukan dalam mengelolah data yaitu metode

statistik deskriptif untuk mengumpulkan dan menyajikan data sehingga memberikan informasi yang jelas dan berguna, serta metode tabulasi untuk menyusun data yang kemudian menyajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.

Saat pengolahan data nantinya akan dilakukan dengan perhitungan matematis secara manual menggunakan rumus-rumus dan juga menggunakan beberapa *software* seperti *surpac*, *arcgis*, *google earth pro*, serta *auto cad 2007*. Rumus-rumus yang akan digunakan nantinya untuk mencari nilai standar lebar jalan lurus, lebar jalan pada belokan, kemiringan (*grade*) jalan, kemiringan melintang (*cross fall*), dan superelevasi. Dalam penentuan standar geometri jalan, yang menjadi acuan adalah spesifikasi dari alat angkut yang akan menggunakan jalan nantinya, serta aturan pemerintah dalam hal ini tertera pada lampiran Kepmen ESDM Nomor 1827 Tahun 2018.

Aplikasi/*software surpac* digunakan untuk mendapatkan gambaran desain jalan tambang pada pit 3E, yang kemudian akan diketahui jumlah *cut and fill* dari tanah dalam proses pembuatan jalan nantinya. Sedangkan untuk *software arcgis*, *google earth pro*, *global mapper* dan *auto cad* digunakan untuk mengolah data, membuat peta dan mendapatkan gambaran yang dapat mendukung hasil yang akan ditampilkan dalam laporan kegiatan penelitian ini.

4.2.5 Analisis Data

Adapun teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah teknik analisis kuantitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dalam proses pengolahan data-data yang berkaitan dengan rancangan geometri jalan tambang yang dihitung secara matematis menggunakan rumus-rumus yang mengacu pada aturan standar geometri jalan tambang serta menggunakan bantuan *software*.

Adapun data-data yang didapatkan dari hasil analisis dengan perhitungan matematis adalah nilai standar geometri jalan tambang yang mencakup lebar jalan pada jalan lurus, lebar jalan pada tikungan, kemiringan, *crossfall* dan superelevasi. Sedangkan analisis data yang didapatkan dengan bantuan *software* meliputi jumlah *cut and fill* dalam pembuatan jalan tambang.

4.2.6 Hasil

Dari kegiatan penelitian ini, didapatkan hasil rancangan geometri jalan tambang pada Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional berupa nilai standar geometri jalan tambang, desain jalan tambang dan mengetahui kondisi geometri jalan tambang yang telah ada di PT. Aneka Nusantara Internasional.

4.2.7 Pembahasan

Bagian ini akan menjelaskan secara rinci sub-sub pembahasan untuk memperjelas akar permasalahan dari kegiatan penelitian, seperti nilai standar geometri jalan tambang, desain jalan tambang, dan kondisi geomteri jalan tambang.

4.2.8 Kesimpulan

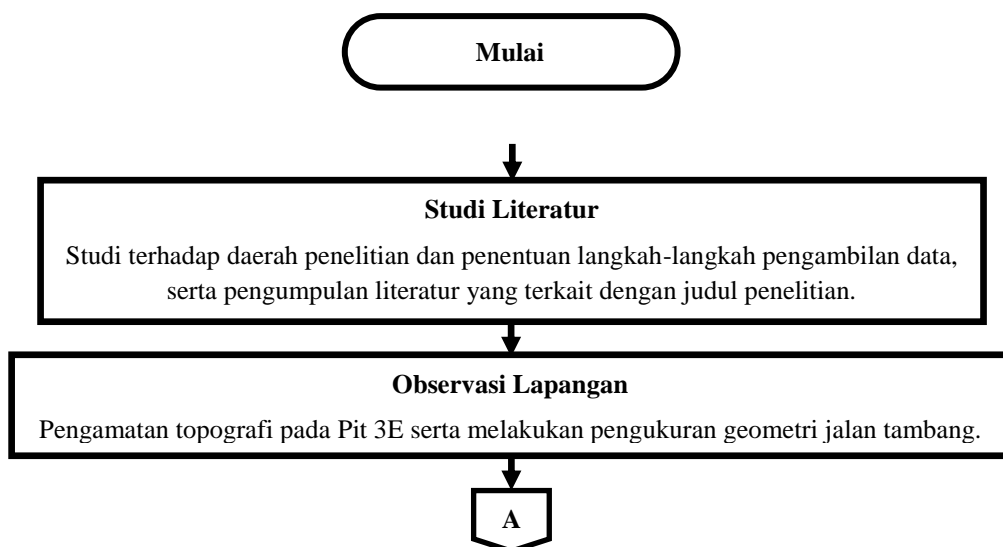
Bagian ini merupakan rangkuman singkat yang menjawab tujuan dari pelaksanaan penelitian yaitu terkait rancangan geometri jalan tambang yang sesuai dengan standar geometri jalan di PT. Aneka Nusantara Internasional.

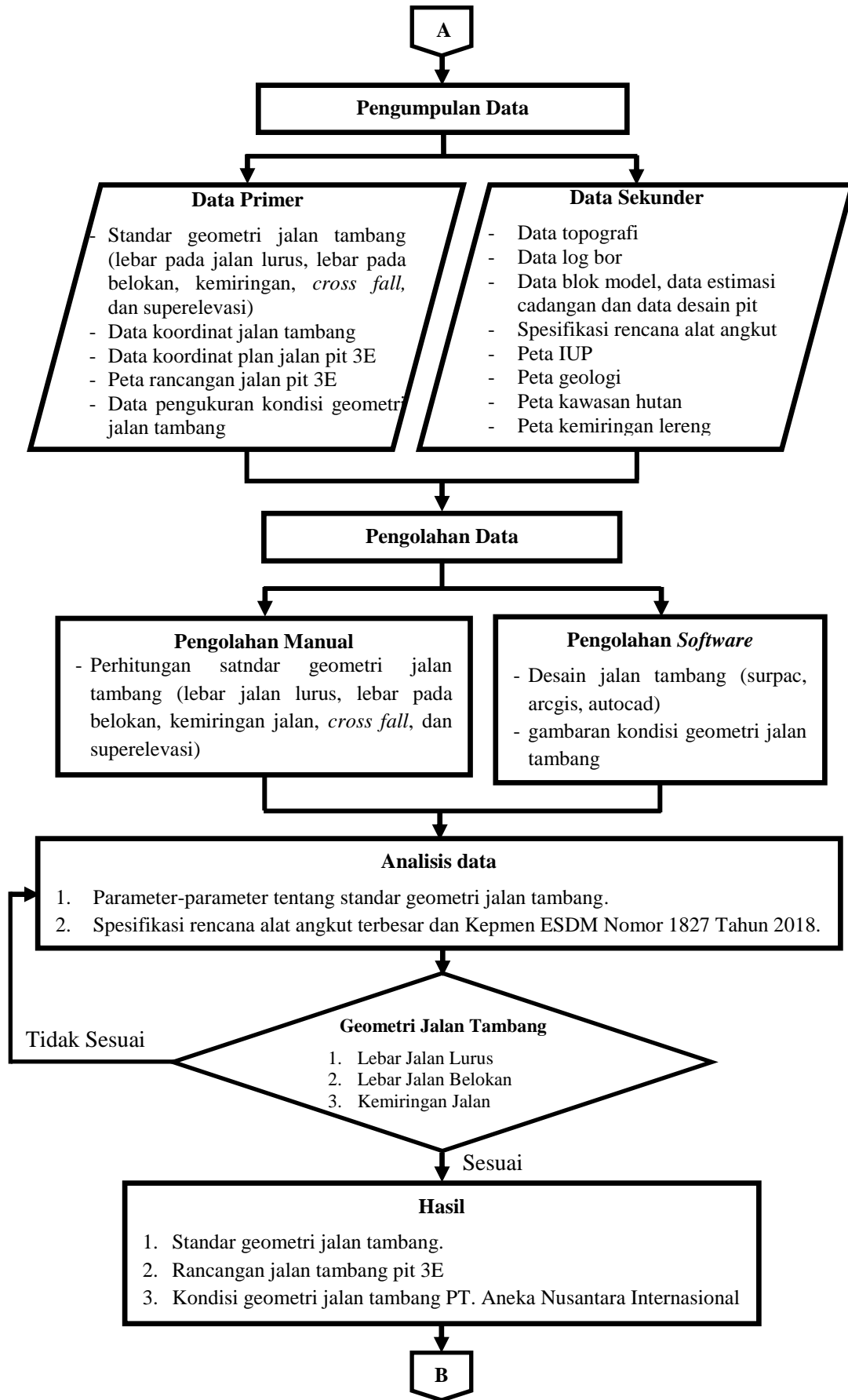
4.2.9 Pembuatan Laporan

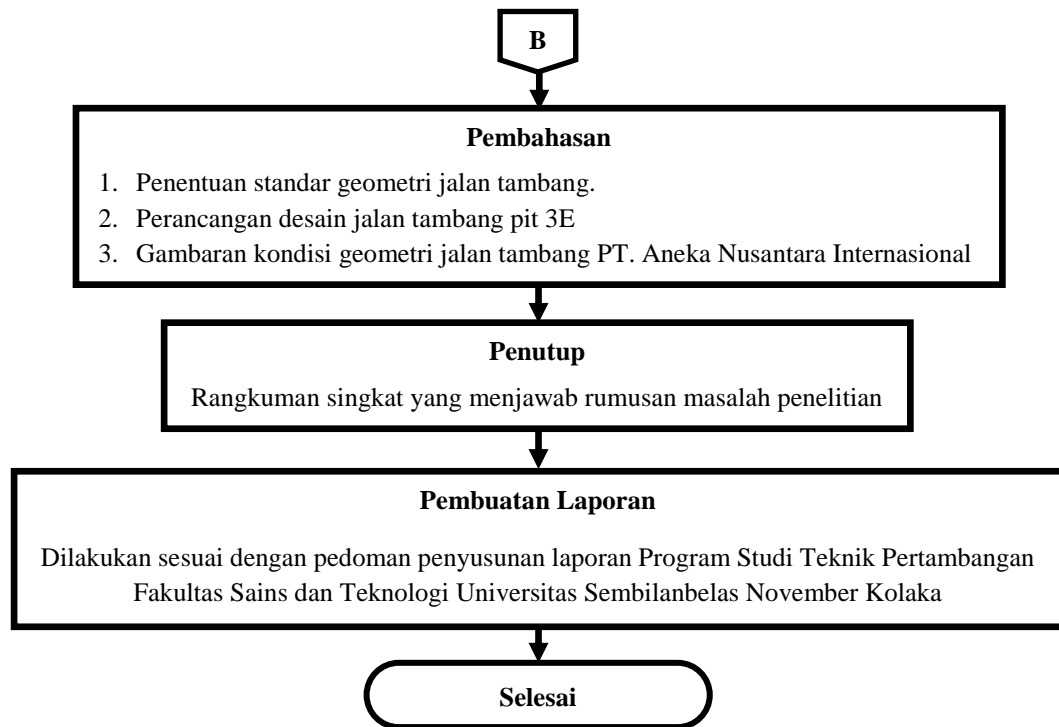
Hasil penelitian akan dituangkan dalam bentuk laporan sebagai suatu pelaporan dari hasil kegiatan penelitian yang dicapai oleh penulis.

4.3 Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir dari kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.6 di bawah :







Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 4.5 : Diagram Alir Penelitian

4.4 Data Hasil Penelitian

Data yang didapatkan selama kegiatan penelitian diperoleh langsung dari lapangan yang masih berupa data mentah dan data rancangan hasil dari pengolahan. Berikut ini adalah data-data yang didapatkan selama kegiatan penelitian:

4.4.1 Standar Geometri Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional

Berikut ini adalah beberapa data yang didapatkan dalam penentuan standar geometri jalan tambang di PT. Aneka Nusantara Internasional.

4.4.1.1 Dasar Perhitungan Geometri Jalan Tambang

Perhitungan geometri jalan tambang didasarkan pada spesifikasi alat angkut terbesar dalam hal ini adalah *Dump Truck Isuzu Giga FVZ 285 PS* yang secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 6 serta Kepmen ESDM Nomor 1827 Tahun 2018 yang secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 8. Berikut ini merupakan perwakilan data-data yang digunakan dalam perhitungan standar geometri jalan tambang di PT. Aneka Nusantara Internasional :

Tabel 4.1 : Sumber Data Perhitungan Standar Geometri Jalan Tambang

No	Uraian	Nilai	Sumber
1	Total Panjang	8,65 m	Spesifikasi Alat
2	Total Lebar	2,485 m	Spesifikasi Alat
3	Lebar Jejak Belakang	1,85 m	Spesifikasi Alat
4	Lebar Juntai Depan	1,25 m	Spesifikasi Alat
5	Lebar Juntai Belakang	1,375 m	Spesifikasi Alat
6	Diameter Roda	1,09 m	Spesifikasi Alat
7	Kemiringan Maks.	12 %	Kepmen ESDM 1827
8	<i>Cross Fall</i> Maks.	2 %	Kepmen ESDM 1827

Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

4.4.1.2 Standar Geometri Jalan

Berikut ini adalah hasil nilai standar geometri jalan tambang PT. Aneka Nusantara yang didapatkan dengan cara perhitungan matematis (Lampiran 9) :

Tabel 4.2 : Standar Geometri Jalan Tambang

No	Geometri Jalan Tambang	Standar
1	Lebar Pada Jalan Lurus	9,28 m
2	Lebar Pada Belokan	14,4 m
3	Kemiringan Maksimum	12 %
4	<i>Cross Fall</i> Minimum	2 %
5	Superelevasi Maksimum	1,33 %

Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

4.4.2 Rancangan Jalan Tambang Pit 3E

Berikut ini adalah beberapa data yang didapatkan dalam perancangan jalan tambang pada pit 3E Pt. Aneka Nusantara Internasional.

4.4.2.1 Data Topografi

Data topografi PT. Aneka Nusantara Internasional secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1. Berikut ini adalah beberapa data topografi pada pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional

Tabel 4.3 : Data Topografi Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional

X	Y	Z	String
417307	9904894	51	1
417322	9904881	56	1
417317	9904633	61	1
417373	9904630	66	1
417331	9904783	71	1

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

4.4.2.2 Data Log Bor Pit 3E

Data log bor yang diperoleh dibagi menjadi 4 data sebelum dilakukan pengolahan di *software surpac* seperti data *assay* dapat dilihat pada Lampiran 2, data *collar* dapat dilihat pada Lampiran 3, data *lithology* dapat dilihat pada Lampiran 4, dan data *survey* dapat dilihat pada Lampiran 5. Berikut ini adalah rangkuman data log bor pada pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional :

Tabel 4.4 : Log Bor Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional

Hole Id	X	Y	Z	T.OB	T.ORE	Avg.NI%
3E 0183	418045.23	9904970.09	91.36	3	3	2.13
3E 0187	418045.23	9905020.09	91.36	5	4	1.95
3E 0160	418022.07	9905074.86	91.36	5	1	1.50
3E 0186	418124.47	9905068.63	94.06	3	3	2.00
3E 0104	418034.08	9905065.17	94.06	5	2	1.76
3E 0103	418062.40	9905086.16	96.52	10	1	1.50
3E 0105	418058.74	9905062.93	95.55	6	3	2.09
3E 0181	418062.59	9905019.91	94.57	5	5	2.16
3E 0190	418117.88	9904970.54	87.22	7	2	1.62
3E 0194	418082.79	9905063.43	97.50	6	4	2.5
3E 0199	418108.72	9905016.19	96.23	6	2	1.87
E3 114	418182.08	9905020.97	101.14	4	1	1.23
3E 0107	418108.06	9905045.86	99.06	5	3	2.10
3E 0113	418130.57	9905015.61	99.33	7	2	1.98
3E 0116	418063.00	9904993.77	92.63	3	4	1.66
3E 0117	418112.64	9904991.88	92.19	5	2	1.48
3E 0123	418136.62	9904971.16	92.14	6	2	2.43
3E 0159	418159.47	9904970.56	93.51	4	2	2.68
3E 182	418251.37	9905087.88	96.04	5	1	1.43
3E 127	418219.77	9905084.34	98.89	5	2	1.78

3E 0118	418161.00	9904993.00	98.00	5	3	2.31
3E 0135	418328.48	9905103.15	111.56	3	2	1.69
3E 0157	418288.76	9905052.18	97.57	5	3	1.78
3E 0161	418126.00	9905071.00	100.00	5	3	2.05
3E 0106	418307.12	9905082.03	102.37	2	2	0.99
3E 0108	418160.00	9905046.00	102.00	4	4	1.84
3E 0167	418350.97	9905002.56	105.70	4	1	1.17
3E 0125	418253.29	9904939.87	109.07	1	2	1.39
3E 0141	418328.15	9905073.75	104.91	5	1	1.59
3E 0185	418335.94	9905051.97	103.28	4	2	1.94
3E 0115	418245.00	9904994.00	97.00	1	1	1.09
3E 0170	418331.73	9904970.95	96.73	4	1	1.26
3E 0133	418170.84	9904914.87	105.55	4	1	1.55
3E 0134	418187.43	9904888.68	99.60	2	1	1.70
3E 0109	418216.00	9905018.01	105.22	1	2	1.29
3E 0112	418167.42	9904752.93	97.44	7	2	2.19
3E 0165	418223.02	9904943.51	114.10	3	2	1.66
3E 0195	418274.00	9904994.00	97.00	5	2	0.46
3E 0158	418341.20	9904887.93	96.20	5	2	1.61
3E 0156	418320.75	9904794.97	103.47	7	1	1.84
3E 0130	418280.67	9904916.55	105.48	3	1	1.84
3E 0104	418028.00	9904830.00	97.80	6	2	1.78
3E 0124	418194.87	9904944.72	115.02	6	3	1.58
3E 0192	418325.60	9904995.71	94.53	4	2	1.74
3E 0163	418329.18	9904944.53	93.85	5	1	1.98
3E 0140	418266.88	9904877.42	86.81	4	2	0.35
3E 0171	418331.30	9904913.91	91.32	3	2	1.35
3E 0144	418328.86	9904837.86	101.05	5	1	1.57
3E 0145	418248.86	9904844.36	94.77	2	3	1.92
3E 0137	418122.03	9904746.40	110.59	4	1	1.45
3E 0129	418219.13	9904908.58	106.31	3	4	1.93
3E 0173	418130.36	9904788.74	107.64	3	2	1.69
3E 0197	418169.42	9904771.83	97.04	3	2	1.43
3E 0122	418167.42	9904752.93	97.44	4	2	1.2
3E 0177	418263.01	9904746.43	111.32	3	2	1.73
3E 0169	418164.84	9904895.86	101.38	4	1	1.57
3E 0166	418283.00	9904945.00	97.00	4	1	1.98
3E 0139	418356.67	9904907.39	95.58	3	1	0.61

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

4.4.2.3 Data Blok Model Pit 3E

Data blok model pit 3E didapatkan dari hasil pengolahan data log bor di *software surpac*. Berikut ini adalah dasar pemberian warna dalam pembuatan blok model pada pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional :

Tabel 4.5 : Pembagian Warna Blok Model Berdasarkan Nilai Kadar Ni

No	Kadar Ni (%)		Warna	Object Id
	From	To		
1	1,50	1,60	Kuning	6
2	1,60	1,70	Hijau	5
3	1,70	1,80	Hijau Muda	4
4	1,80	1,90	Biru Muda	3
5	1,90	2,00	Biru	2
6	2,00	2,99	Coklat	1

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

4.4.2.4 Data Estimasi Cadangan Pit 3E

Berikut ini adalah hasil perhitungan estimasi cadangan nikel laterit berdasarkan data log bor di pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional yang dihitung oleh PT. Fortino Artha Sejahtera :

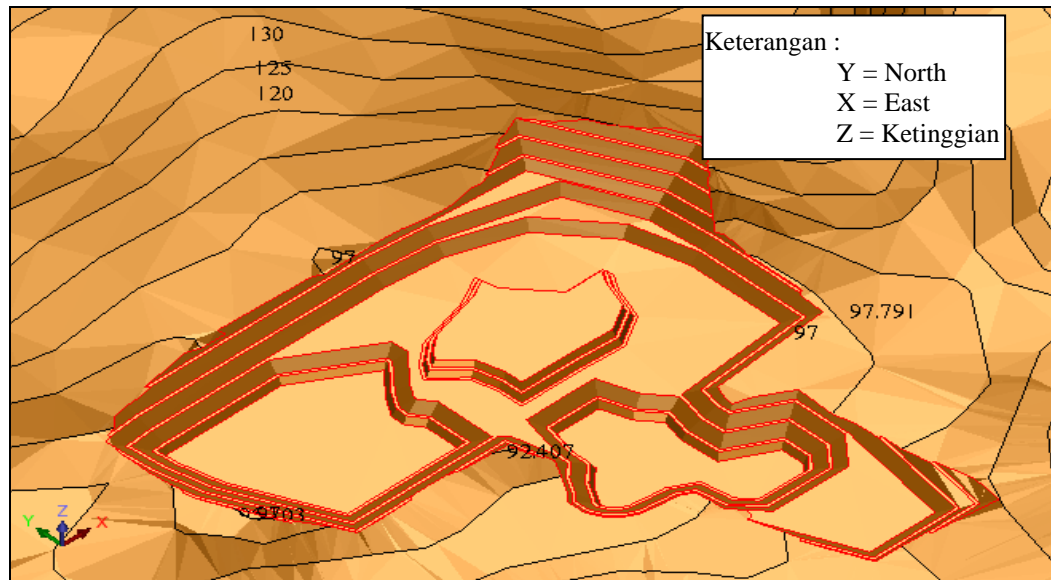
Tabel 4.6 : Estimasi Cadangan Pit 3E Metode *Inverse Distance Weight*

C.O.G	GRADE		VOLUME	TONASE	Avg.NI
1.6	1.6	1.7	14331	21497	1.65
	1.7	1.8	16706	25059	1.74
	1.8	1.9	15413	23119	1.84
	1.9	2.99	65363	98044	2.15
TOTAL			111813	167719	1.98
REC 75%				125789	

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

4.4.2.5 Data Desain Pit 3E

Berikut ini adalah desain pit limit yang dibuat oleh PT. Fortino Artha Sejahtera berdasarkan pengolahan data log bor pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional :



Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

Gambar 4.6 : Desain Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional

4.4.2.6 Data Koorinat Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional

Berikut ini adalah data koordinat jalan tambang PT. Aneka Nusantara Internasional :

Tabel 4.7 : Koordinat Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional

X	Y	X	Y
407521.587	9906823.936	416858.077	9905176.002
407861.930	9906762.683	417139.875	9905113.796
407946.637	9906574.622	417255.121	9905140.065
408339.785	9906468.020	417407.043	9905070.866
408847.765	9906287.914	417535.432	9905092.060
409105.778	9906241.933	417676.906	9905013.739
409369.358	9905978.017	417772.656	9904983.651
409597.481	9905724.134	417895.687	9904878.569
409928.885	9905647.252	417962.081	9905012.966
410343.938	9905384.547	417768.954	9904927.686
410723.521	9905361.906	417663.055	9904918.287

410881.779	9905438.224	417703.104	9904768.517
411047.024	9905268.833	417603.027	9904725.877
411388.274	9905417.192	417451.934	9904702.223
411548.669	9905880.954	417444.263	9904795.747
411606.256	9906061.487	417566.272	9904861.287
412297.751	9905885.669	417414.261	9904991.364
412730.143	9905836.531	417690.833	9905071.439
413022.537	9905637.317	417799.134	9904958.231
413220.250	9905435.148	417897.900	9904962.739
413349.564	9905529.658	417051.538	9905064.146
413453.532	9905523.486	416866.721	9905011.785
413693.740	9905332.967	416788.672	9904974.164
413866.173	9905343.059	416737.445	9904909.529
413998.249	9905172.429	416659.129	9904904.810
413972.387	9905009.356	416572.974	9904855.552
414292.692	9904843.429	416447.808	9904889.251
414363.836	9904716.803	416318.139	9904926.551
414682.389	9904523.280	416126.485	9904884.198
414987.625	9904396.191	416110.607	9904923.820
415154.679	9904756.609	416175.179	9904994.728
415475.062	9905223.967	416024.734	9905183.186
415617.257	9905275.447	416133.227	9905254.620
415710.722	9905404.010	416112.578	9905319.025
415905.243	9905233.504	416053.774	9905280.457
416226.184	9905343.570	416360.986	9905294.468
416498.756	9905262.114	416281.789	9905294.505
416593.094	9905094.811	416637.479	9905122.935

Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

4.4.2.7 Rancangan Jalan Tambang

Berikut ini adalah data koordinat hasil pengukuran plan jalan tambang pada pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional :

Tabel 4.8 : Koordinat Jalan Tambang Pit 3E

No	X	Y	Z
1	417971.102	9904925.353	88
2	417990.676	9904932.374	90
3	418004.968	9904934.042	91

4	418021.293	9904936.826	92
5	418037.146	9904946.935	94
6	418051.666	9904961.239	95
7	418065.769	9904970.997	95
8	418188.907	9904933.397	95
9	418087.095	9904975.307	96
10	418106.683	9904975.944	96
11	418179.784	9904939.977	96
12	418244.019	9904958.585	96
13	418124.433	9904974.473	97
14	418144.245	9904970.227	97
15	418158.427	9904959.432	97
16	418166.848	9904951.416	97
17	418207.114	9904958.718	97
18	418258.307	9904958.585	97
19	418282.887	9904958.585	97
20	418174.162	9904959.163	98
21	418190.457	9904958.920	98
22	418144.715	9904983.827	98
23	418146.205	9905001.080	100
24	418149.067	9905017.107	101
25	418159.208	9905033.214	102
26	418169.219	9905047.663	102
27	418173.276	9905053.222	102
28	418199.980	9905059.642	102
29	418221.423	9905064.554	102
30	418235.681	9905067.479	102

Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Berdasarkan hasil rancangan jalan tambang pada pit 3E yang dibuat menggunakan *software surpac*, maka didapatkan nilai *cut and fill* (*density* 1.8) untuk jalan tambang sebagai berikut :

Tabel 4.9 : Jumlah *Cut and Fill* Jalan Tambang Pit 3E

Cut Area (m ²)	Cut Vol (m ³)	Cut Tonnage (BCM)	Fill Area (m ²)	Fill Vol (m ³)	Fill Tonnage (CCM)
18.634,44	35.843,98	64.519,164	11.130,51	28.983,61	52.170,498

Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

4.4.3 Kondisi Geometri Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional

Berdasarkan pengukuran kondisi geometri jalan tambang pada PT. Aneka Nusantara Internasional, maka didapatkan gambaran kondisi geometri jalan yang meliputi lebar jalan pada jalan lurus, lebar jalan pada belokan, dan kemiringan jalan.

4.4.3.1 Lebar Jalan Pada Jalan Lurus

Berikut ini adalah hasil pengukuran kondisi lebar jalan lurus terkecil pada setiap segmen di PT. Aneka Nusantara Internasional :

Tabel 4.10 : Tabel Kondisi Lebar Jalan Pada Jalan Lurus

Segmen	Standar (m)	Aktual (m)
0 - 1	9.28	5.70
1 - 2		6.40
2 - 3		6.50
3 - 4		7.40
4 - 5		5.30
5 - 6		5.85
6 - 7		3.40
7 - 8		7.10
8 - 9		5.90
9 - 10		6.25
10 - 11		6.10
11 - 12		6.50

Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

4.4.3.2 Lebar Jalan Pada Belokan

Berikut ini adalah hasil pengukuran kondisi lebar jalan belokan terkecil pada setiap segmen di PT. Aneka Nusantara Internasional :

Tabel 4.11 : Tabel Kondisi Lebar Jalan Pada Belokan

Segmen	Standar (m)	Aktual (m)
0 - 1	14.4	8.90
1 - 2		9.10
2 - 3		7.90
3 - 4		9.00
4 - 5		8.80
5 - 6		9.00
6 - 7		8.40
7 - 8		10.80
8 - 9		9.30
9 - 10		8.40
10 - 11		9.60
11 - 12		7.20

Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

4.4.3.3 Kemiringan Jalan

Berikut ini adalah hasil pengukuran kondisi kemiringan jalan tambang terbesar pada setia segmen di PT. Aneka Nusantara Internasional :

Tabel 4.12 : Tabel Kondisi Kemiringan Jalan Tambang

Segmen	Standar (% atau °)	Aktual (%)	Aktual (°)
0 - 1	12% atau 6,843°	7,02	4,016
1 - 2		5,01	2,868
2 - 3		9,04	5,165
3 - 4		6,01	3,439
4 - 5		15,17	8,626
5 - 6		14,14	8,048
6 - 7		13,11	7,469
7 - 8		14,14	8,048
8 - 9		11,07	6,317
9 - 10		14,14	8,048
10 - 11		17,25	9,787
11 - 12		15,17	8,626

Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

BAB V

PEMBAHASAN

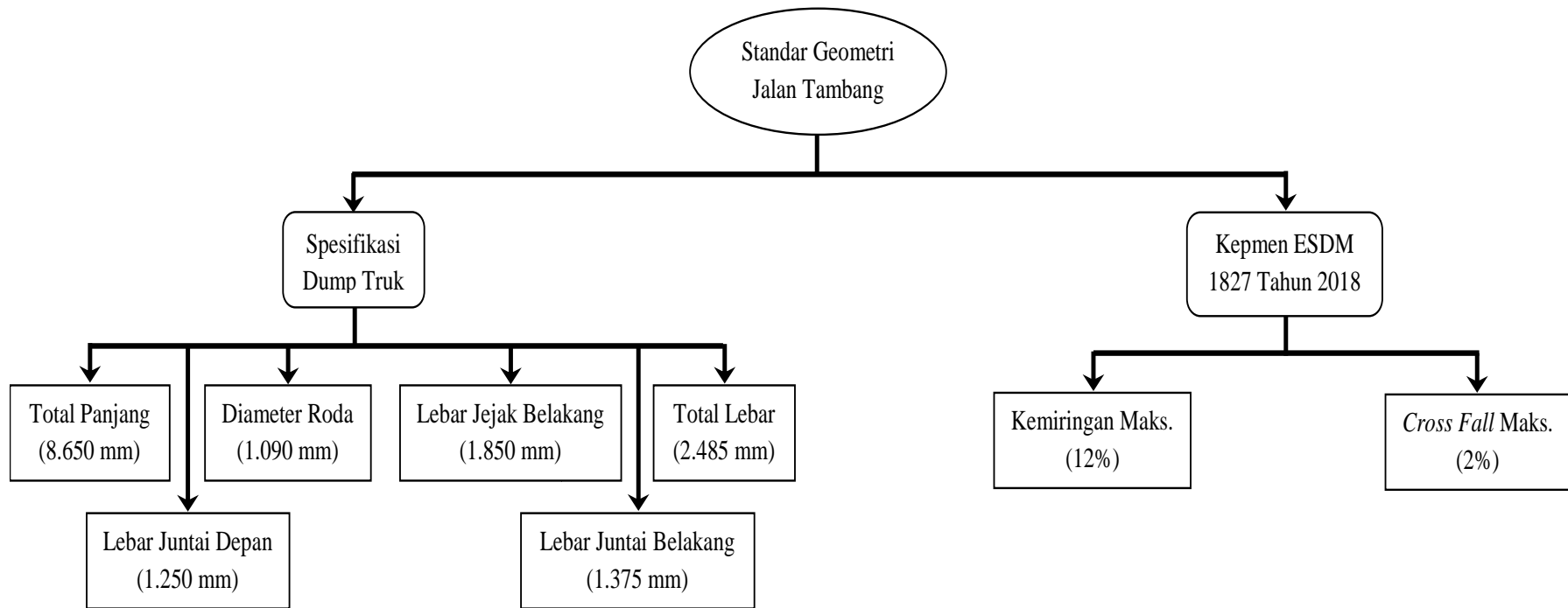
5.1 Standar Geometri Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional

Dalam penentuan standar geometri jalan tambang di PT. Aneka Nusantara Internasional, ada beberapa tahapan yang dilakukan oleh penulis seperti pengumpulan teori mengenai standar geometri jalan, serta pengumpulan data-data yang dijadikan sebagai dasar dalam perhitungan.

5.1.1 Dasar Perhitungan Geometri Jalan Tambang

Sebelum melakukan perhitungan geometri jalan tambang, ada beberapa hal yang perlu diketahui terkait peraturan tentang jalan tambang yang tercantum dalam Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018. Dalam perancangan jalan tambang, yang harus digunakan sebagai acuan adalah spesifikasi rencana alat angkut terbesar yang akan melalui jalan yang akan dibuat. Dalam kegiatan penelitian di PT. Aneka Nusantara Internasional, ada 2 jenis alat angkut yang digunakan dalam kegiatan pengangkutan material yaitu Dump Truk Isuzu Giga FVZ 285 PS dan Mitsubishi Fuso 220 PS.

Berdasarkan spesifikasi masing-masing alat angkut yang ada, dapat diketahui bahwa Dump Truk Isuzu Giga FVZ 285 PS memiliki dimensi yang lebih besar dibandingkan Dump Truk Mitsubishi Fuso 220 PS. Sehingga dalam perhitungan standar geometri jalan tambang di Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional, yang digunakan sebagai acuan adalah Dump Truk Isuzu Giga FVZ 285 PS. Dalam perhitungan geometri jalan tambang, ada beberapa data yang dijadikan sebagai dasar perhitungan, data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.1 : Data Penentuan Standar Geometri Jalan Tambang

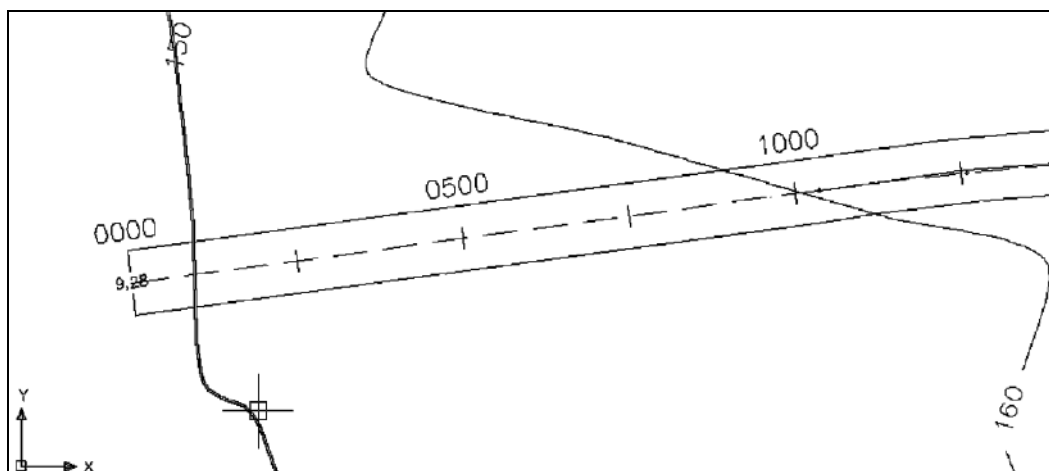
5.1.2 Standar Geometri Jalan Tambang

Dalam penentuan standar geometri jalan tambang yang menjadi acuan adalah aturan yang terdapat dalam Kepmen ESDM 1827 Tahun 2018 dan pedoman dalam pembuatan jalan menurut *American Association of State Highway Transportation Official*. Yang harus diketahui adalah bahwasanya nilai standar geometri jalan tambang pada PT. Aneka Nusantara Internasional sewaktu-waktu dapat berubah jika terdapat perubahan pada alat angkut yang digunakan, dalam hal ini alat angkut tersebut memiliki spesifikasi yang lebih besar dari *Dump Truck* Isuzu Giga FVZ 285 PS.

a. Lebar Minimum Jalan Tambang Pada Jalan Lurus

Penentuan nilai standar minimum untuk lebar jalan tambang pada jalan lurus di PT. Aneka Nusantara Internasional didasarkan pada lebar dari rencana alat angkut terbesar yang akan menggunakan jalan tambang, dalam hal ini alat angkut yang dimaksud adalah *Dump Truck* Isuzu Giga FVZ 285 PS. Adapun lebar total dari alat angkut ini adalah 2.485 mm. Selain itu, dalam merancang lebar jalan tambang, harus diketahui pula jumlah jalur yang akan dibuat. Adapun jumlah jalur yang akan dibuat untuk jalan tambang di PT. Aneka Nusantara Internasional adalah 2 jalur.

Perhitungan nilai minimum lebar jalan lurus pada jalan tambang, dihitung menggunakan Rumus 3.1 yang menjadi standar perhitungan oleh *American Association of state and Highway Transportation Official* (AASHTO).



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

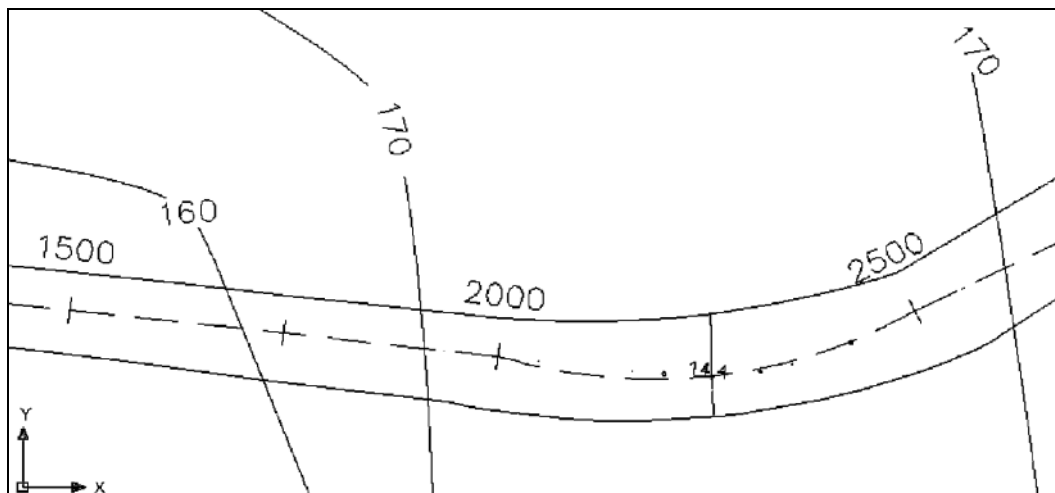
Gambar 5.2 : Lebar Minimum Jalan Tambang Pada Jalan Lurus

b. Lebar Minimum Jalan Tambang Pada Belokan

Penentuan nilai minimum lebar jalan tambang pada belokan di PT. Aneka Nusantara Internasional didasarkan pada spesifikasi dari rencana alat angkut yang akan menggunakan jalan, yaitu *Dump Truck* Isuzu Giga FVZ 285 PS. Adapun spesifikasi yang digunakan dalam penentuan lebar jalan pada belokan adalah jarak jejak ban depan, jarak sumbu roda, lebar jului depan dan belakang, serta radius putar (*turning radius*).

Selain itu, dalam merancang lebar jalan tambang, harus diketahui pula jumlah jalur yang akan dibuat, sudut penyimpangan roda, lebar jantai depan dan belakang, serta lebar tepi jalan dan jarak antar kendaraan.

Perhitungan nilai minimum lebar jalan pada belokan untuk dump truk Isuzu Giga FVZ 285 PS, dihitung menggunakan rumus *American Asociation Of State Highway And Transportation Official (AASHTO)*.



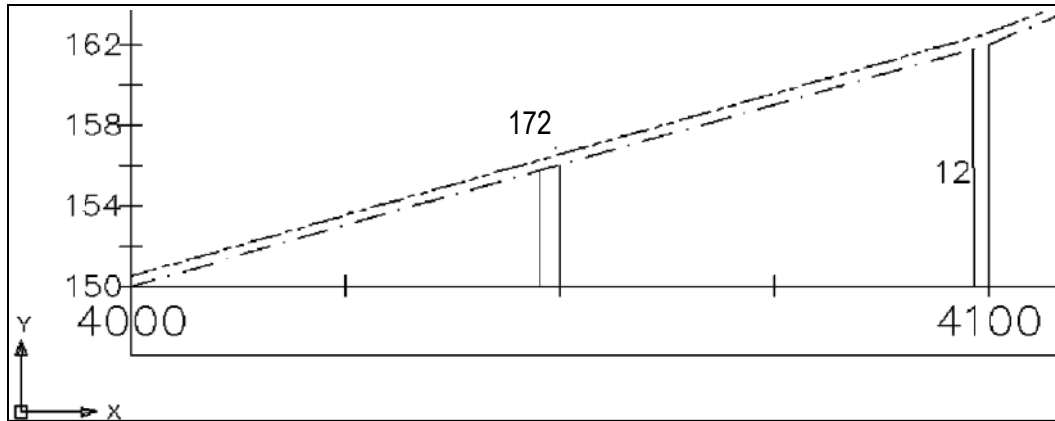
Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.3 : Lebar Minimum Jalan Pada Belokan

c. Kemiringan Maksimum Jalan Tambang

Penentuan nilai maksimum kemiringan (*grade*) untuk jalan tambang di PT. Aneka Nusantara Internasional didasarkan pada peraturan yang tertuang dalam Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018. Adapun nilai maksimum untuk kemiringan jalan tambang adalah 12%. Untuk data yang digunakan dalam menghitung kemiringan jalan tambang adalah jarak miring dan beda tinggi permukaan jalan.

Perhitungan nilai maksimum kemiringan untuk jalan tambang, dihitung menggunakan rumus *American Association Of State Highway And Transportation Official (AASHTO)*.



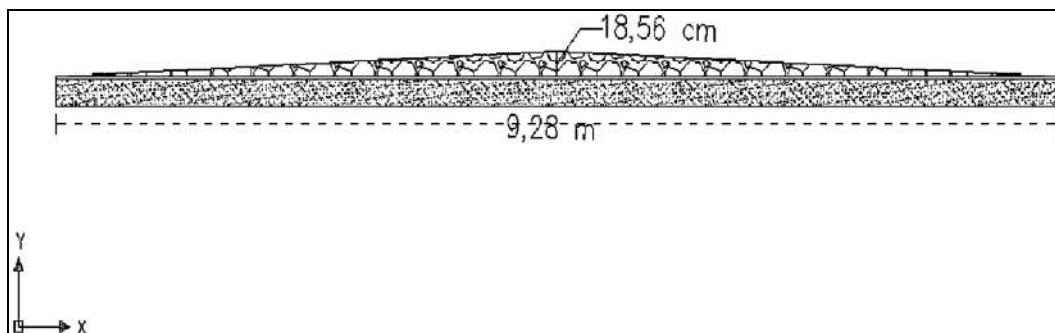
Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.4 : Kemiringan Maksimum Jalan Tambang

d. Cross Fall Minimum Jalan Tambang

Penentuan nilai Minimum *cross fall* atau kemiringan melintang untuk jalan tambang di industri pertambangan didasarkan pada peraturan yang tertuang dalam Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018. Adapun nilai Minimum untuk *cross fall* jalan tambang adalah 2%. Adapun yang digunakan dalam menghitung *cross fall* jalan tambang adalah lebar jalan dan beda tinggi antara dua sisi jalan dengan titik tengah jalan.

Perhitungan nilai Minimum *cross fall* untuk jalan tambang, dihitung menggunakan rumus *American Association Of State Highway And Transportation Official (AASHTO)*.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

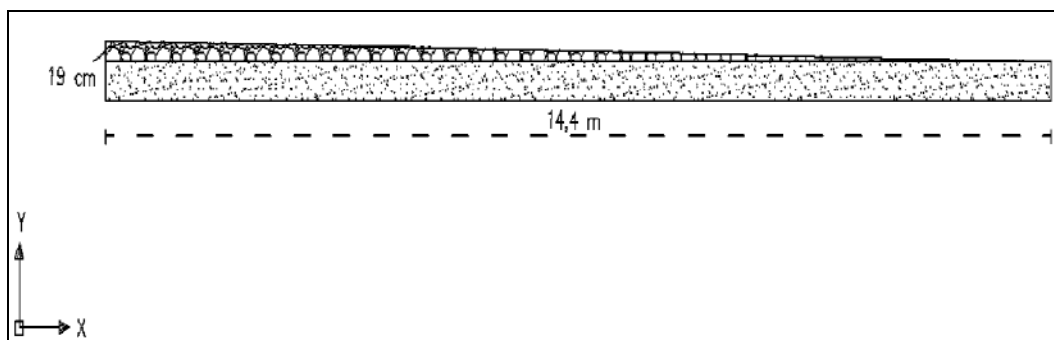
Gambar 5.5 : Cross Fall Minimum Jalan Tambang

e. **Superelevasi Maksimum Jalan Tambang**

Penentuan nilai maksimum superelevasi pada belokan untuk jalan tambang di PT. Aneka Nusantara Internasional didasarkan pada spesifikasi dari rencana alat angkut yang akan menggunakan jalan, yaitu *Dump Truck* Isuzu Giga FVZ 285 PS. Adapun spesifikasi yang digunakan dalam penentuan lebar jalan pada belokan adalah jarak jejak ban depan, jarak sumbu roda, lebar jalur depan dan belakang, serta radius putar (*turning radius*).

Selain itu, dalam merancang lebar jalan tambang, harus diketahui pula jumlah jalur yang akan dibuat, sudut penyimpangan roda, lebar jantai depan dan belakang, serta lebar tepi jalan dan jarak antar kendaraan.

Perhitungan superelevasi maksimum untuk dump truk Isuzu Giga FVZ 285 PS, didapatkan dari hasil perhitungan matematis menggunakan rumus *American Asociation Of State Highway And Transportation Official (AASHTO)*.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

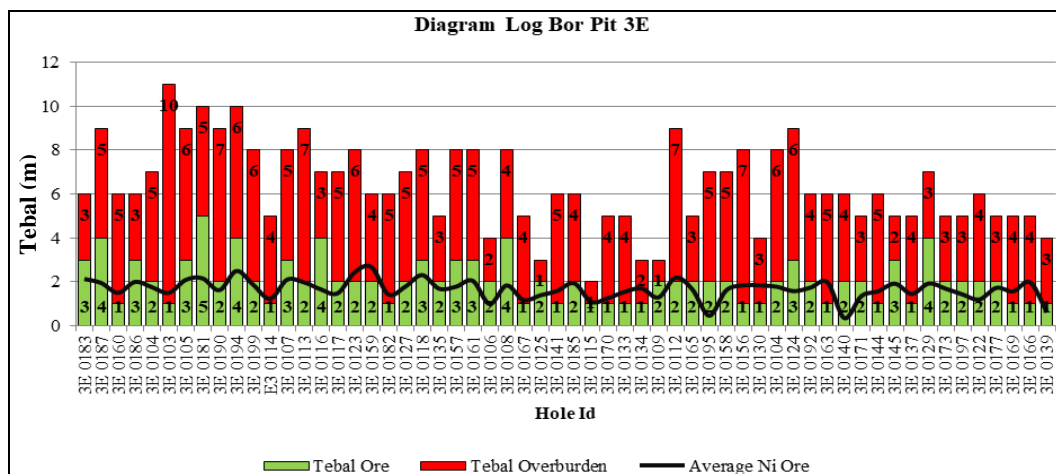
Gambar 5.6 : Superelevasi Maksimum Jalan Tambang

5.2 **Rancangan Jalan Tambang Pit 3E**

Dalam perancangan jalan tambang pada pit 3E, ada beberapa tahapan yang dilakukan seperti pengumpulan data topografi, data log bor, data blok model, data estimasi cadangan, data desain pit yang dijadikan sebagai titik akhir jalan tambang, serta data jalan tambang yang sudah ada yang dijadikan titik awal pembuatan jalan tambang, kemudian barulah dilakukan perancangan jalan tambang sesuai dengan standar yang telah dihitung.

5.2.2 Log Bor Pit 3E

Log bor adalah sekumpulan data hasil dari kegiatan pengeboran eksplorasi yang meliputi data koordinat titik bor [*Easting (X), Northing (Y)* dan *Elevation (Z)*], serta data hasil analisis laboratorium (kadar Ni, Fe, Mg, SiO₂, dll.). Data log bor pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional diperoleh dari hasil *survey* langsung menggunakan alat ukur *total station* yang dilakukan oleh PT. Fortino Artha Sejahtera untuk mendapatkan koordinat lubang bor serta teknik analisis kadar dari sampel pengeboran eksplorasi menggunakan alat XRF (*X-Ray Fluorescence Analysis*) di laboratorium PT. Aneka Nusantara Internasional. Data log bor merupakan data yang dapat digunakan sebagai dasar dalam pembuatan blok model, perhitungan cadangan, ataupun pembuatan desain pit. Berikut ini adalah diagram perbedaan ketebalan material (*overburden* dan *ore*) dari data log bor Pit 3E :



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.8 : Diagram Log Bor Pit 3E

Dari diagram pada Gambar 5.8, dapat kita lihat perbedaan ketebalan *overburden* dan *ore* dari 59 lubang bor yang ada, dapat dilihat bahwa titik bor yang memiliki ketebalan *ore* tertinggi adalah pada titik 3E 0181 dengan ketebalan ore 5 m, dengan rata-rata kadar mencapai 2,16%. Sedangkan titik bor yang memiliki ketebalan *ore* terendah ada 18 titik dengan ketebalan *ore* 1 m, dengan rata-rata kadar mencapai 1,49%. Dari total keseluruhan titik bor, didapatkan rata-rata ketebalan *overburden* setebal 4 m, sedangkan rata-rata ketebalan *ore* setebal 2.07 dengan rata-rata kadar 1,67%.

Pada kegiatan penelitian ini, data log bor digunakan sebagai dasar dalam pengolahan data di *software surpac*, yaitu dalam pembuatan blok model, estimasi cadangan hingga dilakukan desain pit. Sebelum melakukan pengolahan data log bor di *software surpac*, data yang ada dibagi menjadi data *assay*, *colaar*, *lithology*, dan *survey* yang disimpan dalam bentuk file *comma delimited (.csv)*, karena *software surpac* hanya dapat membaca file dalam bentuk *csv*. Dari pengolahan data log bor di *software surpac*, maka akan didapatkan tampilan *drill hole*.

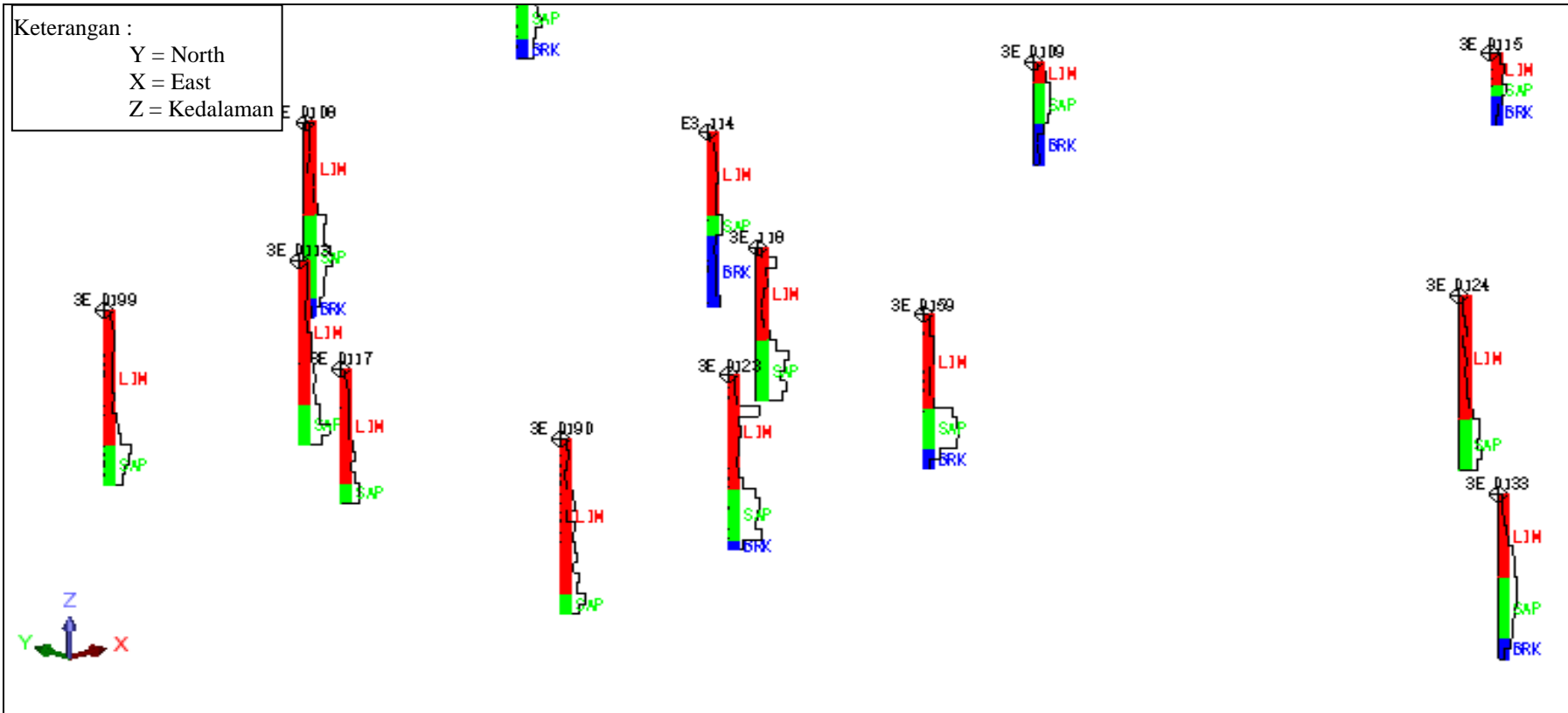
Tampilan *drill hole* yang dibagi menjadi tiga warna yang menunjukkan perlapisan tanah. Warna merah menandakan zona limonit, warna kuning menandakan zona saprolit, sedangkan warna biru menandakan zona *bedrock*. Tampilan *drill hole* dari beberapa data log bor yang telah diolah oleh PT. Fortino Artha Sejahtera menggunakan *software surpac* dapat dilihat pada Gambar 5.9.

5.2.3 Blok Model Pit 3E

Blok model adalah bagian-bagian-bagian berbentuk kubus yang dimodelkan dan dibuat secara dinamis sesuai dengan perintah dan data yang ada. Blok model merupakan bentuk database yang memiliki referensi spasial dan menyediakan sarana untuk membuat pemodelan endapan nikel laterit secara 3 dimensi dari data log bor. Pada kegiatan penelitian ini, blok model digunakan sebagai dasar dalam estimasi cadangan hingga pembuatan desain pit. Blok model sendiri terdiri dari sel-sel dengan ukuran tertentu, semakin kecil ukuran yang digunakan dalam pembuatan blok model maka semakin akurat estimasi cadangan yang didapatkan. Sebelum melakukan pembuatan blok model di *software surpac*, terlebih dahulu dilakukan pembuatan database yang berisi data *assay*, *colaar*, *lithology*, dan *survey* yang disimpan dalam bentuk file *comma delimited (.csv)*.

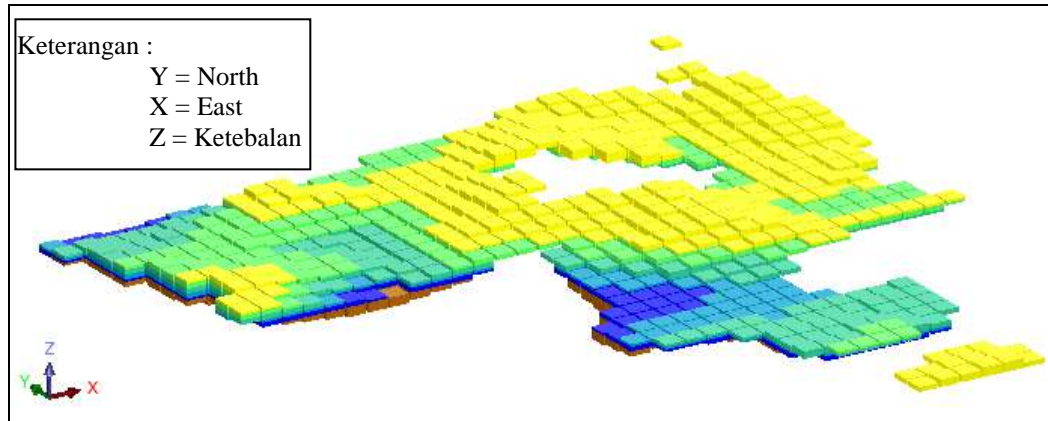
Pembuatan blok model selain menggunakan database, diperlukan juga data topografi sebagai bentuk original dari permukaan bumi. Jika Kedua data telah dimasukkan kedalam *software surpac* barulah pembuatan blok model dapat dilakukan dengan menggunakan *Cut of Grade 1,5%*. Yang harus diketahui adalah blok model yang dibuat selalu berada dibawah topografi original, jika ada blok model yang melewati batas topografi original, maka dapat dipastikan jika ada yang salah dalam proses pembuatan blok model yang kita lakukan ataupun kesalahan pada data. Hasil Blok Model dapat dilihat pada Gambar 5.10.

Keterangan :
 Y = North
 X = East
 Z = Kedalaman



Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

Gambar 5.9 : Drill Hole Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional



Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

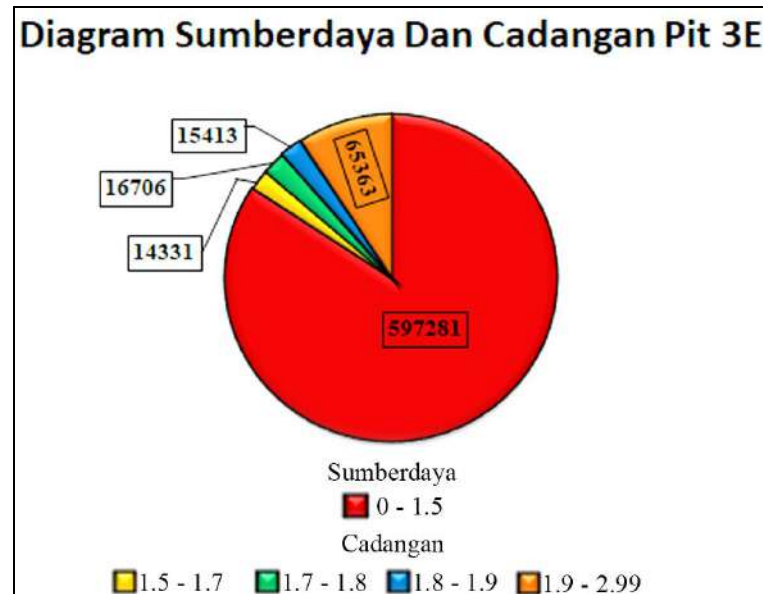
Gambar 5.10 : Blok Model Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional

5.2.4 Estimasi Cadangan Pit 3E

Sumberdaya merupakan akumulasi endapan zat padat, cair maupun gas, baik yang sudah diketahui maupun masih bersifat potensi, yang mengandung satu atau beberapa komoditas serta diharapkan dapat diperoleh, dimanfaatkan dan dapat bernilai ekonomis. Sedangkan cadangan merupakan bagian dari sumberdaya yang telah diketahui ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas maupun kualitasnya sehingga dikatakan layak untuk dilakukan penambangan. Cadangan pada pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional diperoleh dari hasil pengolahan data log bor di *software surpac* oleh PT. Fortino Artha Sejahtera.

Pada kegiatan penelitian ini, estimasi cadangan dilakukan karena merupakan tahapan yang harus dilalui sebelum dilakukannya desain pit. Sebelum melakukan estimasi cadangan nikel laterit di *software surpac*, terlebih dahulu dilakukan pembuatan database yang berisi data *assay*, *colaar*, *lithology*, dan *survey* yang disimpan dalam bentuk file *comma delimited (.csv)*. Estimasi cadangan sendiri, dapat dilakukan setelah pembuatan blok model telah selesai dengan menggunakan database serta data topografi. Estimasi cadangan dilakukan berdasarkan nilai *cut of grade* yang ditentukan oleh perusahaan. Adapun *Cut Of Grade* yang digunakan oleh PT. Aneka Nusantara Internasional adalah 1,5%. Jadi untuk lapisan tanah yang memiliki kadar Ni dibawah 1,5% tidak termasuk kedalam perhitungan cadangan. Adapun total cadangan nikel laterit pada pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional adalah sebanyak 167.719 ton. Berikut ini adalah diagram

perbandingan antara sumberdaya dan cadangan yang ada di pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional :



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.11 : Diagram Sumberdaya dan Cadangan Pit 3E

5.2.5 Desain Pit 3E

Desain pit adalah suatu kegiatan dalam merencanakan kegiatan produksi pada tambang yang dimana dalam penelitian ini menggunakan metode tambang terbuka (*open pit* dan *open cast*). Desain pit pada 3E PT. Aneka Nusantara Internasional didapatkan berdasarkan hasil pengolahan data log bor yang dilakukan oleh PT. Fortino Artha Sejahtera di *software surpac*. Pada kegiatan penelitian ini, desain pit digunakan sebagai dasar sebelum memulai perancangan jalan tambang. Ada beberapa hal yang menjadi perhatian dalam pembuatan desain pit diantaranya adalah tinggi *bench*, kemiringan lereng, batas sebaran cadangan, dan sebagainya. Sebelum melakukan pembuatan desain pit di *software surpac*, terlebih dahulu menyiapkan data topografi dan pembuatan database yang berisi data *assay*, *colaar*, *lithology*, dan *survey* yang disimpan dalam bentuk file *comma delimited (.csv)*.

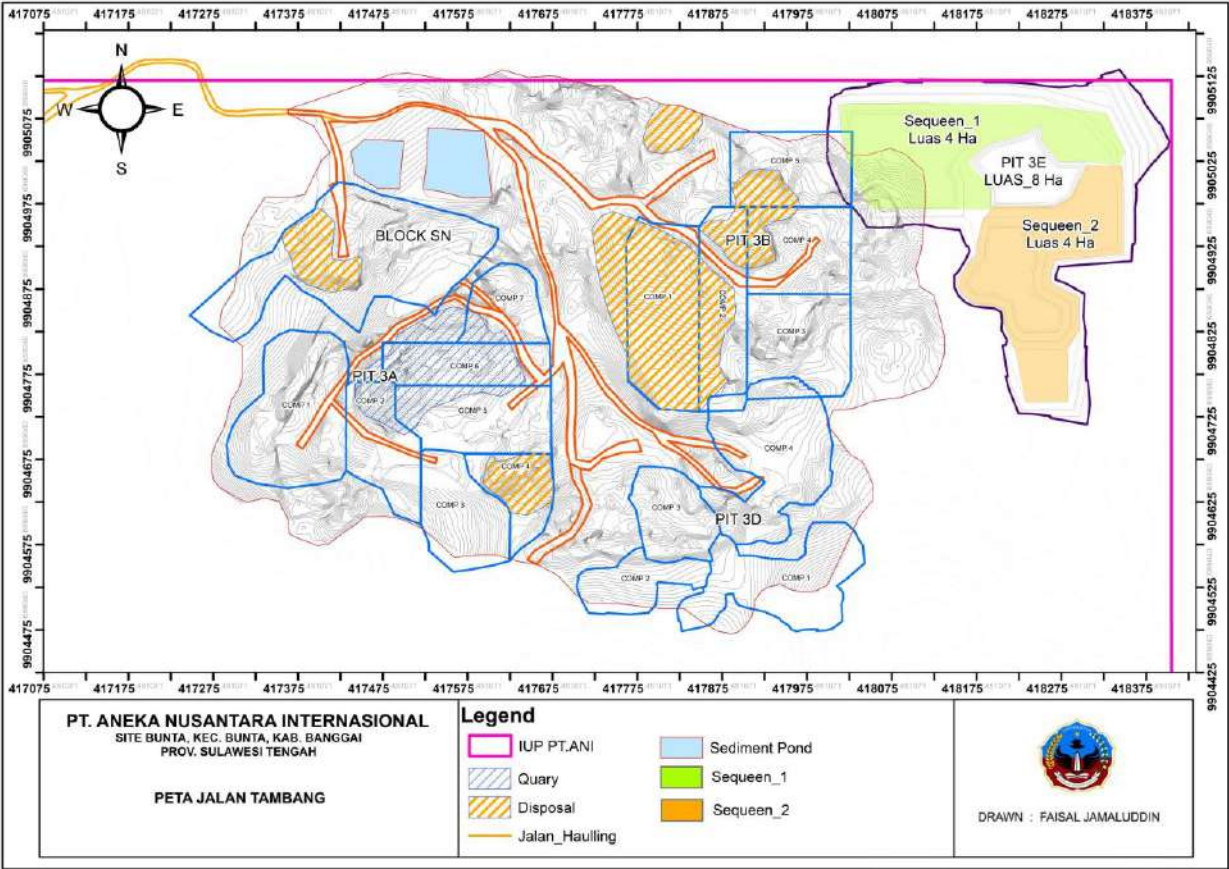
Setelah data-data yang dibutuhkan telah lengkap, barulah dilakukan pengolahan data di *software surpac*. Langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan database, selanjutnya dilakukan pembuatan blok model, estimasi

cadangan barulah masuk kedalam tahap pembuatan desain pit. Yang perlu diketahui adalah, desain pit dibuat untuk dapat memudahkan dalam kegiatan penambangan, baik itu dalam penjadwalan produksi maupun arah bukaan tambang.

5.2.6 Koordinat Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional

Jalan tambang yang dimiliki oleh PT. Aneka Nusantara Internasional keseluruhan memiliki panjang ± 15 km. Pada kegiatan penelitian ini, koordinat jalan tambang PT. Aneka Nusantara Internasional diambil menggunakan 2 cara yaitu dengan melakukan *tracking* menggunakan GPS serta dengan pengukuran langsung dengan menggunakan *total station*. Pengambilan data koordinat jalan tambang pada penelitian ini sebagai acuan dalam memulai perancangan jalan tambang pada pit 3E. karena jalan tambang pada pit 3E dibuat mulai dari pit sampai ke jalan tambang PT. Aneka Nusantara Internasional yang telah ada. Berdasarkan kondisi jalan tambang PT. Aneka Nusantara Internasional di lapangan, diketahui bahwasanya jalan tambang yang ada melalui 2 jalan desa dan 1 jalan provinsi.

Gambaran peta jalan tambang yang dimiliki oleh PT. Aneka Nusantara Internasional dapat dilihat pada gambar berikut ini :

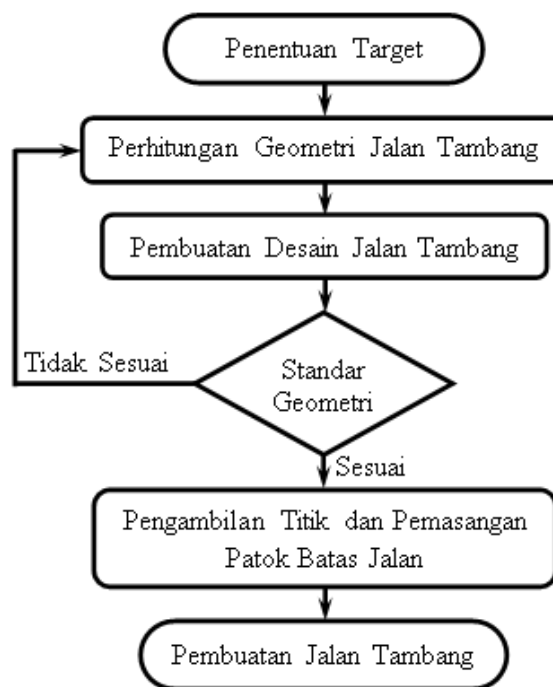


Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.12 : Peta Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional

5.2.7 Rancangan Jalan Tambang

Dalam melakukan perancangan geometri jalan tambang, terlebih dahulu dilakukan perancangan desain pit dengan menggunakan metode penambangan *open pit*. Setelah desain pit sudah terbentuk, barulah dilakukan perancangan jalan tambang yang akan dibuat pada Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional. Jalan tambang dirancang dengan tujuan untuk dapat menjadi akses dalam kegiatan pengangkutan material di pit 3E. Dalam perancangan jalan tambang yang dilakukan di pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022

Gambar 5.13 : Tahapan Pembuatan Jalan Tambang

a. Penentuan Target Jalan

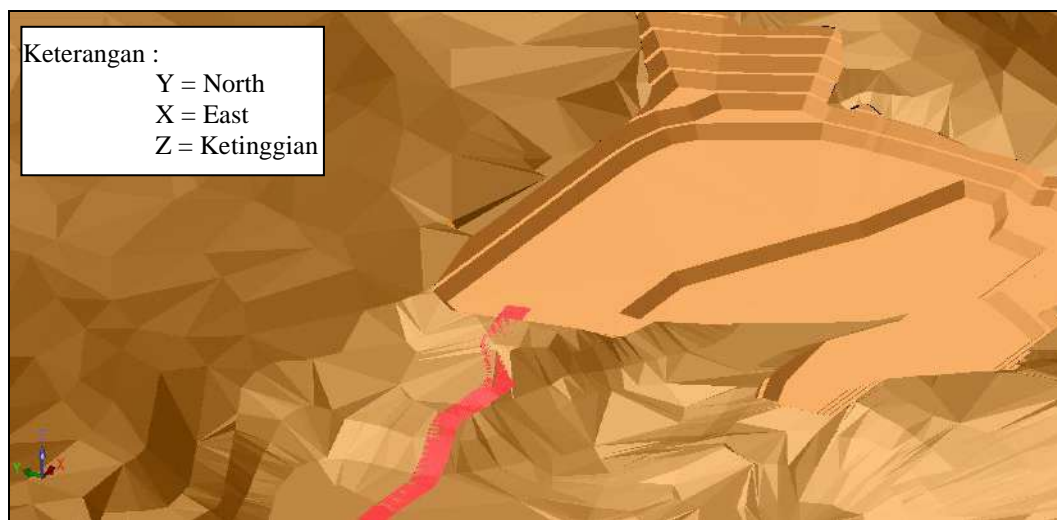
Penentuan target jalan merupakan tahap pertama yang harus dilakukan. Dimana dalam tahapan ini, hal yang harus diketahui adalah titik awal dimulainya pembuatan jalan tambang yaitu jalan tambang yang telah ada sebelumnya serta titik akhir jalan yaitu lokasi pit 3E yang telah di desain. Tujuan dari tahapan pertama ini adalah agar jalan yang dibuat dapat berfungsi secara efektif dan efisien pada kegiatan operasi produksi nantinya.

b. Perhitungan Geometri Jalan Tambang

Tahapan yang kedua adalah perhitungan geometri jalan tambang yang mencakup lebar jalan pada jalan lurus, lebar jalan pada belokan dan kemiringan jalan. Dalam perhitungan geometri jalan tambang ini, yang menjadi acuan adalah Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018 dan perhitungan menurut AASHTO serta spesifikasi alat angkut terbesar yaitu Dump Truk Isuzu Giga FVZ 285 PS.

c. Pembuatan Desain Jalan Tambang

Setelah dilakukan perhitungan geometri jalan tambang, langkah selanjutnya adalah pembuatan desain jalan tambang menggunakan *software surpac* dan *arcgis*. Dalam tahap ini, desain yang dibuat sesuai dengan standar geometri jalan yang telah dihitung sebelumnya agar jalan yang dibuat aman dan nyaman untuk dilalui sehingga mengurangi resiko kemungkinan terjadinya kecelakaan hingga dapat meningkatkan hasil produksi. Berikut ini adalah gambar hasil rancangan jalan tambang pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional menggunakan *software surpac* :



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.14 : Rancangan Jalan Tambang Pit 3E

Dari desain jalan tambang yang dibuat, didapatkan nilai volume *cut and fill* agar jalan yang ada nantinya dapat memenuhi standar geometri jalan tambang. Berikut ini adalah gambaran dari hasil *cut and fill* :



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.15 : Hasil *Cut and Fill* Jalan Tambang

Tujuan dari *cut and fill* ini adalah untuk dapat menciptakan kondisi jalan yang sesuai dengan standar geometri yang ada. Perhitungan *cut and fill* jalan tambang dilakukan di *software surpac* dengan menggunakan beberapa data seperti rencana jalan tambang (.dtm), topografi daerah penelitian (.dtm), serta density yang digunakan adalah 1.8 (density overburden).

Hasil perhitungan *cut* atau menggali adalah dengan luasan area 18.634,44 m², volume 35.843,98 m³, dan tonase 64.519,164 BCM (*Bank Cubic Meter*). Sedangkan hasil perhitungan *fill* atau menimbun adalah dengan luasan area 11.130,51 m², volume 28.983,61 m³, dan tonase 52.170,498 CCM (*Compact Cubic Meter*). Berdasarkan hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa untuk membuat jalan tambang yang sesuai dengan hasil rancangan, maka perlu dilakukan *cut* dengan jumlah yang lebih besar dari pada *fill*, sehingga ada kelebihan material yang dapat dipindahkan atau dimanfaatkan untuk penggunaan lain.

d. Pengambilan Titik dan Pemasangan Patok Batas Jalan

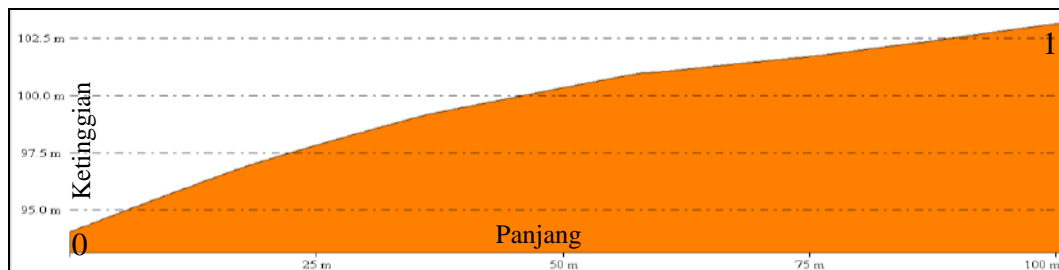
Dari hasil desain yang telah dibuat, selanjutnya akan dilakukan pengukuran menggunakan total station sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah di desain. Pada tahapan ini juga dilakukan pemasangan patok agar lebih mudah dalam pembuatan jalan tambang nantinya.

e. Pembuatan Jalan Angkut Tambang

Setelah pengukuran dan pemasangan patok telah selesai dilakukan, selanjutnya ialah proses eksekusi pembuatan jalan tambang di lapangan dengan

memanfaatkan alat-alat berat yang ada seperti excavator, dump truk, bulldozer, compactor, dan grader.

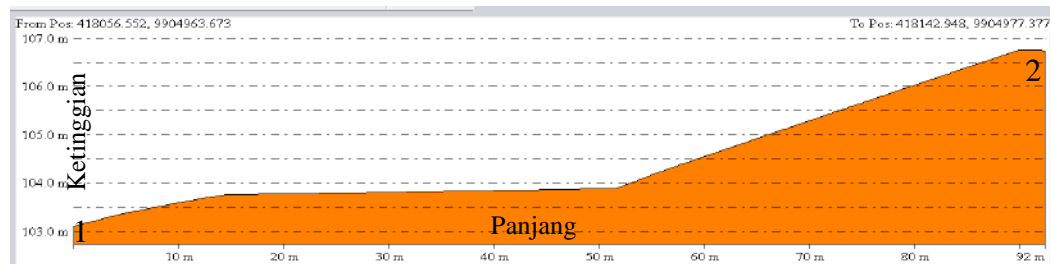
Berikut ini adalah penampang kemiringan jalan tambang per-segmen pada pit 3E berdasarkan hasil rancangan yang telah dibuat :



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.16 : Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 0-1)

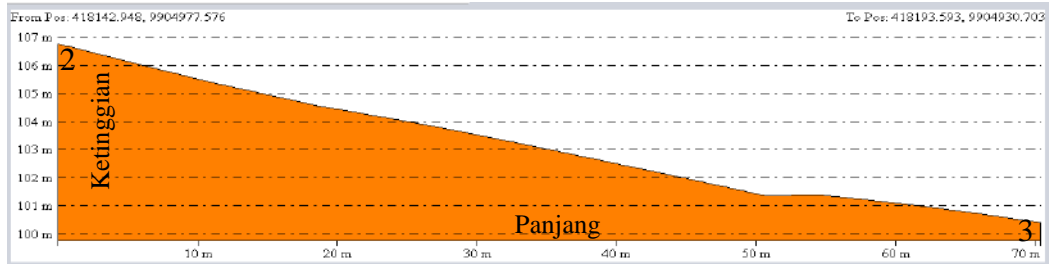
Dari penampang jalan tambang pada Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa pada segmen 0-1, jalan yang akan dibuat memiliki kemiringan dengan ketinggian terendah yaitu pada 93,5 m, sedangkan ketinggian tertinggi adalah 102,5 m dengan panjang jalan 100 m. Sehingga jika dilakukan perhitungan kemiringan jalan tambang, maka akan didapatkan nilai kemiringan sebesar 9,04 % atau $5,164^\circ$.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.17 : Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 1-2)

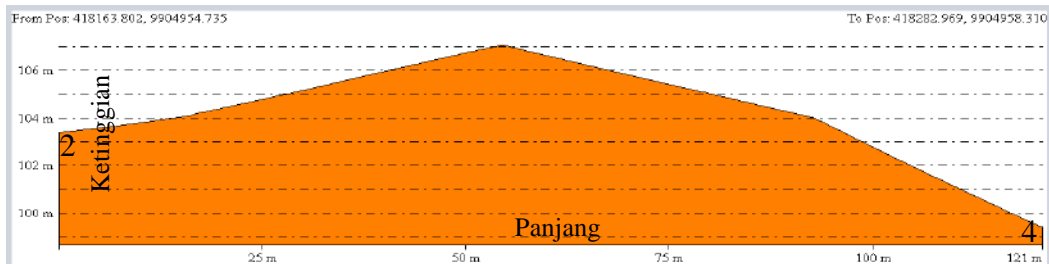
Dari penampang jalan tambang pada Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa pada segmen 1-2, jalan yang akan dibuat memiliki kemiringan dengan ketinggian terendah yaitu pada 103,8 m, sedangkan ketinggian tertinggi adalah 106,7 m dengan panjang jalan 40 m. Sehingga jika dilakukan perhitungan kemiringan jalan tambang, maka akan didapatkan nilai kemiringan sebesar 7,27 % atau $4,158^\circ$.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.18 : Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 2-3)

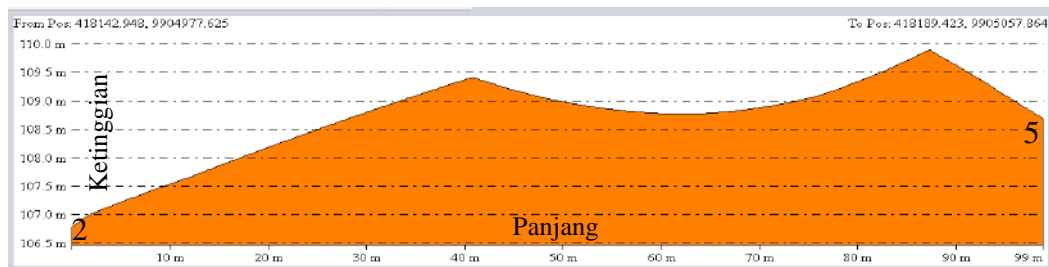
Dari penampang jalan tambang pada Gambar 5.18 dapat dilihat bahwa pada segmen 2-3, jalan yang akan dibuat memiliki ketinggian terendah yaitu pada 101,3 m, sedangkan ketinggian tertinggi adalah 106,8 m dengan panjang jalan 50 m. Sehingga jika dilakukan perhitungan kemiringan jalan tambang, maka akan didapatkan nilai kemiringan sebesar 11,07 % atau $6,315^\circ$.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.19 : Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 2-4)

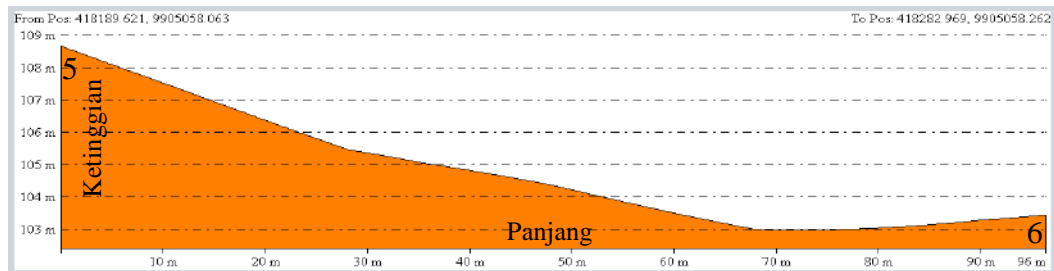
Dari penampang jalan tambang pada Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa pada segmen 2-4, jalan yang akan dibuat memiliki ketinggian terendah yaitu pada 97 m, sedangkan ketinggian tertinggi adalah 107 m dengan panjang jalan 66 m. Sehingga jika dilakukan perhitungan kemiringan jalan tambang, maka akan didapatkan nilai kemiringan sebesar 10,67 % atau $6,088^\circ$.



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.20 : Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 2-5)

Dari penampang jalan tambang pada Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa pada segmen 2-5, jalan yang akan dibuat memiliki ketinggian terendah yaitu pada 106,8 m, sedangkan ketinggian tertinggi adalah 109,4 m dengan panjang jalan 40 m. Sehingga jika dilakukan perhitungan kemiringan jalan tambang, maka akan didapatkan nilai kemiringan sebesar 6,51 % atau $3,726^\circ$.



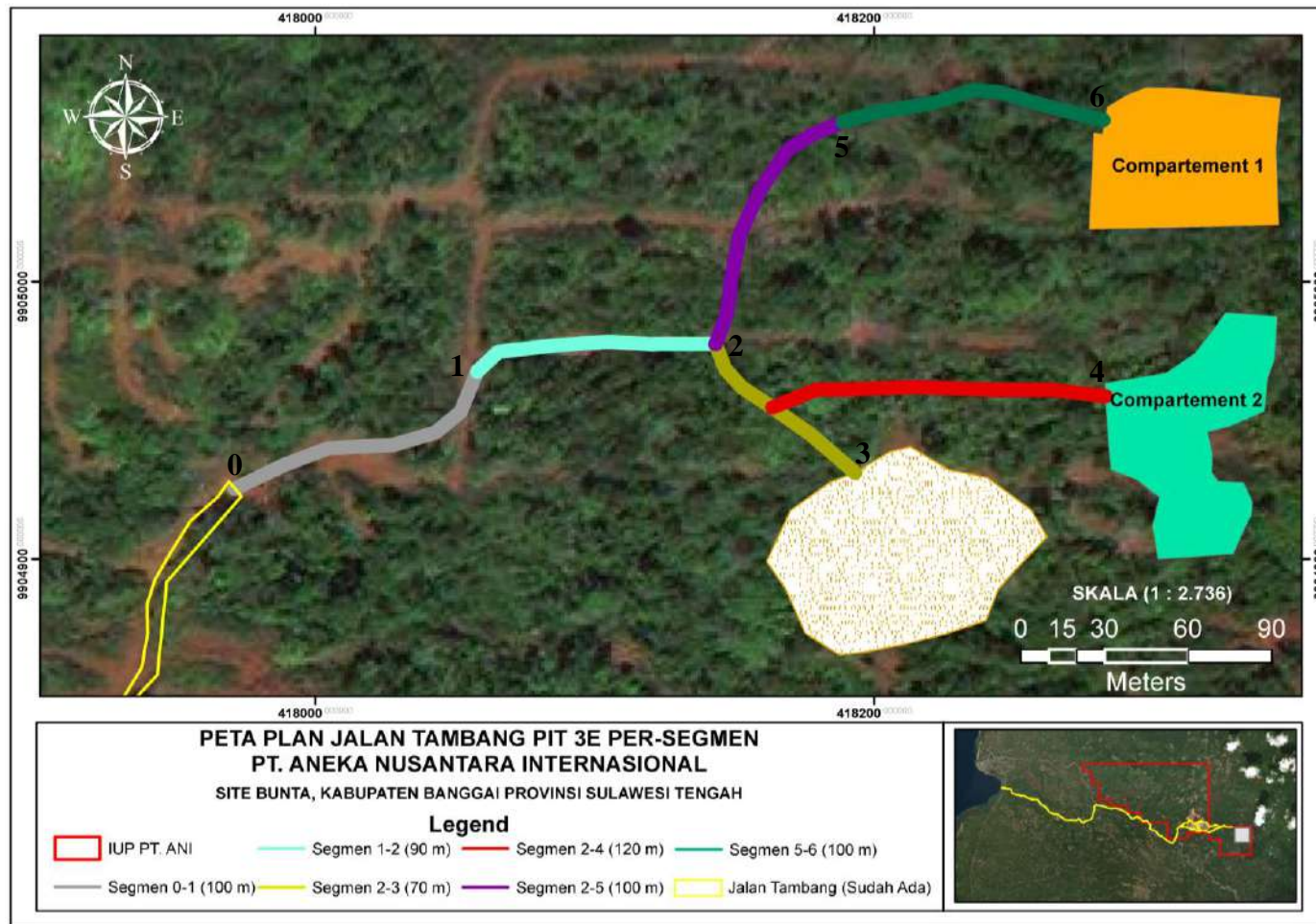
Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.21 : Penampang Kemiringan Jalan Tambang Pit 3E (Segmen 5-6)

Dari penampang jalan tambang pada Gambar 5.21 dapat dilihat bahwa pada segmen 5-6, jalan yang akan dibuat memiliki ketinggian terendah yaitu pada 103 m, sedangkan ketinggian tertinggi adalah 108,8 m dengan panjang jalan 68 m. Sehingga jika dilakukan perhitungan kemiringan jalan tambang, maka akan didapatkan nilai kemiringan sebesar 8,56 % atau $4,893^\circ$.

Koordinat Jalan tambang Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional yang dirancang memiliki panjang jalan ± 578 m. Pada kegiatan penelitian ini, koordinat jalan tambang Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional diambil dengan metode pengukuran langsung menggunakan *total station*. Pengambilan data koordinat jalan tambang pit 3E dilakukan untuk memastikan hasil rancangan jalan tambang yang dibuat sesuai dengan kondisi jalan tambang yang akan jadi nantinya. Jalan tambang pada pit 3E dibuat mulai dari pit sampai ke jalan tambang PT. Aneka Nusantara Internasional yang telah ada.

Adapun jarak antara compartemen 1 dengan jalan yang sudah ada adalah 390 m sedangkan menuju disposal sejauh 270 m. Untuk jarak antara compartemen 2 dengan jalan yang sudah ada adalah 342 m sedangkan menuju disposal sejauh 158 m. Berikut ini adalah gambaran peta hasil rancangan desain jalan tambang yang dibuat pada pit 3E :



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

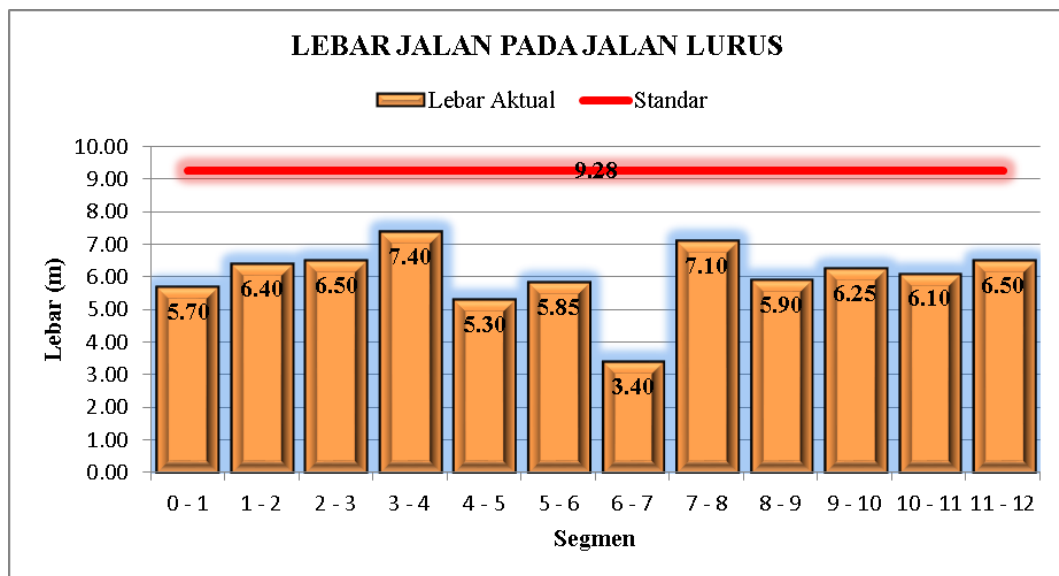
Gambar 5.22 : Peta Jalan Tambang Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional

5.3 Kondisi Geometri Jalan Tambang PT. Aneka Nusantara Internasional

Pengukuran geometri jalan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi geometri jalan tambang pada PT. Aneka Nusantara Internasional. Adapun kondisi geometri jalan tambang yang dilakukan pengukuran meliputi lebar jalan pada jalan lurus, lebar jalan pada belokan, dan kemiringan jalan.

5.3.1 Lebar Jalan Pada Jalan Lurus

Berikut ini adalah diagram yang menggambarkan kondisi lebar jalan tambang pada jalan lurus dari *Jetty* ke Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional dengan lebar minimum adalah 9,28 m :



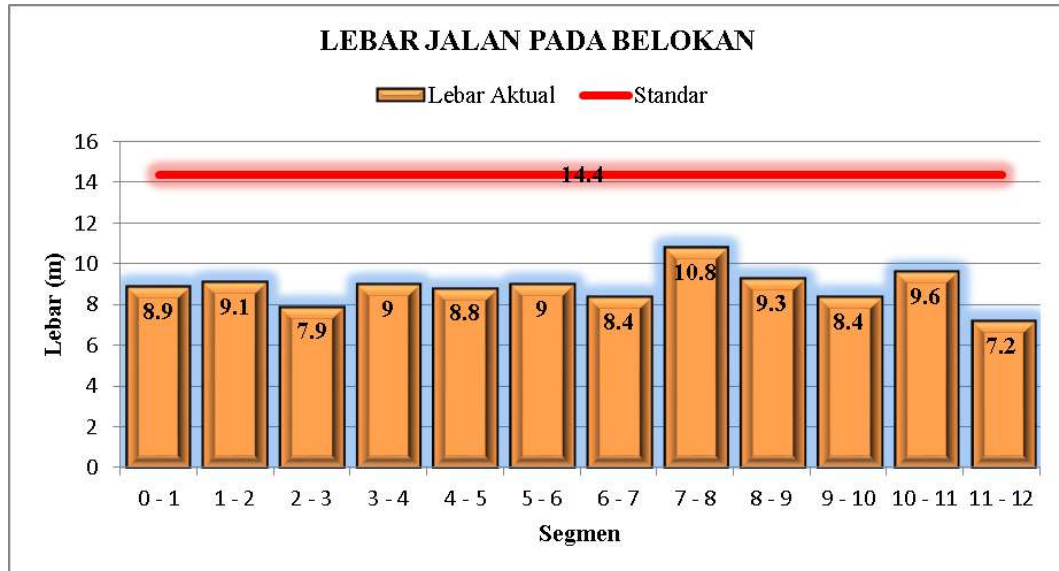
Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.23 : Diagram Kondisi Lebar Jalan Tambang Pada Jalan Lurus

Dari grafik pada Gambar 5.23, dapat kita lihat bahwa pada setiap segmen jalan tambang dari *Jetty* ke Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional memiliki kondisi lebar jalan tambang pada jalan lurus yang belum memenuhi standar geometri jalan tambang yaitu 9,28 m. Pada Segmen 6-7 merupakan lebar jalan tambang terkecil karena pertimbangan jalan yang dibuat dalam bentuk jembatan yang melalui jalur sungai. Dari kondisi tersebut, maka jalan tambang pada PT. Aneka Nusantara Internasional masih memerlukan perbaikan dalam hal ini penambahan lebar jalan.

5.3.2 Lebar Jalan Pada Belokan

Berikut ini adalah diagram yang menggambarkan kondisi lebar jalan tambang pada belokan dari *Jetty* ke Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional dengan lebar minimum adalah 14,4 m :



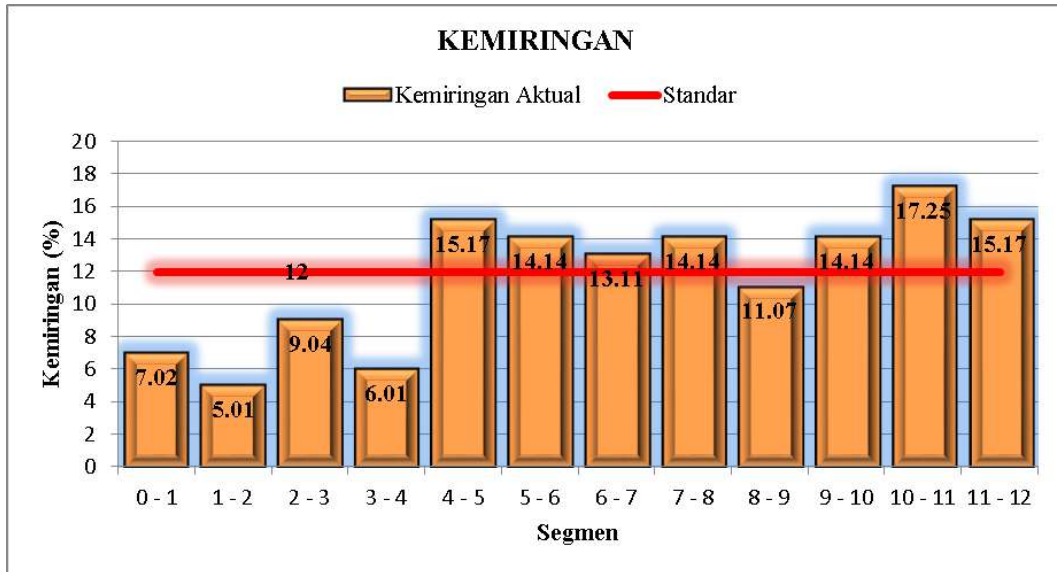
Sumber : *Faisal Jamaluddin, 2022.*

Gambar 5.24 : Diagram Kondisi Lebar Jalan Tambang Pada Belokan

Dari grafik pada Gambar 5.24, dapat kita lihat bahwa pada setiap segmen jalan tambang dari *Jetty* ke Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional memiliki kondisi lebar jalan tambang pada belokan yang belum memenuhi standar geometri jalan tambang yaitu 14,4 m. Dari kondisi tersebut, maka jalan tambang pada PT. Aneka Nusantara Internasional masih memerlukan perbaikan dalam hal ini penambahan lebar jalan.

5.3.3 Kemiringan Jalan

Berikut ini adalah diagram yang menggambarkan kondisi kemiringan jalan tambang dari *Jetty* ke Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional dengan kemiringan maksimum adalah 12 % :



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

Gambar 5.25 : Diagram Kondisi Kemiringan Jalan Tambang

Dari grafik pada Gambar 5.25, dapat kita lihat bahwa pada setiap segmen jalan tambang dari *Jetty* ke Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional memiliki kondisi kemiringan jalan tambang yang masih melebihi kemiringan standar geometri jalan tambang yaitu 12%. Pada Segmen 10-11 merupakan kemiringan jalan tambang terbesar karena kondisi topografi yang memasuki area perbukitan. Dari kondisi tersebut, maka jalan tambang pada PT. Aneka Nusantara Internasional masih memerlukan perbaikan dalam hal ini pengurangan level kemiringan jalan. Namun pihak perusahaan mengatasi kondisi kemiringan jalan yang melebihi standar ini dengan pengurangan muatan dump truk, sehingga dump truk dapat beraktivitas dengan aman.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari kegiatan penelitian perancangan geometri jalan tambang pada pit 3E di PT. Aneka Nusantara Internasional ini adalah :

1. Dengan mengacu pada Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018, Spesifikasi alat angkut terbesar Dump Truk Isuzu Giga FVZ 285 PS, dan rumus pada *American Association of State Highway and Transportation Officials* didapatkan nilai standar geometri jalan tambang seperti lebar jalan pada jalan lurus 9,28 m; lebar jalan pada belokan 14,4 m; kemiringan maksimum 12%; *cross fall* maksimum 2%; dan superelevasi maksimum 1,33%.
2. Rancangan desain jalan tambang yang buat terletak pada pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional dengan total panjang jalan ± 578 m. Dari desain jalan tambang yang dibuat menggunakan *software* surpac, didapatkan jumlah *cut and fill* tanah dalam pembuatan jalan tambang. Untuk jumlah *Cut Tonnage* sebesar 64.519,164 BCM (*Bank Cubic Meter*), sedangkan jumlah *Fill Tonnage* sebesar 51.170,498 CCM (*Compact Cubic Meter*).
3. Berdasarkan kondisi jalan tambang yang ada dari *Jetty* ke Pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional, masih terdapat kondisi pada setiap segmen jalan yang belum memenuhi standar geometri seperti lebar jalan pada jalan lurus dan lebar jalan pada belokan. Terkhusus kemiringan jalan tambang yang tidak memenuhi standar geometri jalan, perusahaan melakukan pengurangan muatan untuk dump truk, sehingga dump truk dapat melakukan kegiatan hauling dengan aman.

6.2 Saran

Berikut ini adalah saran yang diberikan oleh penulis yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian ini :

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran kepada pihak perusahaan agar proses pembuatan jalan tambang dapat sesuai dengan standar geometri jalan tambang.
2. Untuk mengoptimalkan dan meningkatkan produksi perusahaan, maka diperlukan perbaikan terhadap kondisi geometri di sepanjang jalan tambang PT. Aneka Nusantara Internasional, sekaligus diperlukan penambahan material yang keras dan tidak mengandung lumpur sebagai permukaan jalan tambang.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of state highway and transportation officials (AASHTO), 2018. *“A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 7 Edition”* Washington DC, Amerika Serikat.
- Anwar, Habibie. 2020. *“Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang Dari Stockpile Tanjung Gunung Ke Pit Damar Selatan Pada Penambangan Batubara di PT. SILO Kalimantan Selatan”*. Makassar.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Morowali, 2020. *“Kabupaten Morowali Utara Dalam Angka”*. Morowali
- Badan Standardisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia 6351:2016. *“Rambu-Rambu Jalan Pertambangan”*. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia 7167:2016. *“Pengaman Jalan Pertambangan”*. Jakarta
- Head of Mine Engineering Departement, Standard Operating Procedure *“Desain Jalan Tambang”* PT. Darma Henwa Tbk. Jakarta.
- Jamaluddin, Faisal. 2021. *“Studi Geometri Jalan tambang Berdasarkan Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik Pada PT. Putra Mekongga Sejahtera”*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November. Kolaka
- Jaya, Dian. 2021. *“Pengertian Cut And Fill Beserta Metode Pelaksanaannya”* Ilmu Teknik Indonesia.
- Jenius, Abdul Rauf. 2018. *“Evaluasi Geometri Jalan Angkut dari Pit ke Disposal di PT. Awokgading Sarira Nusantara Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan”* UPN Veteran. Yogyakarta
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM /2018. Tentang *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik*.

- Mustofa, Adip. 2016. *“Perbaikan Jalan Angkut Tambang : Pengaruh Perubahan Struktur Lapis Jalan Terhadap Produktivitas Alat Angkut”*. FT Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13. 2011. Tentang *“Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan”*
- PT. Fortino Artha Sejahtera. 2022. *“Dokumen Rencana Kerja dan Anggaran Biaya PT. Aneka Nusantara Internasional Tahun 2022”*. Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah.
- PT. Pamapersada Nusantara. 2020 *“Metodhe Teknik Operasi”*. Kabupaten Barito Timur, Kalimantan Tengah.
- Rifandy Akhmad dan Mohammad Noor Ryan. 2016. *“Evaluasi Geometri Jalan Tambang (Ramp) Pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup Di Pit Seam 12 PT. Kitadin Job Site Embalut Kecamatan Tenggarong Seberang Kabupaten Kutai Kartanegara”*. Kutai Kartanegara
- Sahrul, S., & Astini V. 2020. *“Analisis Deformasi Lereng Menggunakan Metode Monitoring pada Lereng Jalan Trans Provinsi Kilometer 18 Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara”*. *Jurnal Geomine*, 7(3), 189.
- Septiawan, Damar. 2019. *“Penanganan Kerusakan Haul Road Menggunakan Metode Cement Treated Recycling Subbase”*. Banjarmasin.
- Sidabuntar, Geniusman. 2018. *“Metodologi Perancangan Jalan Angkut Batubara Dari Aspek Sipil dan Manajemen Keselamatan Di PT. Lahai Coal”*. Prosiding XXVII dan Kongres X Perhapi
- Standard Operational Procedure *“Pemuatan dan Pengangkutan”* PT. Berau Coal Energy. Berau Kalimantan Timur
- Suwandhi, Awang. 2004. *“Perencanaan Jalan Tambang”*. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka. Universitas Islam Bandung.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

DATA TOPOGRAFI

Berikut ini adalah data topografi yang diambil dari kontraktor yang mengontrol kegiatan penambangan dan eksplorasi di PT. Aneka Nusantara Internasional :

X	Y	Z	X	Y	Z
417572	9904769	115	417607	9904731	108
417567	9904773	118	417599	9904742	108
417587	9904723	110	417605	9904740	108
417586	9904728	111	417595	9904742	108
417581	9904738	113	417593	9904745	110
417579	9904742	114	417589	9904742	110
417577	9904742	114	417591	9904748	110
417572	9904744	115	417585	9904739	110
417572	9904753	115	417589	9904750	111
417569	9904764	116	417583	9904742	111
417567	9904773	118	417586	9904748	110
417565	9904779	117	417587	9904744	111
417579	9904742	114	417581	9904746	111
417572	9904753	115	417579	9904751	111
417570	9904761	117	417587	9904750	110
417595	9904722	109	417583	9904753	110
417602	9904724	109	417583	9904749	110
417608	9904728	109	417583	9904756	110
417646	9904800	104	417579	9904759	111
417642	9904803	102	417586	9904759	110
417644	9904801	104	417590	9904761	110
417639	9904805	102	417589	9904766	111
417637	9904810	102	417587	9904762	110
417632	9904813	102	417590	9904769	110
417635	9904811	102	417586	9904767	110
417631	9904812	102	417589	9904774	111
417631	9904810	101	417585	9904771	110
417631	9904803	102	417593	9904776	111
417632	9904800	102	417576	9904772	112
417634	9904799	102	417591	9904781	111
417634	9904797	103	417580	9904773	112
417631	9904825	96	417587	9904780	111
417626	9904857	90	417585	9904772	112
417597	9904797	109	417600	9904781	109
417588	9904800	108	417585	9904777	112
417598	9904793	109	417600	9904787	109
417602	9904789	109	417585	9904784	112
417585	9904803	109	417596	9904790	110
417620	9904801	102	417583	9904788	111
417617	9904802	103	417591	9904785	110
417619	9904805	101	417579	9904786	112
417592	9904724	108	417581	9904780	112
417597	9904725	108	417579	9904779	112
417593	9904730	108	417575	9904776	112
417601	9904726	108	417585	9904790	110
417588	9904732	108	417574	9904775	112
417598	9904732	108	417592	9904793	109
417591	9904736	108	417597	9904795	109
417605	9904737	108	417593	9904798	109
417596	9904738	108	417589	9904799	109

X	Y	Z	X	Y	Z
417586	9904797	109	417599	9904748	111
417584	9904804	109	417598	9904746	111
417579	9904780	112	417598	9904749	111
417578	9904785	112	417596	9904746	111
417576	9904777	113	417596	9904750	112
417572	9904777	113	417594	9904747	111
417570	9904782	114	417594	9904749	112
417570	9904784	114	417594	9904748	112
417572	9904784	115	417595	9904749	113
417572	9904782	115	417595	9904748	113
417573	9904780	115	417596	9904748	113
417574	9904784	115	417596	9904748	112
417575	9904780	114	417608	9904731	108
417576	9904782	115	417605	9904737	108
417573	9904783	116	417611	9904730	110
417574	9904783	116	417610	9904734	109
417574	9904781	116	417608	9904738	109
417574	9904782	116	417632	9904813	102
417596	9904758	110	417636	9904810	102
417593	9904760	110	417617	9904861	91
417593	9904759	111	417610	9904865	91
417588	9904760	110	417610	9904865	92
417586	9904757	112	417608	9904857	92
417584	9904757	110	417607	9904857	93
417586	9904755	112	417605	9904849	93
417585	9904754	111	417603	9904849	95
417588	9904754	112	417599	9904843	97
417586	9904752	111	417599	9904837	99
417591	9904752	112	417597	9904833	100
417589	9904751	111	417595	9904829	102
417593	9904752	112	417597	9904822	99
417591	9904750	111	417594	9904819	103
417594	9904755	112	417592	9904815	102
417593	9904750	111	417590	9904816	105
417592	9904756	113	417588	9904810	106
417595	9904752	111	417589	9904816	106
417596	9904755	110	417587	9904807	107
417591	9904757	113	417587	9904811	107
417592	9904754	113	417579	9904803	109
417589	9904757	113	417575	9904800	110
417589	9904755	113	417588	9904809	106
417590	9904755	114	417586	9904806	108
417588	9904756	113	417588	9904804	107
417592	9904748	110	417591	9904807	106
417598	9904752	110	417593	9904805	106
417593	9904745	110	417591	9904803	107
417601	9904750	109	417594	9904813	103
417596	9904744	110	417612	9904805	102
417602	9904747	110	417597	9904811	103
417600	9904744	110	417609	9904808	102

X	Y	Z	X	Y	Z
417611	9904809	101	417613	9904811	99
417604	9904812	101	417616	9904827	94
417613	9904808	101	417611	9904830	94
417612	9904813	98	417606	9904834	94
417607	9904814	100	417605	9904836	94
417617	9904811	99	417600	9904828	96
417602	9904815	100	417601	9904826	96
417617	9904819	96	417604	9904825	97
417608	9904817	99	417394	9904674	84
417614	9904826	95	417387	9904667	79
417604	9904819	99	417376	9904662	75
417608	9904829	96	417362	9904664	74
417599	9904821	99	417353	9904660	72
417602	9904832	96	417347	9904659	72
417599	9904826	98	417377	9904651	72
417602	9904835	95	417375	9904639	69
417606	9904833	94	417364	9904654	71
417605	9904836	94	417373	9904630	66
417611	9904852	92	417376	9904641	69
417614	9904844	93	417376	9904645	70
417617	9904838	93	417373	9904616	60
417614	9904832	94	417381	9904642	70
417609	9904837	94	417374	9904624	63
417610	9904850	92	417382	9904636	68
417605	9904840	94	417387	9904631	66
417607	9904844	93	417367	9904640	69
417603	9904829	96	417359	9904639	68
417608	9904825	96	417348	9904640	68
417605	9904822	97	417347	9904639	68
417607	9904819	98	417352	9904639	68
417601	9904823	98	417349	9904647	70
417617	9904800	103	417348	9904633	66
417599	9904819	100	417353	9904659	72
417611	9904800	104	417349	9904627	63
417603	9904814	100	417343	9904635	66
417606	9904803	104	417340	9904639	67
417608	9904812	100	417340	9904631	64
417605	9904795	106	417332	9904639	66
417593	9904810	104	417318	9904640	64
417591	9904808	105	417317	9904640	64
417602	9904788	109	417326	9904639	65
417596	9904790	109	417317	9904633	61
417597	9904813	101	417320	9904631	61
417600	9904822	98	417312	9904633	60
417603	9904813	101	417309	9904628	57
417608	9904817	98	417321	9904627	59
417610	9904815	98	417307	9904623	54
417616	9904814	97	417317	9904643	65
417612	9904811	100	417309	9904645	64
417617	9904820	95	417322	9904644	67

X	Y	Z	X	Y	Z
417325	9904646	68	417380	9904824	69
417331	9904644	68	417376	9904820	69
417304	9904649	63	417364	9904826	66
417304	9904644	61	417384	9904835	69
417284	9904651	59	417395	9904822	74
417291	9904649	59	417390	9904849	69
417276	9904648	55	417411	9904901	70
417281	9904657	59	417404	9904925	65
417278	9904664	60	417403	9904859	71
417274	9904660	58	417379	9904884	65
417287	9904655	61	417406	9904845	73
417273	9904678	62	417376	9904881	64
417276	9904671	61	417415	9904853	74
417278	9904674	63	417378	9904899	64
417283	9904668	64	417412	9904864	72
417288	9904663	64	417373	9904899	62
417279	9904678	64	417409	9904877	71
417286	9904678	66	417393	9904909	65
417276	9904687	64	417388	9904912	64
417290	9904679	67	417405	9904932	64
417279	9904698	66	417404	9904925	65
417282	9904705	66	417394	9904934	60
417281	9904702	66	417380	9904944	53
417279	9904698	66	417397	9904947	57
417284	9904701	68	417383	9904956	53
417290	9904699	69	417404	9904962	55
417295	9904696	70	417395	9904972	52
417286	9904711	67	417513	9904960	79
417289	9904718	67	417507	9904955	81
417291	9904721	67	417501	9904965	77
417289	9904717	67	417496	9904958	78
417296	9904723	68	417498	9904974	74
417304	9904725	69	417490	9904969	75
417328	9904732	76	417486	9904962	75
417323	9904730	75	417490	9904978	72
417292	9904728	65	417482	9904974	71
417294	9904737	64	417479	9904965	74
417297	9904744	63	417499	9904984	70
417319	9904754	68	417470	9904978	68
417312	9904762	64	417492	9904991	68
417331	9904783	71	417460	9904982	65
417330	9904776	71	417465	9904968	69
417305	9904762	62	417479	9904988	67
417317	9904774	63	417460	9904974	68
417312	9904784	61	417445	9904972	65
417318	9904784	63	417457	9904966	69
417323	9904795	62	417468	9904965	71
417320	9904801	61	417450	9904965	68
417332	9904811	61	417461	9904991	63
417332	9904816	61	417441	9904961	67

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022

LAMPIRAN 2

DATA ASSAY

Berikut ini adalah data *assay* yang diambil dari hasil *logging* bor pengeboran eksplorasi di Blok 3E PT. Aneka Nusantara Internasional :

HOLE_ID	SAMPLE_ID	Dept from	Dept To	Ni	Fe
3E 0183		0	1	0.57	40.89
3E 0183		1	2	0.97	48.55
3E 0183		2	3	1.19	50.61
3E 0183		3	4	2.23	28.67
3E 0183		4	5	2.32	19.65
3E 0183		5	6	1.86	13.18
3E 0187		0	1	0.42	39.44
3E 0187		1	2	0.7	46.53
3E 0187		2	3	1.13	48.43
3E 0187		3	4	1.18	49.23
3E 0187		4	5	1.26	48.38
3E 0187		5	6	2	37.61
3E 0187		6	7	2.04	23.54
3E 0187		7	8	1.92	15.84
3E 0187		8	9	1.85	24.38
3E 0187		9	9.5	1.4	14.23
3E 0160		0	1	0.6	41.11
3E 0160		1	2	0.87	45.87
3E 0160		2	3	1.18	47.69
3E 0160		3	4	1.35	48.24
3E 0160		4	5	1.42	44.12
3E 0160		5	6	1.5	21.62
3E 0160		6	7	1.37	9.84
3E 0186		0	1	0.81	42.51
3E 0186		1	2	1.28	48.25
3E 0186		2	3	1.23	47.54
3E 0186		3	4	1.87	34.47
3E 0186		4	5	2.57	12.89
3E 0186		5	6	1.54	9.3
3E 0186		6	7	1.29	12.33
3E 0186		7	8	1.09	8.78
3E 0186		8	8.5	0.97	8.94
3E 0104		0	1	0.5	38.99
3E 0104		1	2	1.24	41.1
3E 0104		2	3	1.06	44.68
3E 0104		3	4	1.08	46.87
3E 0104		4	5	1.09	37.57
3E 0104		5	6	1.89	21.64
3E 0104		7	8	1.63	36.1
3E 0104		8	9	0.75	10.58
3E 0103		0	1	0.37	36.7
3E 0103		1	2	0.38	38.07
3E 0103		2	3	0.53	38.4
3E 0103		3	4	0.52	38.76
3E 0103		4	5	0.52	40.77
3E 0103		6	7	0.65	40.7
3E 0103		7	8	1.02	48.43
3E 0103		9	10	1.04	42.66
3E 0103		10	11	1.5	18.19
3E 0103		11	12	0.1	0.44
3E 0105		0	1	0.56	42.51
3E 0105		1	2	0.58	44.04
3E 0105		2	3	0.71	47.61
3E 0105		3	4	0.79	50.94
3E 0105		4	5	0.96	47.5
3E 0105		5	6	1.14	47.62
3E 0105		6	7	2.29	30.11
3E 0105		7	8	2.03	34.86
3E 0105		8	9	1.94	28.72

3E 0181		0	1	0.47	41.44
3E 0181		1	2	0.47	40.25
3E 0181		2	3	0.54	43.47
3E 0181		3	4	0.88	48.87
3E 0181		4	5	1.12	48.78
3E 0181		5	6	2.44	29.37
3E 0181		6	7	2.55	18.06
3E 0181		7	8	1.97	20.3
3E 0181		8	9	2.05	16
3E 0181		9	10	1.79	13.86
3E 0181		10	10.5	1.3	9.07
3E 0190		0	1	0.63	44.76
3E 0190		1	2	0.48	34.71
3E 0190		2	3	0.81	44.25
3E 0190		3	4	0.81	41.65
3E 0190		4	5	1.1	49.15
3E 0190		5	6	1.23	47.03
3E 0190		6	7	1.28	48.63
3E 0190		7	8	1.72	37.08
3E 0190		8	8.5	1.52	10.23
3E 0194		0	1	0.49	40.49
3E 0194		1	2	0.65	43.04
3E 0194		2	3	0.68	42.43
3E 0194		3	4	1.25	48.8
3E 0194		4	5	1.32	49.67
3E 0194		5	6	1.29	46.48
3E 0194		6	7	2.61	27.06
3E 0194		7	8	2.79	17.89
3E 0194		8	9	2.88	15
3E 0194		9	10	1.73	11.87
3E 0199		0	1	0.63	0.1
3E 0199		1	2	0.84	0.12
3E 0199		2	3	0.75	0.11
3E 0199		3	4	0.7	0.11
3E 0199		4	5	0.75	0.1
3E 0199		5	6	1.17	0.13
3E 0199		6	7	2.15	0.02
3E 0199		7	8	1.59	0.01
3E 0199		8	8.5	0.84	9.75
E3 114		0	1	0.34	30.23
E3 114		1	2	0.73	46.18
E3 114		2	3	0.76	35.1
E3 114		3	4	0.61	21.46
E3 114		4	5	1.23	26.58
E3 114		5	6	0.57	12.59
E3 114		6	7	0.7	11.07
E3 114		7	8	0.7	10.92
E3 114		8	8.5	1.05	19.12
3E 0107		0	1	0.64	41.86
3E 0107		1	2	0.68	43.57
3E 0107		2	3	0.67	43.78
3E 0107		3	4	1.04	50.08
3E 0107		4	5	1.08	46.45
3E 0107		5	6	2.37	16.34
3E 0107		6	7	2.12	12.82
3E 0107		7	7.5	1.54	11.59
3E 0113		0	1	0.72	46.35
3E 0113		1	2	0.72	44.67
3E 0113		2	3	0.52	37.14
3E 0113		3	4	0.85	46.98
3E 0113		4	5	1.1	51.39
3E 0113		5	6	1.28	50.7
3E 0113		6	7	1.31	45.7
3E 0113		7	8	1.74	23.44
3E 0113		8	9	2.22	14.62
3E 0116		0	1	0.53	41.61
3E 0116		1	2	0.98	51
3E 0116		2	3	1.4	49.66
3E 0116		3	4	1.58	44.47
3E 0116		4	5	1.57	21.15

3E 0116		5	6	1.89	12.13
3E 0116		6	7	1.59	9.8
3E 0116		7	8	1.43	12.73
3E 0116		8	9	0.45	9.36
3E 0116		9	9.5	0.3	7.02
3E 0117		0	1	0.46	42.49
3E 0117		1	2	0.71	49.17
3E 0117		2	3	0.68	42.55
3E 0117		3	4	0.9	46.45
3E 0117		4	5	1.07	46.88
3E 0117		5	6	1.42	39.27
3E 0117		6	6.5	1.54	9.39
3E 0123		0	1	0.47	38.54
3E 0123		1	2	1.63	29.22
3E 0123		2	3	0.99	48.7
3E 0123		3	4	0.92	37.28
3E 0123		4	5	0.82	37.18
3E 0123		5	6	1.05	47.53
3E 0123		6	7	2.36	19.96
3E 0123		7	8	2.49	12.2
3E 0123		8	8.5	1.28	48.88
3E 0159		0	1	0.63	38.7
3E 0159		1	2	0.88	45.95
3E 0159		2	3	0.55	39.73
3E 0159		3	4	0.71	25.89
3E 0159		4	5	2.57	18.26
3E 0159		5	6	2.8	18.87
3E 0159		6	7.5	0.99	8.32
3E 182		0	1	0.4	34.39
3E 182		1	2	0.42	34.17
3E 182		2	3	0.71	37.95
3E 182		3	4	1.02	29.49
3E 182		4	5	1.19	13.79
3E 182		5	6	1.43	10.57
3E 127		0	1	0.33	28.92
3E 127		1	2	0.37	31.13
3E 127		2	3	0.58	39.87
3E 127		3	4	0.43	30.64
3E 127		4	5	0.83	48.55
3E 127		5	6	1.74	24.39
3E 127		6	7	1.81	14.52
3E 127		7	8	1.38	10.8
3E 118		0	1	1.07	41.24
3E 118		1	2	0.8	52.4
3E 118		2	3	0.51	30.22
3E 118		3	4	0.46	15.76
3E 118		4	5	1.33	32.29
3E 118		5	6	2.46	22.56
3E 118		6	7	2.21	25.84
3E 118		7	7.5	2.25	9.6
3E 0135		0	1	0.63	40.12
3E 0135		1	2	1.02	29.68
3E 0135		2	3	0.9	37.28
3E 0135		3	4	1.8	12.81
3E 0135		4	5	1.57	7.89
3E 0157		0	1	0.53	41.45
3E 0157		1	2	0.58	43.78
3E 0157		2	3	0.68	46.57
3E 0157		3	4	0.91	50.62
3E 0157		4	5	0.96	39.17
3E 0157		5	6	1.94	32.31
3E 0157		6	7	1.78	11.86
3E 0157		7	8	1.61	11.56
3E 0157		8	8.5	0.79	8.43
3E 0161		0	1	0.53	42.05
3E 0161		1	2	0.47	40.41
3E 0161		2	3	0.74	44.76
3E 0161		3	4	0.71	41.91
3E 0161		4	5	1.08	48.9
3E 0161		5	6	2.13	31.57
3E 0161		6	7	2.12	15.78
3E 0161		7	8	1.92	15.18
3E 0161		8	9	1.09	10.42
3E 0106		0	1	0.46	34.24
3E 0106		1	2	0.85	49.5
3E 0106		2	3	1.01	45.22
3E 0106		3	4	0.97	31.74
3E 0106		4	5	0.8	9.45
3E 0106		5	6	0.37	7.18
3E 0108		0	1	0.45	40.25

3E 0108		1	2	0.45	40.2
3E 0108		2	3	0.57	38.77
3E 0108		3	4	0.92	43.07
3E 0108		4	5	1.73	23.37
3E 0108		5	6	1.87	24.98
3E 0108		6	7	2.09	22.86
3E 0108		7	8	1.68	13.92
3E 0108		8	9	1.01	12.03
3E 0167		0	1	0.5	40.57
3E 0167		1	2	1.12	41.46
3E 0167		2	3	1	51.49
3E 0167		3	4	1.11	50.9
3E 0167		4	5	1.17	20.67
3E 0167		5	5.5	0.31	7.65
3E 0125		0	1	0.67	43.48
3E 0125		1	2	1.41	35.06
3E 0125		2	3	1.37	9.99
3E 0125		3	4	0.73	9.08
3E 0125		4	5	0.36	8
3E 0125		5	6	0.25	6.58
3E 0125		6	7	0.21	7.64
3E 0125		7	8	0.27	6.52
3E 0141		0	1	0.51	41.96
3E 0141		1	2	0.56	44.13
3E 0141		2	3	0.69	48.62
3E 0141		3	4	0.98	52.38
3E 0141		4	5	1.12	49.13
3E 0141		5	6	1.59	28.27
3E 0141		6	6.5	0.85	7.58
3E 0185		0	1	0.47	40.52
3E 0185		1	2	0.49	41.11
3E 0185		2	3	0.4	36
3E 0185		3	4	1.28	50.07
3E 0185		4	5	1.99	27.02
3E 0185		5	6	1.88	19.26
3E 0115		0	1	0.93	29.58
3E 0115		1	2	1.1	13.64
3E 0115		2	3	0.7	8.7
3E 0115		3	3.5	0.38	6.85
3E 0170		0	1	0.58	44.42
3E 0170		1	2	1.02	52.69
3E 0170		2	3	1.08	52.41
3E 0170		3	4	1.33	45.39
3E 0170		4	5	1.2	12.96
3E 0170		5	5.5	0.54	9.39
3E 0133		0	1	0.39	36.14
3E 0133		1	2	0.52	41.28
3E 0133		2	3	1.07	47.84
3E 0133		3	4	1.35	18.05
3E 0133		4	5	1.55	9.94
3E 0133		5	6	1.4	9.83
3E 0133		6	7	1.19	9.97
3E 0133		7	8	0.82	8.87
3E 0134		0	1	0.53	36.74
3E 0134		1	2	0.91	40.37
3E 0134		2	3	1.7	25.32
3E 0134		3	4	1.1	9.03
3E 0134		4	5	0.89	9.33
3E 0134		5	6	1.13	11.95
3E 0134		6	7	0.62	8.92
3E 0109		0	1	0.68	18.28
3E 0109		1	2	1.33	35.44
3E 0109		2	3	1.24	13.61
3E 0109		3	4	0.62	10.98
3E 0109		4	5	0.37	21.11
3E 0112		0	1	0.35	36.63
3E 0112		1	2	0.44	39.73
3E 0112		2	3	0.39	34.59
3E 0112		3	4	0.7	47.36
3E 0112		4	5	0.88	49.8
3E 0112		5	6	0.94	44.61
3E 0112		6	7	1.25	27.74
3E 0112		7	8	2.14	25.43
3E 0112		8	9	2.24	25.54
3E 0112		9	10	1.19	12.28
3E 0112		10	10.5	0.28	6.84
3E 0165		0	1	0.41	34.63
3E 0165		1	2	0.83	47.25
3E 0165		2	3	1.14	51.18
3E 0165		3	4	1.83	27.94

3E 0165		4	5	1.6	10.04
3E 0165		5	6	1.62	9.22
3E 0165		6	7	1.65	11.14
3E 0165		7	8	1.6	8.71
3E 0165		8	9.5	1.36	10.4
3E 0195		0	1	0.44	35.69
3E 0195		1	2	0.56	40.17
3E 0195		2	3	0.66	44.96
3E 0195		3	4	0.65	45.58
3E 0195		4	5	0.76	48.22
3E 0195		5	6	0.46	24.37
3E 0195		6	7	0.46	22.36
3E 0195		7	8	0.52	19.76
3E 0158		0	1	0.73	46.74
3E 0158		1	2	0.5	30.24
3E 0158		2	3	0.93	48.39
3E 0158		3	4	1.3	39.05
3E 0158		4	5	1.13	8.97
3E 0158		5	6	1.59	12.27
3E 0158		6	7	1.63	14.5
3E 0158		7	7.5	1.47	10.41
3E 0156		0	1	0.35	37.07
3E 0156		1	2	0.42	38.66
3E 0156		2	3	0.53	40.62
3E 0156		3	4	0.43	38.44
3E 0156		4	5	0.63	40.76
3E 0156		5	6	0.78	41.86
3E 0156		6	7	0.99	40.84
3E 0156		7	8	1.84	20.02
3E 0130		0	1	0.36	33.53
3E 0130		1	2	0.52	43.7
3E 0130		2	3	1.01	29.2
3E 0130		3	4	1.84	14.96
3E 0130		4	5	0.84	17.43
3E 0130		5	6	0.33	10.94
3E 0130		6	7	0.53	14.55
3E 0130		7	8	0.16	9.7
3E 0130		8	9	0.12	8.87
3E 0130		9	10	0.2	9.72
3E 0130		10	10.5	0.09	8.27
3E 0104		0	1	0.41	35.84
3E 0104		1	2	0.45	38.75
3E 0104		2	3	0.41	37.35
3E 0104		3	4	0.88	49.49
3E 0104		4	5	0.89	35.83
3E 0104		5	6	1.17	47.15
3E 0104		6	7	1.86	29
3E 0104		7	8	1.72	12.86
3E 0104		8	9	1.42	11.81
3E 0124		0	1	0.36	34.54
3E 0124		1	2	0.57	40.53
3E 0124		2	3	0.39	22.36
3E 0124		3	4	0.62	35.74
3E 0124		4	5	0.65	25.67
3E 0124		5	6	0.97	26.55
3E 0124		6	7	1.6	19.74
3E 0124		7	8	1.63	18.97
3E 0124		8	8.5	1.5	11.45
3E 0192		0	1	0.48	40.06
3E 0192		1	2	0.55	41.69
3E 0192		2	3	0.62	21.2
3E 0192		3	4	1.32	29.05
3E 0192		4	5	1.8	38.53
3E 0192		5	6	1.67	10.04
3E 0192		6	7	0.9	9.83
3E 0163		0	1	0.4	36.73
3E 0163		1	2	0.46	39.23
3E 0163		2	3	0.65	45.4
3E 0163		3	4	1.05	49.3
3E 0163		4	5	1.35	47.77
3E 0163		5	6	1.98	11.87
3E 0140		0	1	0.43	20.98
3E 0140		1	2	0.57	16.08
3E 0140		2	3	0.4	12.41
3E 0140		3	4	0.28	11.75
3E 0140		4	5	0.34	11.39
3E 0140		5	6	0.35	11.08
3E 0140		6	7	0.34	12.28
3E 0140		7	8	0.28	9.48
3E 0140		8	8.5	0.22	9.17

3E 0171		0	1	0.48	37.29
3E 0171		1	2	0.81	45.47
3E 0171		2	3	1.09	46.73
3E 0171		3	4	1.38	12.64
3E 0171		4	5	1.32	13.81
3E 0171		5	6	1.28	19.63
3E 0171		6	6.5	1.12	15.52
3E 0144		0	1	0.65	43.7
3E 0144		1	2	0.95	47.05
3E 0144		2	3	0.83	39.28
3E 0144		3	4	1.46	29.02
3E 0144		4	5	1.57	10.71
3E 0144		5	6	0.66	7.92
3E 0145		0	1	0.7	46.19
3E 0145		1	2	0.94	48.16
3E 0145		2	3	1.55	44.89
3E 0145		3	4	2.24	14.08
3E 0145		4	5	1.97	12.56
3E 0137		0	1	0.43	35.63
3E 0137		1	2	0.59	45.11
3E 0137		2	3	0.79	47.46
3E 0137		3	4	0.99	48.09
3E 0137		4	5	1.45	17.78
3E 0137		5	6	1.14	12.77
3E 0137		6	7	0.83	10.79
3E 0137		7	8	0.99	9.99
3E 0137		8	9	0.69	8.6
3E 0129		0	1	0.46	34.59
3E 0129		1	2	0.81	48.71
3E 0129		2	3	1.1	49.36
3E 0129		3	4	1.63	39.74
3E 0129		4	5	1.89	13.38
3E 0129		5	6	2.1	12.87
3E 0129		6	7	2.09	11.92
3E 0129		7	8	1.33	9.18
3E 0129		8	8.5	1.36	7.75
3E 0173		0	1	0.5	26.83
3E 0173		1	2	0.61	41.4
3E 0173		2	3	1.36	45.05
3E 0173		3	4	1.76	37.82
3E 0173		4	5	1.62	38.92
3E 0173		5	6	1.45	10.25
3E 0173		6	6.5	1.32	9.77
3E 0197		0	1	0.5	38.53
3E 0197		1	2	0.47	37.92
3E 0197		2	3	0.82	40.69
3E 0197		3	4	1.49	37.04
3E 0197		4	5	1.36	9.3
3E 0197		5	6	1.08	10.84
3E 0197		6	6.5	0.34	6.3
3E 0122		0	1	0.65	40.23
3E 0122		1	2	0.88	41.83
3E 0122		2	3	1.16	46.97
3E 0122		3	4	1.19	47.86
3E 0122		4	5	1.25	25.14
3E 0122		5	6	1.15	9.43
3E 0122		6	7	0.82	9.53
3E 0122		7	7.5	1.11	9.79
3E 0177		0	1	0.36	38.14
3E 0177		1	2	0.55	44.4
3E 0177		2	3	1.04	47.9
3E 0177		3	4	1.68	19.31
3E 0177		4	5	1.77	11.25
3E 0177		5	6	0.95	6.14
3E 0177		6	7	0.85	9.45
3E 0177		7	8	0.97	7.98
3E 0169		0	1	0.81	42.35
3E 0169		1	2	1.1	32.26
3E 0169		2	3	1.36	24.56
3E 0169		3	4	1.48	33.15
3E 0169		4	5	1.57	17.59
3E 0169		5	6	1.15	12.59
3E 0169		6	6.5	0.67	8.9

3E 0166		0	1	0.61	42
3E 0166		1	2	0.61	37.31
3E 0166		2	3	0.92	39.05
3E 0166		3	4	1.2	23.21
3E 0166		4	5	1.98	19.76
3E 0166		5	6	1.4	14.01
3E 0166		6	7.5	1.54	10.75
3E 0139		0	1	0.37	38.72
3E 0139		1	2	0.48	39.97
3E 0139		2	3	0.83	29.96
3E 0139		3	4	0.61	10.29
3E 0139		4	5	0.4	7.64
3E 0139		3	4	0.61	10.29
3E 0139		4	5	0.4	7.64

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022

LAMPIRAN 3 DATA COLLAR

Berikut ini adalah data *collar* yang diambil dari hasil *logging* bor pengeboran eksplorasi di Blok E3 PT. Aneka Nusantara Internasional :

HOLE_ID	Y	X	Z	Depth_To	Hole_Path
3E 0183	9904970	418045	93.4	6	LINEAR
3E 0187	9905020	418045	97	9.5	LINEAR
3E 0160	9905075	418022	93.7	7	LINEAR
3E 0186	9905069	418124	97	8.5	LINEAR
3E 0104	9905065	418034	97.8	9	LINEAR
3E 0103	9905086	418062	96.5	12	LINEAR
3E 0105	9905063	418059	97	9	LINEAR
3E 0181	9905020	418063	97	10.5	LINEAR
3E 0190	9904971	418118	93.5	8.5	LINEAR
3E 0194	9905063	418083	97	10	LINEAR
3E 0199	9905016	418109	97	8.5	LINEAR
E3 114	9905021	418182	97	8.5	LINEAR
3E 0107	9905046	418108	97	7.5	LINEAR
3E 0113	9905016	418131	97	9	LINEAR
3E 0116	9904994	418063	97	9.5	LINEAR
3E 0117	9904992	418113	96.5	6.5	LINEAR
3E 0123	9904971	418137	95.5	8.5	LINEAR
3E 0159	9904971	418159	97	7.5	LINEAR
3E 182	9905088	418251	97	6	LINEAR
3E 127	9905084	418220	97	8	LINEAR
3E 118	9904993	418161	97	7.5	LINEAR
3E 0135	9905103	418328	104.9	5	LINEAR
3E 0157	9905052	418289	97	8.5	LINEAR
3E 0161	9905071	418126	97	9	LINEAR
3E 0106	9905082	418307	99	6	LINEAR
3E 0108	9905046	418160	97	9	LINEAR
3E 0167	9905003	418351	97	5.5	LINEAR
3E 0125	9904940	418253	97	8	LINEAR
3E 0141	9905074	418328	103.4	6.5	LINEAR
3E 0185	9905052	418336	102.6	6	LINEAR
3E 0115	9904994	418245	97	3.5	LINEAR
3E 0170	9904971	418332	97	5.5	LINEAR
3E 0133	9904915	418171	87.9	8	LINEAR
3E 0134	9904889	418187	87	7	LINEAR
3E 0109	9905018	418216	97	5	LINEAR
3E 0112	9904753	418167	97	10.5	LINEAR
3E 0165	9904944	418223	97	9.5	LINEAR
3E 0195	9904994	418274	97	8	LINEAR
3E 0158	9904888	418341	93.8	7.5	LINEAR
3E 0156	9904795	418321	97	8	LINEAR
3E 0130	9904917	418281	93.6	10.5	LINEAR
3E 0104	9904830	418028	97.8	9	LINEAR
3E 0124	9904945	418195	96.4	8.5	LINEAR
3E 0192	9904996	418326	97	7	LINEAR
3E 0163	9904945	418329	97	6	LINEAR
3E 0140	9904877	418267	88.4	8.5	LINEAR
3E 0171	9904914	418331	93.7	6.5	LINEAR
3E 0144	9904838	418329	94.2	6	LINEAR
3E 0145	9904844	418249	89	5	LINEAR
3E 0137	9904746	418122	97.3	9	LINEAR
3E 0129	9904909	418219	89.4	8.5	LINEAR
3E 0173	9904789	418130	94	6.5	LINEAR
3E 0197	9904772	418169	95.5	6.5	LINEAR
3E 0122	9904753	418167	97	7.5	LINEAR
3E 0177	9904746	418263	100.1	8	LINEAR
3E 0169	9904896	418165	87	6.5	LINEAR
3E 0166	9904945	418283	97	7.5	LINEAR
3E 0139	9904907	418357	95	5	LINEAR

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2021

LAMPIRAN 4
DATA LITHOLOGY

Berikut ini adalah data *lithology* yang diambil dari hasil *logging* bor pengeboran eksplorasi di Blok E3 PT. Aneka Nusantara Internasional :

HOLE_ID	SAMPLE_ID	Dept_from	Dept To	LITOLOGI
3E 0183		0	1	LIM
3E 0183		1	2	LIM
3E 0183		2	3	LIM
3E 0183		3	4	SAP
3E 0183		4	5	SAP
3E 0183		5	6	SAP
3E 0187		0	1	LIM
3E 0187		1	2	LIM
3E 0187		2	3	LIM
3E 0187		3	4	LIM
3E 0187		4	5	LIM
3E 0187		5	6	SAP
3E 0187		6	7	SAP
3E 0187		7	8	SAP
3E 0187		8	9	SAP
3E 0187		9	9.5	BRK
3E 0160		0	1	LIM
3E 0160		1	2	LIM
3E 0160		2	3	LIM
3E 0160		3	4	LIM
3E 0160		4	5	LIM
3E 0160		5	6	SAP
3E 0160		6	7	BRK
3E 0186		0	1	LIM
3E 0186		1	2	LIM
3E 0186		2	3	LIM
3E 0186		3	4	SAP
3E 0186		4	5	SAP
3E 0186		5	6	SAP
3E 0186		6	7	BRK
3E 0186		7	8	BRK
3E 0186		8	8.5	BRK
3E 0104		0	1	LIM
3E 0104		1	2	LIM
3E 0104		2	3	LIM
3E 0104		3	4	LIM
3E 0104		4	5	LIM
3E 0104		5	6	SAP
3E 0104		7	8	SAP
3E 0104		8	9	BRK
3E 0103		0	1	LIM
3E 0103		1	2	LIM
3E 0103		2	3	LIM
3E 0103		3	4	LIM
3E 0103		4	5	LIM
3E 0103		6	7	LIM
3E 0103		7	8	LIM
3E 0103		9	10	LIM
3E 0103		10	11	SAP
3E 0103		11	12	BRK
3E 0105		0	1	LIM
3E 0105		1	2	LIM
3E 0105		2	3	LIM
3E 0105		3	4	LIM
3E 0105		4	5	LIM
3E 0105		5	6	LIM
3E 0105		6	7	SAP
3E 0105		7	8	SAP
3E 0105		8	9	SAP
3E 0181		0	1	LIM
3E 0181		1	2	LIM
3E 0181		2	3	LIM
3E 0181		3	4	LIM
3E 0181		4	5	LIM
3E 0181		5	6	SAP
3E 0181		6	7	SAP
3E 0181		7	8	SAP
3E 0181		8	9	SAP
3E 0181		9	10	SAP

3E 0181		10	10.5	BRK
3E 0190		0	1	LIM
3E 0190		1	2	LIM
3E 0190		2	3	LIM
3E 0190		3	4	LIM
3E 0190		4	5	LIM
3E 0190		5	6	LIM
3E 0190		6	7	LIM
3E 0190		7	8	SAP
3E 0190		8	8.5	SAP
3E 0194		0	1	LIM
3E 0194		1	2	LIM
3E 0194		2	3	LIM
3E 0194		3	4	LIM
3E 0194		4	5	LIM
3E 0194		5	6	LIM
3E 0194		6	7	SAP
3E 0194		7	8	SAP
3E 0194		8	9	SAP
3E 0194		9	10	SAP
3E 0199		0	1	LIM
3E 0199		1	2	LIM
3E 0199		2	3	LIM
3E 0199		3	4	LIM
3E 0199		4	5	LIM
3E 0199		5	6	LIM
3E 0199		6	7	SAP
3E 0199		7	8	SAP
3E 0199		8	8.5	BRK
E3 114		0	1	LIM
E3 114		1	2	LIM
E3 114		2	3	LIM
E3 114		3	4	LIM
E3 114		4	5	SAP
E3 114		5	6	BRK
E3 114		6	7	BRK
E3 114		7	8	BRK
E3 114		8	8.5	BRK
3E 0107		0	1	LIM
3E 0107		1	2	LIM
3E 0107		2	3	LIM
3E 0107		3	4	LIM
3E 0107		4	5	LIM
3E 0107		5	6	SAP
3E 0107		6	7	SAP
3E 0107		7	7.5	SAP
3E 0113		0	1	LIM
3E 0113		1	2	LIM
3E 0113		2	3	LIM
3E 0113		3	4	LIM
3E 0113		4	5	LIM
3E 0113		5	6	LIM
3E 0113		6	7	LIM
3E 0113		7	8	SAP
3E 0113		8	9	SAP
3E 0116		0	1	LIM
3E 0116		1	2	LIM
3E 0116		2	3	LIM
3E 0116		3	4	SAP
3E 0116		4	5	SAP
3E 0116		5	6	SAP
3E 0116		6	7	SAP
3E 0116		7	8	BRK
3E 0116		8	9	BRK
3E 0116		9	9.5	BRK
3E 0117		0	1	LIM
3E 0117		1	2	LIM
3E 0117		2	3	LIM
3E 0117		3	4	LIM
3E 0117		4	5	LIM
3E 0117		5	6	SAP
3E 0117		6	6.5	SAP
3E 0123		0	1	LIM
3E 0123		1	2	LIM
3E 0123		2	3	LIM
3E 0123		3	4	LIM
3E 0123		4	5	LIM
3E 0123		5	6	LIM
3E 0123		6	7	SAP
3E 0123		7	8	SAP

3E 0123		8	8.5	BRK
3E 0159		0	1	LIM
3E 0159		1	2	LIM
3E 0159		2	3	LIM
3E 0159		3	4	LIM
3E 0159		4	5	SAP
3E 0159		5	6	SAP
3E 0159		6	7.5	BRK
3E 182		0	1	LIM
3E 182		1	2	LIM
3E 182		2	3	LIM
3E 182		3	4	LIM
3E 182		4	5	LIM
3E 182		5	6	SAP
3E 127		0	1	LIM
3E 127		1	2	LIM
3E 127		2	3	LIM
3E 127		3	4	LIM
3E 127		4	5	LIM
3E 127		5	6	SAP
3E 127		6	7	SAP
3E 127		7	8	BRK
3E 118		0	1	LIM
3E 118		1	2	LIM
3E 118		2	3	LIM
3E 118		3	4	LIM
3E 118		4	5	LIM
3E 118		5	6	SAP
3E 118		6	7	SAP
3E 118		7	7.5	SAP
3E 0135		0	1	LIM
3E 0135		1	2	LIM
3E 0135		2	3	LIM
3E 0135		3	4	SAP
3E 0135		4	5	SAP
3E 0157		0	1	LIM
3E 0157		1	2	LIM
3E 0157		2	3	LIM
3E 0157		3	4	LIM
3E 0157		4	5	LIM
3E 0157		5	6	SAP
3E 0157		6	7	SAP
3E 0157		7	8	SAP
3E 0157		8	8.5	BRK
3E 0161		0	1	LIM
3E 0161		1	2	LIM
3E 0161		2	3	LIM
3E 0161		3	4	LIM
3E 0161		4	5	LIM
3E 0161		5	6	SAP
3E 0161		6	7	SAP
3E 0161		7	8	SAP
3E 0161		8	9	BRK
3E 0106		0	1	LIM
3E 0106		1	2	LIM
3E 0106		2	3	SAP
3E 0106		3	4	SAP
3E 0106		4	5	BRK
3E 0106		5	6	BRK
3E 0108		0	1	LIM
3E 0108		1	2	LIM
3E 0108		2	3	LIM
3E 0108		3	4	LIM
3E 0108		4	5	SAP
3E 0108		5	6	SAP
3E 0108		6	7	SAP
3E 0108		7	8	SAP
3E 0108		8	9	BRK
3E 0167		0	1	LIM
3E 0167		1	2	LIM
3E 0167		2	3	LIM
3E 0167		3	4	LIM
3E 0167		4	5	SAP
3E 0167		5	5.5	BRK
3E 0125		0	1	LIM
3E 0125		1	2	SAP
3E 0125		2	3	SAP
3E 0125		3	4	BRK
3E 0125		4	5	BRK
3E 0125		5	6	BRK

3E 0125		6	7	BRK
3E 0125		7	8	BRK
3E 0141		0	1	LIM
3E 0141		1	2	LIM
3E 0141		2	3	LIM
3E 0141		3	4	LIM
3E 0141		4	5	LIM
3E 0141		5	6	SAP
3E 0141		6	6.5	BRK
3E 0185		0	1	LIM
3E 0185		1	2	LIM
3E 0185		2	3	LIM
3E 0185		3	4	LIM
3E 0185		4	5	SAP
3E 0185		5	6	SAP
3E 0115		0	1	LIM
3E 0115		1	2	SAP
3E 0115		2	3	BRK
3E 0115		3	3.5	BRK
3E 0170		0	1	LIM
3E 0170		1	2	LIM
3E 0170		2	3	LIM
3E 0170		3	4	LIM
3E 0170		4	5	SAP
3E 0170		5	5.5	BRK
3E 0133		0	1	LIM
3E 0133		1	2	LIM
3E 0133		2	3	LIM
3E 0133		3	4	LIM
3E 0133		4	5	SAP
3E 0133		5	6	BRK
3E 0133		6	7	BRK
3E 0133		7	8	BRK
3E 0134		0	1	LIM
3E 0134		1	2	LIM
3E 0134		2	3	SAP
3E 0134		3	4	BRK
3E 0134		4	5	BRK
3E 0134		5	6	BRK
3E 0134		6	7	BRK
3E 0109		0	1	LIM
3E 0109		1	2	SAP
3E 0109		2	3	SAP
3E 0109		3	4	BRK
3E 0109		4	5	BRK
3E 0112		0	1	LIM
3E 0112		1	2	LIM
3E 0112		2	3	LIM
3E 0112		3	4	LIM
3E 0112		4	5	LIM
3E 0112		5	6	LIM
3E 0112		6	7	LIM
3E 0112		7	8	SAP
3E 0112		8	9	SAP
3E 0112		9	10	BRK
3E 0112		10	10.5	BRK
3E 0165		0	1	LIM
3E 0165		1	2	LIM
3E 0165		2	3	LIM
3E 0165		3	4	SAP
3E 0165		4	5	SAP
3E 0165		5	6	SAP
3E 0165		6	7	SAP
3E 0165		7	8	SAP
3E 0165		8	9.5	BRK
3E 0195		0	1	LIM
3E 0195		1	2	LIM
3E 0195		2	3	LIM
3E 0195		3	4	LIM
3E 0195		4	5	LIM
3E 0195		5	6	SAP
3E 0195		6	7	SAP
3E 0195		7	8	BRK
3E 0158		0	1	LIM
3E 0158		1	2	LIM
3E 0158		2	3	LIM
3E 0158		3	4	LIM
3E 0158		4	5	LIM
3E 0158		5	6	SAP
3E 0158		6	7	SAP

3E 0158		7	7.5	BRK
3E 0156		0	1	LIM
3E 0156		1	2	LIM
3E 0156		2	3	LIM
3E 0156		3	4	LIM
3E 0156		4	5	LIM
3E 0156		5	6	LIM
3E 0156		6	7	LIM
3E 0156		7	8	SAP
3E 0130		0	1	LIM
3E 0130		1	2	LIM
3E 0130		2	3	LIM
3E 0130		3	4	SAP
3E 0130		4	5	BRK
3E 0130		5	6	BRK
3E 0130		6	7	BRK
3E 0130		7	8	BRK
3E 0130		8	9	BRK
3E 0130		9	10	BRK
3E 0130		10	10.5	BRK
3E 0104		0	1	LIM
3E 0104		1	2	LIM
3E 0104		2	3	LIM
3E 0104		3	4	LIM
3E 0104		4	5	LIM
3E 0104		5	6	LIM
3E 0104		6	7	SAP
3E 0104		7	8	SAP
3E 0104		8	9	BRK
3E 0124		0	1	LIM
3E 0124		1	2	LIM
3E 0124		2	3	LIM
3E 0124		3	4	LIM
3E 0124		4	5	LIM
3E 0124		5	6	LIM
3E 0124		6	7	SAP
3E 0124		7	8	SAP
3E 0124		8	8.5	SAP
3E 0192		0	1	LIM
3E 0192		1	2	LIM
3E 0192		2	3	LIM
3E 0192		3	4	LIM
3E 0192		4	5	SAP
3E 0192		5	6	SAP
3E 0192		6	7	BRK
3E 0163		0	1	LIM
3E 0163		1	2	LIM
3E 0163		2	3	LIM
3E 0163		3	4	LIM
3E 0163		4	5	LIM
3E 0163		5	6	SAP
3E 0140		0	1	LIM
3E 0140		1	2	LIM
3E 0140		2	3	LIM
3E 0140		3	4	LIM
3E 0140		4	5	SAP
3E 0140		5	6	SAP
3E 0140		6	7	BRK
3E 0140		7	8	BRK
3E 0140		8	8.5	BRK
3E 0171		0	1	LIM
3E 0171		1	2	LIM
3E 0171		2	3	LIM
3E 0171		3	4	SAP
3E 0171		4	5	SAP
3E 0171		5	6	BRK
3E 0171		6	6.5	BRK
3E 0144		0	1	LIM
3E 0144		1	2	LIM
3E 0144		2	3	LIM
3E 0144		3	4	LIM
3E 0144		4	5	SAP
3E 0144		5	6	BRK
3E 0145		0	1	LIM
3E 0145		1	2	LIM
3E 0145		2	3	SAP
3E 0145		3	4	SAP
3E 0145		4	5	SAP
3E 0137		0	1	LIM
3E 0137		1	2	LIM

3E 0137		2	3	LIM
3E 0137		3	4	LIM
3E 0137		4	5	SAP
3E 0137		5	6	BRK
3E 0137		6	7	BRK
3E 0137		7	8	BRK
3E 0137		8	9	BRK
3E 0129		0	1	LIM
3E 0129		1	2	LIM
3E 0129		2	3	LIM
3E 0129		3	4	SAP
3E 0129		4	5	SAP
3E 0129		5	6	SAP
3E 0129		6	7	SAP
3E 0129		7	8	BRK
3E 0129		8	8.5	BRK
3E 0173		0	1	LIM
3E 0173		1	2	LIM
3E 0173		2	3	LIM
3E 0173		3	4	SAP
3E 0173		4	5	SAP
3E 0173		5	6	BRK
3E 0173		6	6.5	BRK
3E 0197		0	1	LIM
3E 0197		1	2	LIM
3E 0197		2	3	LIM
3E 0197		3	4	SAP
3E 0197		4	5	SAP
3E 0197		5	6	BRK
3E 0197		6	6.5	BRK
3E 0122		0	1	LIM
3E 0122		1	2	LIM
3E 0122		2	3	LIM
3E 0122		3	4	LIM
3E 0122		4	5	SAP
3E 0122		5	6	SAP
3E 0122		6	7	BRK
3E 0122		7	7.5	BRK
3E 0177		0	1	LIM
3E 0177		1	2	LIM
3E 0177		2	3	LIM
3E 0177		3	4	SAP
3E 0177		4	5	SAP
3E 0177		5	6	BRK
3E 0177		6	7	BRK
3E 0177		7	8	BRK
3E 0169		0	1	LIM
3E 0169		1	2	LIM
3E 0169		2	3	LIM
3E 0169		3	4	LIM
3E 0169		4	5	SAP
3E 0169		5	6	BRK
3E 0169		6	6.5	BRK
3E 0166		0	1	LIM
3E 0166		1	2	LIM
3E 0166		2	3	LIM
3E 0166		3	4	LIM
3E 0166		4	5	SAP
3E 0166		5	6	BRK
3E 0166		6	7.5	BRK
3E 0139		0	1	LIM
3E 0139		1	2	LIM
3E 0139		2	3	LIM
3E 0139		3	4	SAP
3E 0139		4	5	BRK
3E 0139		3	4	SAP
3E 0139		4	5	BRK

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2021

LAMPIRAN 5
DATA SURVEY

Berikut ini adalah data *survey* yang diambil dari hasil *logging* bor pengeboran eksplorasi di PT. Aneka Nusantara Internasional :

HOLE_ID	Dept. To	DIP	AZIMUTH
3E 0183	6	-90	0
3E 0187	9.5	-90	0
3E 0160	7	-90	0
3E 0186	8.5	-90	0
3E 0104	9	-90	0
3E 0103	12	-90	0
3E 0105	9	-90	0
3E 0181	10.5	-90	0
3E 0190	8.5	-90	0
3E 0194	10	-90	0
3E 0199	8.5	-90	0
E3 114	8.5	-90	0
3E 0107	7.5	-90	0
3E 0113	9	-90	0
3E 0116	9.5	-90	0
3E 0117	6.5	-90	0
3E 0123	8.5	-90	0
3E 0159	7.5	-90	0
3E 182	6	-90	0
3E 127	8	-90	0
3E 118	7.5	-90	0
3E 0135	5	-90	0
3E 0157	8.5	-90	0
3E 0161	9	-90	0
3E 0106	6	-90	0
3E 0108	9	-90	0
3E 0167	5.5	-90	0
3E 0125	8	-90	0
3E 0141	6.5	-90	0
3E 0185	6	-90	0
3E 0115	3.5	-90	0
3E 0170	5.5	-90	0
3E 0133	8	-90	0
3E 0134	7	-90	0
3E 0109	5	-90	0
3E 0112	10.5	-90	0
3E 0165	9.5	-90	0
3E 0195	8	-90	0
3E 0158	7.5	-90	0
3E 0156	8	-90	0
3E 0130	10.5	-90	0
3E 0104	9	-90	0
3E 0124	8.5	-90	0
3E 0192	7	-90	0
3E 0163	6	-90	0
3E 0140	8.5	-90	0
3E 0171	6.5	-90	0
3E 0144	6	-90	0
3E 0145	5	-90	0
3E 0137	9	-90	0
3E 0129	8.5	-90	0
3E 0173	6.5	-90	0
3E 0197	6.5	-90	0
3E 0122	7.5	-90	0
3E 0177	8	-90	0
3E 0169	6.5	-90	0
3E 0166	7.5	-90	0
3E 0139	5	-90	0

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2021

LAMPIRAN 6
SPESIFIKASI DUMP TRUK ISUZU GIGA FVZ 285 PS

DIMENSION		FVZ 34 N HP 6.1 (N)	FVZ 34 U HP (N)	FVZ 34 L HP MX (N)
Overall Length (OAL)	mm	8.650	11.945	7.560
Overall Width (OW)	mm	2.485	2.485	2.485
Overall Height (OH)	mm	2.975	2.975	3.985
Wheel Base (WB1+WB2)	mm	4.115+1.370	5.825+1.370	3.565+1.370
Front Over Hang (FOH)	mm	1.250	1.250	1.250
Rear Over Hang (ROH)	mm	1.915	3.500	1.375
Cabin to end (CE)	mm	6.545	9.640	5.460
Min. Clearance (HH)	mm	285	285	275
Chassis width	mm	870x105x7.8	870x105x7.8	870x105x7.8
Tread	Front (FW)	mm	2.060	2.060
	Rear (RW)	mm	1.850	1.850
WEIGHT				
Vehicle Mass Total	Kg	7.430	8.070	7.270
Gross Vehicle Mass (GVW)	Kg	26.000	26.000	26.000
ENGINE				
Engine Model		6HK1-TCS	6HK1-TCS	6HK1-TCS
Type		6Cyl, OHC, Di (In)	6Cyl, OHC, Di (In)	6Cyl, OHC, Di (In)
Bore and Stroke	mm	115x125	115x125	115x125
Piston Displacement	cc	7.790	7.790	7.790
Max. Output	PS/rpm	285/2400	285/2400	285/2400
Max. Torque	Kgm/rpm	90/1450-2400	90/1450-2400	90/1450-2400
CLUTCH DIAMETER	mm	380	380	380
TRANSMISSION				
Transmission Model / Brand		ES11109DD	ES11109DD	ES11109DD
Transmission Operational Type		Double H	Double H	Double H
	Low	12.638	12.638	12.638
	1st	8.807	8.807	8.807
	2nd	6.550	6.550	6.550
Gear Ratio	3rd	4.768	4.768	4.768
	4th	3.548	3.548	3.548
	5th	2.482	2.482	2.482
	6th	1.846	1.846	1.846
	7th	1.344	1.344	1.344
	8th	1.000	1.000	1.000
	9th			
	Rev	13.210	13.210	13.210
Final Gear Ratio	in 1	6.143 / 6.428 (opt.)	6.143	6.143
AXLE				
Capacity Rear Axle	Kg	20.000	20.000	20.000
Capacity Front Axle	Kg	6.000	6.000	6.000
BRAKE				
Type		Full Air	Full Air	Full Air
TYRE				
Front		Single 11.00-20-16PR	Single 11.00-20-16PR	Single 11.00-20-16PR
Rear		Double 11.00-20-16PR	Double 11.00-20-16PR	Double 11.00-20-16PR
Type		Rib Lug	Rib Lug	Rib Lug
Disk Wheel Size		10STUD 20X7.50T	10STUD 20X7.50T	10STUD 20X7.50T
OTHERS				
Fuel Tank Capacity	Liter	300	300	300
Min. Turning Radius	m	8.4	10.8	7.605
Max. Gradeability	%	45	45	45
Max. Speed	Km/h	83	83	83
Emission		Euro 2	Euro 2	Euro 2
Body Color		White	White	White
Cabin Suspension Type		Solid Rubber	Solid Rubber	Solid Rubber
Underwood & Seat Suspension		Yes	Yes	Yes
Warranty		1 Year/ 100.000 Km	1 Year/ 100.000 Km	1 Year/ 100.000 Km
Alternator	V-A	24-60	24-60	24-60

Sumber : Isuzu Indonesia, 2022.

LAMPIRAN 7
SPESIFIKASI DUMP TRUK MITSUBISHI FUSO 220 PS

MODEL		FN 527 MS K
Tipe		6x4
DIMENSI		
	Satuan	
Jarak Sumbu Roda	mm	5.320
Panjang Keseluruhan	mm	8.260
Lebar Keseluruhan	mm	2.460
Tinggi Keseluruhan	mm	2.750
Jarak roda depan kiri-kanan	mm	1.920
Jarak roda belakang kiri-kanan	mm	1.850
BERAT		
Berat chassis termasuk kabin	kg	6.490
Depan	kg	2.840
Belakang	kg	3.650
Max G.V.W	kg	26.000
Depan	kg	5.400
Belakang	kg	19.400
KEMAMPUAN		
Kecepatan Maksimum	km/jam	103
Daya tanjak dengan Max G.V.W	%	34
Radius putar minimum	m	8,7
MESIN		
Model		6D16-3AT2
Tipe		Mesin diesel Turbo 4 langkah, 6 silinder pendingin air, injeksi langsung dengan Turbo intercooler
Diameter X Langkah	mm	118x115
Isi Silinder	cc	7.545
Daya Maksimum	PS/rpm	220/2.800
Torsi Maksimum	Kg.m/rpm	65/1.400
TRANSMISI		
Model		M8S2x5
Tipe		10 gigi maju dan 2 gigi mundur, dengan sistem high low splitter
Perbandingan gigi	Rendah Tinggi	10,060-5,441-3,006-1,811-1,000 mundur 10,002 7,462-4,036-2,230-1,344-,0,741 mundur 7,420
KEMUDI		
Tipe		Ball nut dengan integral type, power booster telescopic dan tilt steering column dengan steering lock
GANDAR (AXLE)		
Depan		Reverse Elliot,"I" Beam Type
Belakang		Full floating type, tandem drive dengan interaxle differential gears dan locking device
Perbandingan gigi		7,500
SUSPENSI		
Depan		Laminated leaf springs dengan shock absorbers
Belakang		Inverted dan laminated leaf springs dengan trunnion base dan radius rods
REM		
Rem kaki (Service brake)		Air over hydraulic dengan sirkuit ganda
Rem tangan (Parking brake)		Internal expand type pada propeller shaft
Rem pembantu (Auxiliary brake)		Sistem pengereman gas buang (Exhaust brake)
BAN DAN RODA		
Ban Depan		Tunggal, 10.00-20-16PR
Ban Belakang		Ganda, 10.00-20-16PR
Roda		7.00x20, 8 studs
SISTEM LISTRIK		
Tegangan	Volt	24
KAPASITAS BAHAN BAKAR		
Tangki	liter	200
KABIN PENGEMUDI		
All steel, tilt cab (Kabin Jungkit)		

Sumber : Mitsubishi Indonesia, 2022.

LAMPIRAN 8
SALINAN KEPMEN ESDM NOMOR 1827 TAHUN 2018



MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
REPUBLIK INDONESIA

KEPUTUSAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 1827 K/30/MEM/2018

TENTANG

PEDOMAN PELAKSANAAN KAIDAH TEKNIK PERTAMBANGAN YANG BAIK

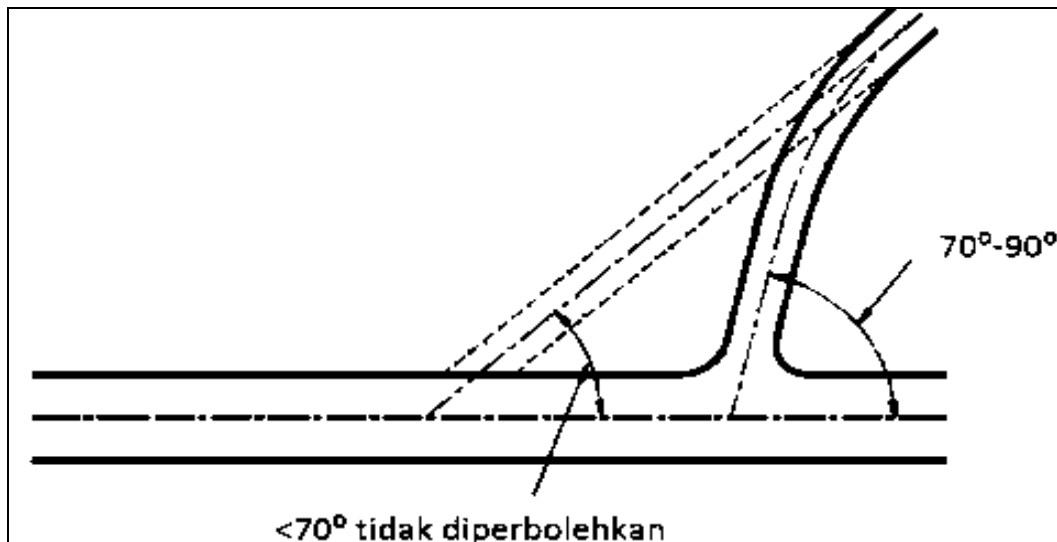
LAMPIRAN II KEPUTUSAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
REPUBLIK INDONESIA

NOMOR : 1827 K/30/MEM/2018

TANGGAL : 7 Mei 2018

<p>xix. Jalan Pertambangan</p> <p>(i) lebar jalan tambang/produksi mempertimbangkan alat angkut terbesar yang melintasi jalan tersebut paling kurang:</p> <p>i. tiga setengah kali lebar alat angkut terbesar, untuk jalan tambang dua arah</p> <p>ii. dua kali lebar alat angkut terbesar, untuk jalan tambang satu arah</p> <p>iii. lebar jalan pada jembatan sesuai ketentuan di atas.</p> <p>(ii) pada setiap jalan tambang/produksi tersedia tanggul pengaman di sisi luar badan jalan dengan tinggi sekurang-kurangnya $\frac{3}{4}$ (tiga per empat) diameter roda kendaraan terbesar dan memperhitungkan potensi air limpasan dan/atau material lepas yang dapat masuk ke jalan;</p>	<p>(iii) dalam hal jalan tambang/produksi menggunakan tipe <i>boxcut</i>, tanggul dapat tersedia;</p> <p>(iv) dalam hal kondisi jalan tambang/produksi menggunakan tipe <i>boxcut</i> dan berpotensi material lepas, dilakukan penguatan lereng;</p> <p>(v) di sepanjang jalan tambang/produksi memiliki sistem penyaliran yang mampu mengalirkan debit air larian tertinggi dan dipelihara dengan baik;</p> <p>(vi) sepanjang permukaan badan jalan tambang/produksi dibentuk kemiringan melintang (<i>cross fall</i>) paling kurang 2% (dua persen);</p> <p>(vii) kemiringan (<i>grade</i>) jalan tambang/produksi dibuat tidak boleh lebih 12% (dua belas persen) dengan memperhitungkan:</p> <p>(a) spesifikasi kemampuan alat angkut;</p> <p>(b) jenis material jalan; dan</p> <p>(c) <i>fuel ratio</i> penggunaan bahan bakar;</p>
---	--

<p>(viii) dalam hal kemiringan jalan tambang/produksi lebih dari 12% (dua belas persen) dilakukan kajian teknis yang paling kurang mencakup:</p> <p>(a) kajian risiko;</p> <p>(b) spesifikasi teknis alat; dan</p> <p>(c) spesifikasi teknis jalan;</p> <p>(ix) lebar, radius tikungan, dan super elevasi pada setiap jalan pertambangan yang menikung mampu menahan gaya dari setiap jenis kendaraan yang melintas dengan batasan kecepatan yang telah ditentukan;</p> <p>(x) jalan pertambangan dilakukan pemeliharaan dan perawatan sehingga tidak menghambat kegiatan pengangkutan;</p>	<p>(xi) daya dukung jalan pertambangan lebih kuat dari kapasitas terbesar beban kendaraan dan muatan yang melintas pada beban statis dalam kurun waktu tertentu berdasarkan kajian teknis;</p> <p>(xii) pada setiap tikungan dan persimpangan jalan tambang/produksi dipasang pemisah jalur (separator) dengan tinggi paling kurang setengah diameter roda kendaraan terbesar dan lebar bagian atas paling kurang sama dengan lebar roda kendaraan terbesar;</p> <p>(xiii) sudut belokan pada pertigaan jalan tidak boleh kurang dari 70° (tujuh puluh derajat);</p>
---	--



Sumber : Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, 2018.

LAMPIRAN 9

STANDAR GEOMETRI JALAN TAMBANG

a. Lebar Jalan Tambang Pada Jalan Lurus

Setelah mengetahui spesifikasi dari *Dump Truck hino 500* dapat dilakukan perhitungan lebar minimum jalan angkut dua lajur pada jalan lurus dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = n \cdot Wt + (n + 1) \left(\frac{1}{2} \cdot Wt \right)$$

Diketahui :

$$\text{Lebar Truk (Wt)} = 2.650 \text{ mm} = 2,65 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Jalur (n)} = 2$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} L &= 2 \times 2,65 \text{ m} + (2+1) \left(\frac{1}{2} \times 2,65 \text{ m} \right) \\ &= 5,3 \text{ m} + 3 (1,325 \text{ m}) \\ &= 5,3 \text{ m} + 3,975 \text{ m} \\ &= 9,275 \text{ m} = 9,28 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, lebar minimum jalan lurus yang aman dilalui oleh alat angkut *Dump Truck Isuzu Giga FVZ 285 PS* yaitu 9,28 m.

b. Lebar Jalan Tambang Pada Tikungan

Setelah mengetahui spesifikasi dari *Dump Truck Hino 500* bisa dilakukan perhitungan lebar minimum jalan angkut dua lajur pada tikungan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z = C = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb)$$

$$W = n (U + Fa + Fb + Z) + C$$

Diketahui :

$$\text{Jumlah jalur (n)} = 2$$

$$\text{Jarak jejak ban depan (U)} = 2.060 \text{ mm} = 2,06 \text{ m}$$

$$\text{Lebar jantai depan (Fa)} = Jd \times \sin \beta = 0,81 \text{ m}$$

$$\text{Lebar jantai belakang (Fb)} = Jb \times \sin \beta = 1,24 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Julur Depan (Jd)} = 1,25 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Julur Belakang (Jb)} = 1,915 \text{ m}$$

$$\text{Radius Putar (Turning Radius)} = 8,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sudut Penyimpangan Roda } (\beta) &= \sin^{-1} \cdot (Wb/\text{Radius Putar}) = 40,54^\circ \\ \text{Jarak Sumbu Roda (Wb)} &= 5.485 \text{ mm} = 5,485 \text{ m} \\ \text{Lebar bagian tepi jalan (Z)} &= \text{Jarak antar kendaraan (C)} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} C = Z &= \frac{1}{2} (U+Fa+Fb) \\ &= \frac{1}{2} (2,06 + 0,81 + 1,24) \text{ m} \\ &= \frac{1}{2} (4,11) \text{ m} \\ &= 2,055 = 2,06 \text{ m} \end{aligned}$$

$$W = n (U+Fa+Fb+Z) + C$$

$$\begin{aligned} W &= 2 \times (2,06 + 0,81 + 1,24 + 2,06) \text{ m} + 2,06 \text{ m} \\ &= 2 \times 6,17 \text{ m} + 2,06 \text{ m} \\ &= 12,34 \text{ m} + 2,06 \text{ m} \\ &= 14,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, lebar minimum jalan tambang dua jalur pada tikungan yang aman dilalui oleh *Dump Truck Isuzu Giga FVZ 285 PS* yaitu 14,4 m.

c. Kemiringan Jalan Tambang

Berdasarkan Kepmen ESDM No. 1827 Tahun 2018, kemiringan (grade) maksimum jalan Tambang adalah sebesar 12%.

$$\text{Grade}(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta H}{\Delta X} \right)$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan rancangan kemiringan jalan tambang pada pit 3E PT. Aneka Nusantara Internasional :

1. Segmen 0-1

$$\text{Grade}(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% \qquad \Delta X = \sqrt{\text{Panjang Jalan}^2 - \Delta H^2}$$

$$\text{Grade}(\alpha) = \frac{9}{99,59} \times 100\% \qquad \Delta X = \sqrt{100^2 - 9^2}$$

$$\text{Grade}(\alpha) = 9,04\% = 5,164^\circ \qquad \Delta X = 99,59$$

2. Segmen 1-2

$$\text{Grade}(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% \qquad \Delta X = \sqrt{\text{Panjang Jalan}^2 - \Delta H^2}$$

$$\text{Grade}(\alpha) = \frac{2,9}{39,89} \times 100\% \qquad \Delta X = \sqrt{40^2 - 2,9^2}$$

$$\text{Grade}(\alpha) = 7,27\% = 4,158^\circ \qquad \Delta X = 39,89$$

3. Segmen 2-3

$$Grade(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% \quad \Delta X = \sqrt{PanjangJalan^2 - \Delta H^2}$$

$$Grade(\alpha) = \frac{5,5}{49,70} \times 100\% \quad \Delta X = \sqrt{50^2 - 5,5^2}$$

$$Grade(\alpha) = 11,07\% = 6,315^\circ \quad \Delta X = 49,70$$

4. Segmen 3-4

$$Grade(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% \quad \Delta X = \sqrt{PanjangJalan^2 - \Delta H^2}$$

$$Grade(\alpha) = \frac{7}{65,63} \times 100\% \quad \Delta X = \sqrt{66^2 - 7^2}$$

$$Grade(\alpha) = 10,67\% = 6,088^\circ \quad \Delta X = 65,63$$

5. Segmen 4-5

$$Grade(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% \quad \Delta X = \sqrt{PanjangJalan^2 - \Delta H^2}$$

$$Grade(\alpha) = \frac{2,6}{39,92} \times 100\% \quad \Delta X = \sqrt{40^2 - 2,6^2}$$

$$Grade(\alpha) = 6,51\% = 3,726^\circ \quad \Delta X = 39,92$$

6. Segmen 5-6

$$Grade(\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% \quad \Delta X = \sqrt{PanjangJalan^2 - \Delta H^2}$$

$$Grade(\alpha) = \frac{5,8}{67,75} \times 100\% \quad \Delta X = \sqrt{68^2 - 5,8^2}$$

$$Grade(\alpha) = 8,56\% = 4,893^\circ \quad \Delta X = 67,75$$

d. Cross Slope

Untuk keperluan nilai *cross slope* berdasarkan standar yang ditentukan dalam Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018, nilai *cross slope* maksimum bernilai (2%) dari lebar jalan tambang.

$$\begin{aligned} Cross\ Slope &= L \times 2\% \\ &= 9,28 \times \frac{2}{100} \\ &= 0,1856\ m = 0,18\ m \end{aligned}$$

e. Superelevasi

Pada tikungan diperlukan suatu besaran yang dinamakan superelevasi yang gunanya untuk melawan gaya sentrifugal yang arahnya menuju keluar jalan. Sebelum menghitung superelevasi dari jalan maka terlebih dahulu diketahui

kecepatan rencana kendaraan atau peralatan angkut yang akan digunakan adalah 40 km/jam, radius tikungan sesuai spesifikasi alat yaitu 8,739 m.

Sebelum menghitung superelevasi maksimum, maka terlebih dahulu untuk menghitung koefisien gesek maksimum (f). Nilai f ditentukan berdasarkan kecepatan rencana :

c. Kecepatan rencana < 80 km/jam, maka $f = (-0,00065 V) + 0,192$

d. Kecepatan rencana > 80 km/jam, maka $f = (-0,00125 V) + 0,24$

$$f = (-0,00065 V) + 0,192$$

$$f = (-0,00065 \times 40) + 0,192$$

$$f = (-0,026) + 0,192$$

$$f = 0,166$$

$$e_{\max} + f_{\max} = \frac{V^2}{127 \times D}$$

$$e_{\max} + 0,166 = \frac{40^2}{127 \times 8,4}$$

$$e_{\max} + 0,166 = \frac{1600}{1.066,8}$$

$$e_{\max} + 0,166 = 1,499$$

$$e_{\max} = 1,499 - 0,166$$

$$e_{\max} = 1,333 = 1,33 \%$$

Dimana :

D = Radius Tikungan Alat (m),

v = Kecepatan rencana (km/jam),

n = jumlah jalur

e_{\max} = Superelevasi maksimum (%),

f_{\max} = Koefisien gesek maksimum,

Maka berdasarkan hasil superelevasi maksimum, pengaplikasiannya di lapangan dapat dihitung dengan :

Superelevasi = lebar jalan pada tikungan \times superelevasi maks. (e)

Superelevasi = 14,4 m \times 1,33 % = 0,19 m

LAMPIRAN 10

REGULASI PEMBUATAN JALAN TAMBANG



PT. FORTINO ARTHA SEJAHTERA

REGULASI PEMBUATAN JALAN TAMBANG

Sebelum jalan didesain dan dibangun, sebuah penilaian resiko harus dilakukan dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:

- Jumlah lalu lintas yang diharapkan dan jenis kendaraan dan alat berat yang akan menggunakan jalan
- Lingkungan (yaitu bentuk wilayah, sifat sumber daya, kedalaman pit)
- Standar jalan (yaitu umur pit, dasar jalan sementara, permanen yang digunakan)
- Persyaratan pemeliharaan yang diharapkan

Setiap resiko yang diketahui berpotensi menimbulkan kecelakaan fatal harus dikendalikan sebelum desain dan pembangunan jalan diberi izin. Perubahan terhadap desain jalan dan/atau tata letak jalan harus:

- Didokumentasikan dan/atau dokumen- dokumen diperbarui.
- Dikomunikasikan kepada personil yang mungkin menghadapinya

Bahaya-bahaya jalan harus dikomunikasikan kepada personil yang mungkin menghadapinya, komunikasi tersebut harus memperhatikan:

- Pemeliharaan dan perbaikan jalan
- Perubahan jalan yang sifatnya sementara
- Keadaan darurat
- Kerusakan-kerusakan

Jalan dan persimpangan harus dibangun sesuai spesifikasi desain yang mencakup:

- Peruntukan dan umur jalan
- Perjalanan yang aman, efisien dengan kecepatan normal kendaraan
- Lebar jalan (kendaraan dapat melaluinya dengan aman dalam semua kondisi)
- Areal yang dapat digunakan untuk menepi, berbelok, berputar dan parkir kendaraan
- Jarak berhenti
- Jalan sama sekali bebas genangan
- Persyaratan pengendalian lalu lintas di persimpangan (rambu-rambu, tanggul dsb.)
- Demarkasi dan rintangan untuk pemisahan arus lalu lintas

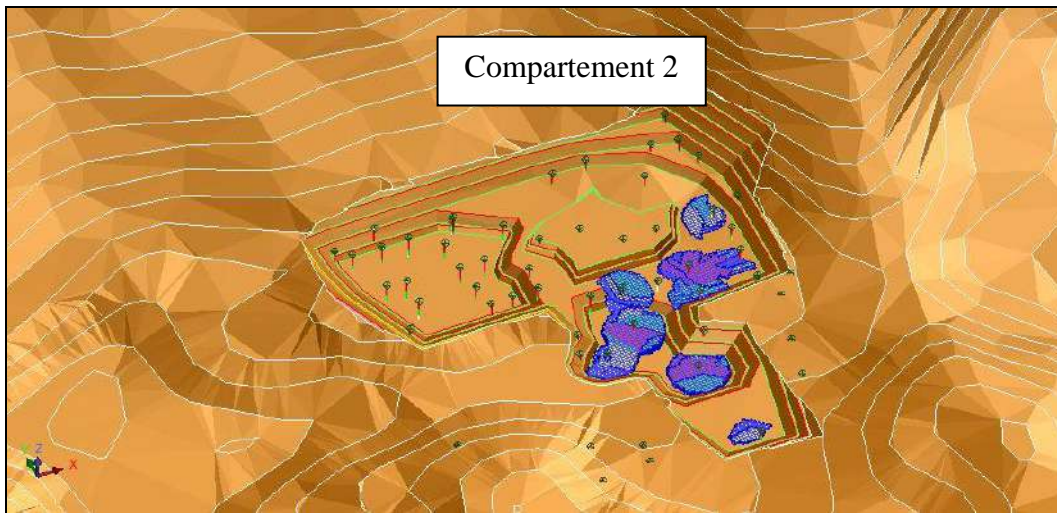
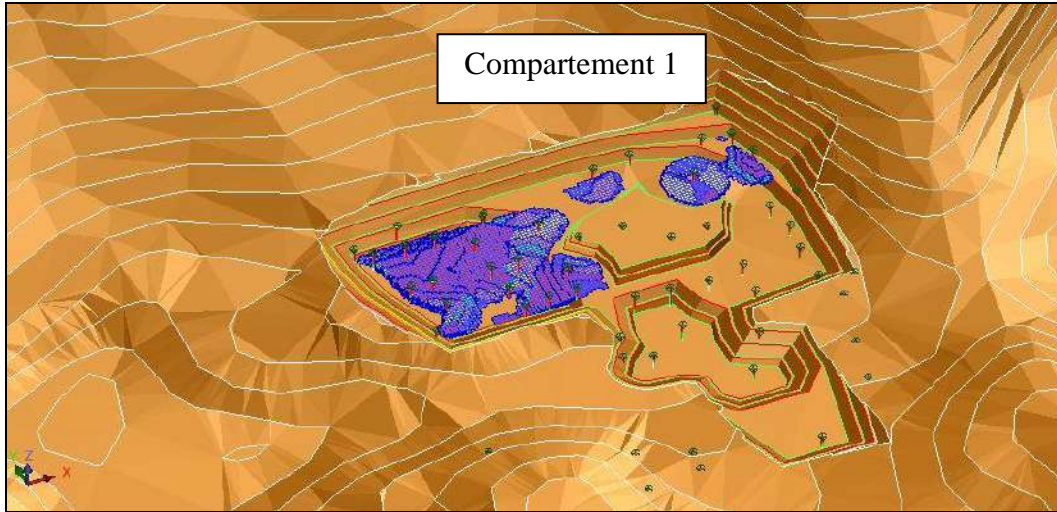
Prosedur khusus harus dibuat untuk mengendalikan bahaya-bahaya yang berhubungan dengan arus lalu lintas pada waktu:

- Pekerjaan pemeliharaan jalan dilakukan
- Alat mengalami kerusakan

**JALAN BRIGJEN M. JOENOS 155, KELURAHAN BENDE, KECAMATAN KADIA
KOTA KENDARI, PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

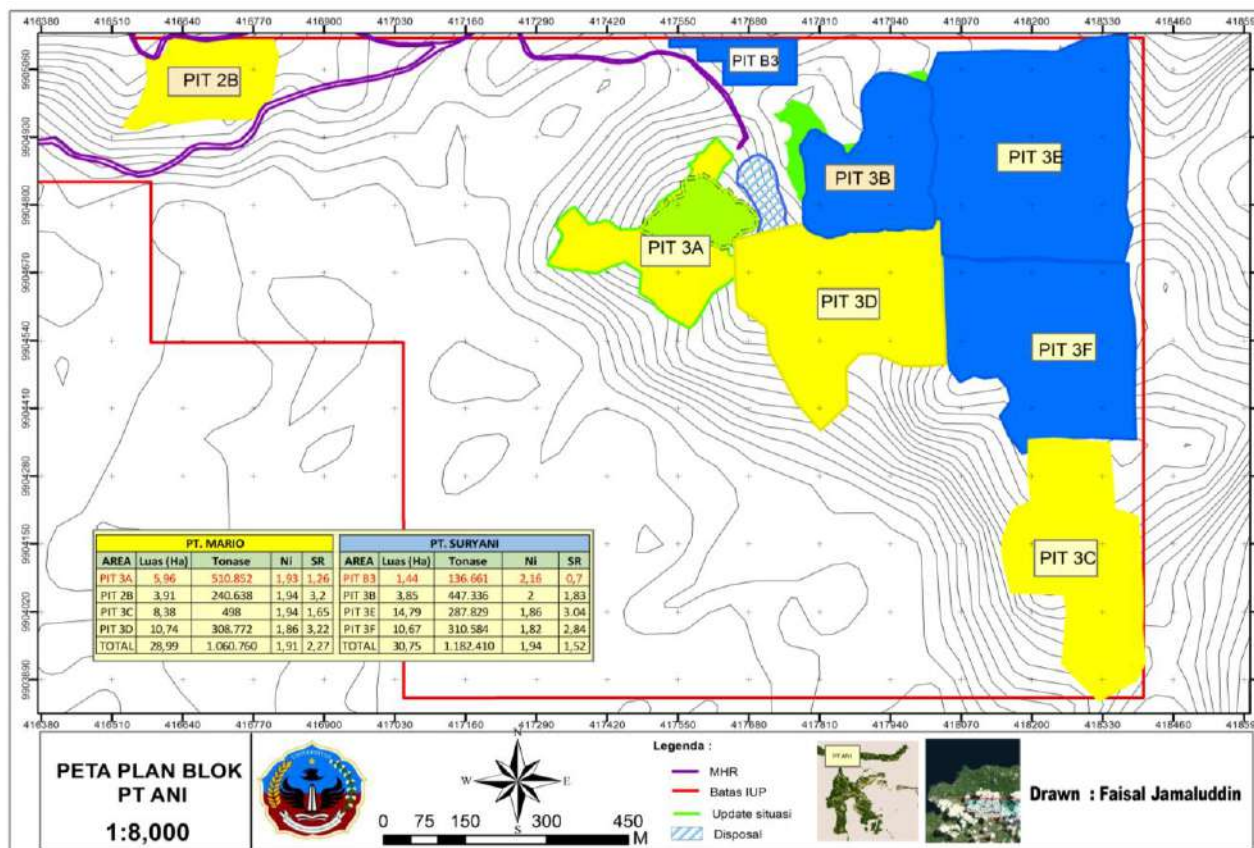
Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

JLAMPIRAN 11
SEQUENCE PENAMBANGAN PIT 3E



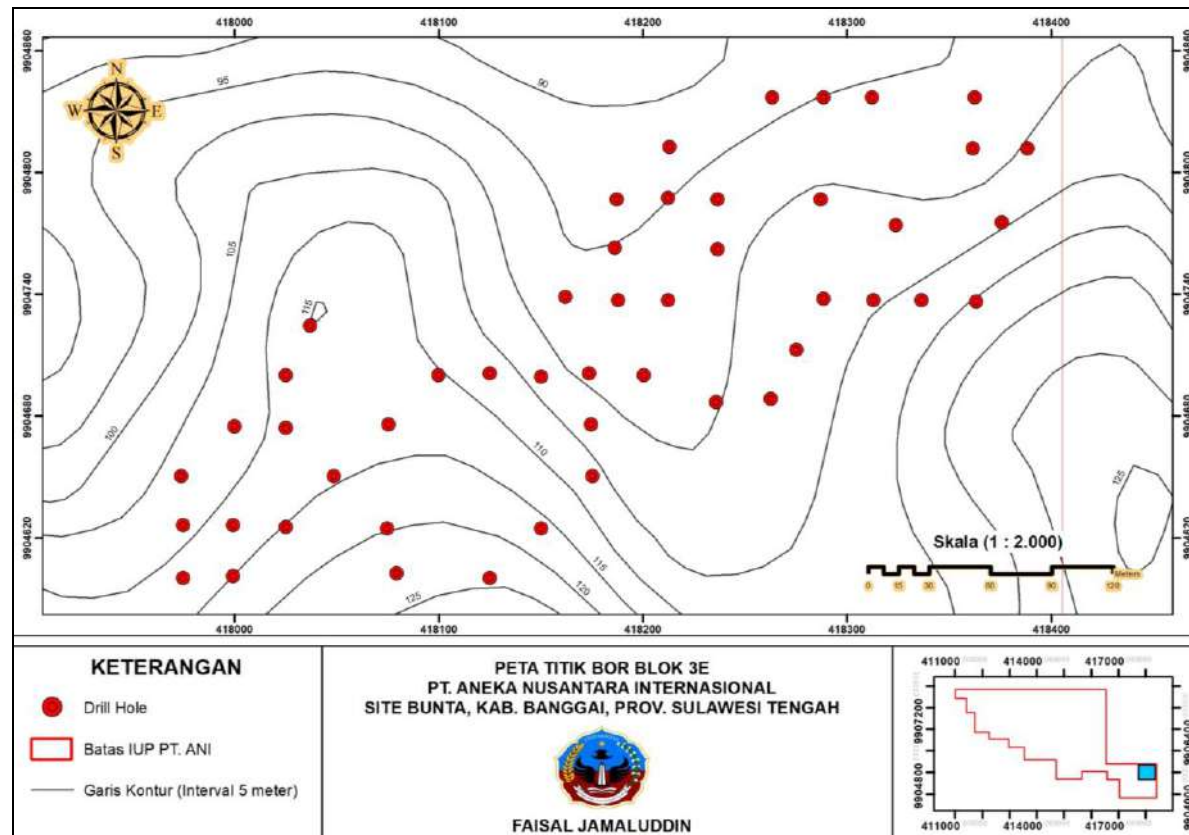
Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

LAMPIRAN 12
PETA PLAN BLOK PT. ANEKA NUSANTARA INTERNASIONAL



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

LAMPIRAN 13
PETA TITIK BOR PIT 3E PT. ANEKA NUSANTARA INTERNASIONAL



Sumber : Faisal Jamaluddin, 2022.

LAMPIRAN 14

STANDARD OPERATION PROCEDUR DRIVER DUMP TRUCK

Jenis Pekerjaan	Sebelum Operasi	Waktu Operasi	Sesudah Operasi
Driver Dump Truck	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengelilingi/melihat/memeriksa : <ul style="list-style-type: none"> - Kebocoran pelumas, BBM dan radiator - Kencangkan mur roda dan kondisi ban itu sendiri serta baut-baut lainnya - Tekanan angin dan ban dengan menggunakan pressure gauge - Propeller shaft, front axle - Hydraulic oil - Transmission oil - Kaca spion dan bracketnya - Lampu mundur/klakson 2. Pemeriksaan/pengecekan : <ul style="list-style-type: none"> - Air radiator - Ketegangan V belt - Engine oil - Battery - BBM dan buang endapan air (drain) pada tanki - Lever transmisi dalam keadaan netral - Lever PTO dalam keadaan netral - Lever Dump dalam keadaan netral 3. Penggunaan preheating chamber, bila ada (\pm 20 detik) 4. Start/hidupkan Engine dalam keadaan idle 5. Periksa : <ul style="list-style-type: none"> - Air pressure gauge - Water temperature gauge - Fuel pressure gauge - Tachno meter gauge - Ampere meter - Assp dan lampu - Kaca spion 6. Mengecek kebocoran-kebocoran yang terjadi pada engine, transmisi, hydraulic piping, air line, steering line 7. Bila gauge-gauge telah bekerja normal, bunyikan tanda hom 1 kali untuk maju atau 2 kali untuk mundur 8. Mencoba brake dan hoist 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Operasikan alat sesuai ketentuan yang berlaku dan patuhi rambu-rambu lalu lintas yang ada 2. Pnontaskan jalan pada grader yang sedang operasi 3. Parkirkan kendaraan di tempat yang telah disediakan di daerah loading, sambil menunggu aba-aba dari operator alat gali (tanda hom 1 kali berarti kendaraan boleh masuk ke loading point) 4. Setelah ada aba-aba dari operator alat gali, parkirkan kendaraan di tempat pengisian untuk diisi 5. Pengisian selesai apabila mendengar aba-aba dari operator alat gali dengan hom 1 kali panjang 6. Bunyikan hom 1 kali tanda kendaraan akan berangkat 7. Masuk ke daerah dumping area harus membunyikan hom sebagai tanda kendaraan akan masuk, selanjutnya menunggu aba-aba dari petugas pengatur dumping 8. Pada waktu Dump, posisi lever transmisi dalam keadaan netral 9. Operasikan PTO 10. Pada waktu dumping tidak boleh sekaligus, harus bertahap dan mengikuti petunjuk petugas pengatur dumping 11. Gunakan putaran engine sesuai beban/muatan sewaktu dumping 12. Turunkan vessel ke posisi semula/normal sampai tanda vessel sudah duduk dan lepaskan hubungan PTO 13. Berikan aba-aba tanda hom 1 kali untuk jalan maju 	<ol style="list-style-type: none"> 1. BBM diisi sampai penuh 2. Parkir di tempat yang rata dan diamankan 3. Engine idle \pm 5 menit 4. Engine stop 5. Masukkan gigi transmisi untuk Direct Drive (DD) 6. Netralkan gigi transmisi untuk power shift 7. Bersihkan kendaraan 8. Serahkan kunci kepada pengawas dan laporkan kondisi alat

Sumber : PT. Fortino Artha Sejahtera, 2022.

LAMPIRAN 16
RENCANA DAN REALISASI KONSTRUKSI INFRASTRUKTUR PT. ANI

NO	KEGIATAN	LOKASI	Rencana Tahun 2020		Realisasi Tahun 2020		PERSENTASE PENCAPAIAN (%)	KETERANGAN
			Kuantitas	Biaya (Rp)	Kuantitas	Biaya (Rp)		
1	Jalan							
	a. Perawatan Jalan Hauling	Jalan Hauling	144	100.000.000	144	100.000.000	100%	-
	b. Perawatan Jembatan	Jalan Hauling	1600	100.000.000	1600	100.000.000	100%	
2	Bangunan							
	a. Perawatan Laboratorium	Bunta	1	10.000.000	1	10.000.000	100%	
	b. Perawatan Mess dan Kantor	Bunta	1	10.000.000	1	10.000.000	100%	
	c. Perawatan Workshop	Bunta	1	10.000.000	1	10.000.000	100%	
	d. Pembangunan TPS Limbah B3	Bunta	1	50.000.000	1	50.000.000	100%	
	e. Pembangunan Tangki BBM (Solar)/ 40.000 liter	Bunta	1	100.000.000	1	100.000.000	100%	
3	Infrastruktur Tambang							
	a. Perawatan Jetty	Bunta	3600	100.000.000	1800	50.000.000	50%	
	b. Pembangunan sediment pond	Bunta	5	100.000.000	3	60.000.000	60%	
	TOTAL			580.000.000		490.000.000		

Sumber : PT. Aneka Nusantara Internasional, 2022.

LAMPIRAN 17
DOKUMENTASI KEGIATAN PT. ANEKA NUSANTARA INTERNASIONAL



LAMPIRAN 18
DOKUMENTASI KEGIATAN PENELITIAN

