

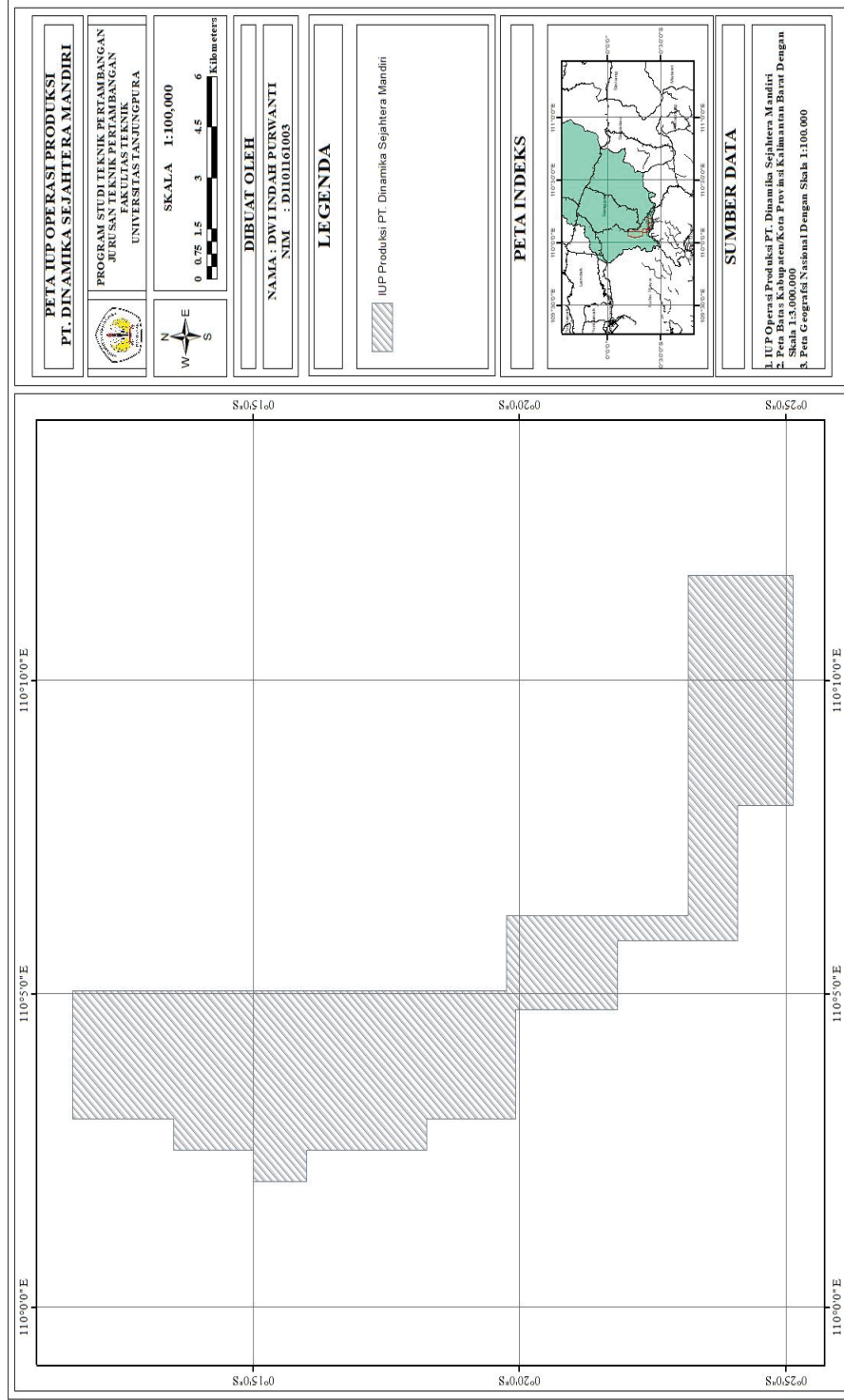
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

##### 2.1.1 Sejarah Berdirinya PT. Dinamika Sejahtera Mandiri

PT. Dinamika Sejahtera Mandiri merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang pertambangan komoditas Bauksit yang telah berdiri sejak tahun 2012. Wilayah penambangan PT. Dinamika Sejahtera Mandiri terletak di Desa Teraju, Kecamatan Toba, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat dengan Izin Usaha Pertambangan (IUP) seluas 11.310 Ha. Kemudian, pada tahun 2014 PT. Dinamika Sejahtera Mandiri berhenti beroperasi dikarenakan adanya peraturan pemerintah tentang pembangunan *smelter*, yang pada saat itu PT. Dinamika Sejahtera Mandiri belum memiliki *smelter*. Operasi penambangan dan pengolahan di PT. Dinamika Sejahtera Mandiri terhenti selama 2 tahun. Pada tahun 2017 PT. Dinamika Sejahtera Mandiri kembali memproduksi. PT. Dinamika Sejahtera Mandiri memproduksi bijih bauksit dengan target produksi 250.000 ton/bulan menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode *open cast*.



Sumber : PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, 2020

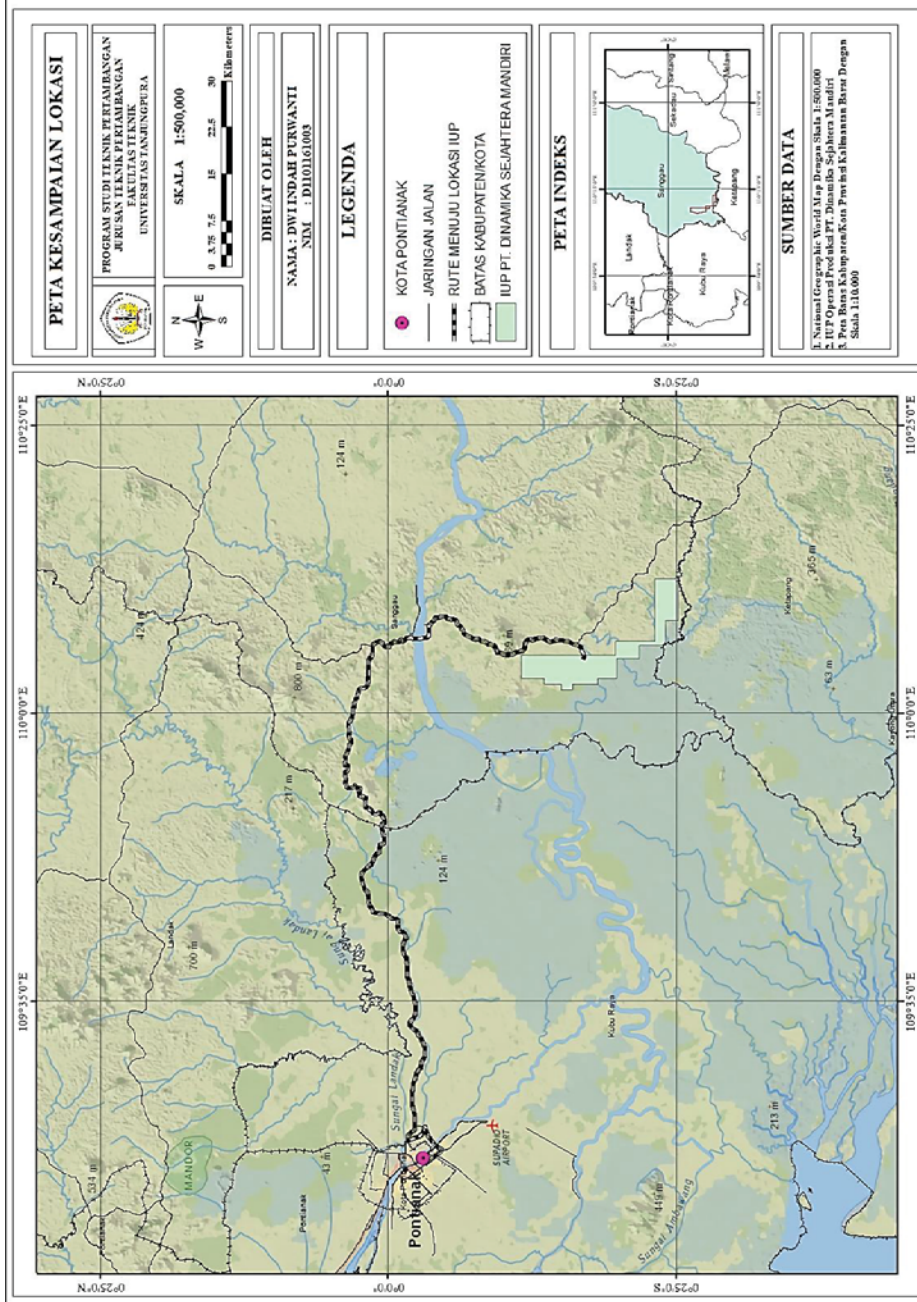
**Gambar 2.1** Peta Batas IUP PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, Tbk

### 2.1.2 Lokasi Kesampaian Daerah

Lokasi dalam pelaksanaan kerja praktik dilaksanakan di PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, Tbk yang berada di Kecamatan Toba, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat. Secara geografis PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, Tbk memiliki koordinat  $1^{\circ}\text{LU}$   $0,6^{\circ}\text{LS}$  &  $109,8^{\circ}$  -  $111,3^{\circ}$  BT. Secara administratif Kecamatan Toba memiliki batas – batas wilayah, yaitu :

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Tayan Hilir
2. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Simpang Hulu
3. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Meliau
4. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Terantang

Secara administratif daerah penelitian termasuk kedalam wilayah Kecamatan Toba, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat. Lokasi penambangan bauksit PT. Dinamika Sejahtera Mandiri dapat ditempuh dari Kota Pontianak dengan jalur darat menggunakan kendaraan roda empat maupun roda dua menuju Desa Teraju dengan waktu tempuh  $\pm$  3 jam 5 menit dengan jarak  $\pm$  150 km. Peta Kesampaian Daerah dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Sumber : PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, 2020

**Gambar 2.2** Peta Kesampaian PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, Tbk

### 2.1.3 Geologi Regional

Informasi mengenai geologi daerah inventarisasi diperoleh dari publikasi Peta Geologi Lembar Pontianak (Nangataman), Kalimantan, skala 1 : 250.000 (lihat gambar 2.3), terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung (Supriatna, S.dkk, 1993).

Geologi Pegunungan Schwanner Kalimantan dimulai dari batuan metamorf (PZM) dan granit terdaunkan yang merupakan konstituen alas Kerak Benua. Batuan metamorfik Pinoh (PZM) adalah batuan metamorf di Kalimantan yang berumur Permo Karbon yang terdiri dari sekis mika, sekis kuarsa mika, filit, filit kuarsa, sabak, homfels kuarsa. Secara lokal pada batuan sabak, filit, sekis mengandung porfiroblast andalusit, garnet dan agregat silimanit. Di Kalimantan bagian barat laut, batuan ini diintrusi oleh granit biotit yang berumur Perm - Trias Akhir (201 - 320 juta tahun), sedang di Pegunungan Schwanner batuan metamorf tersebut diintrusi oleh tonalit/granitoid berumur Kapur Awal (tonalit Sepauk) dan batuan vulkanik kapur Akhir - Tersier Awal (granit Sukadana). Magma tonalit bersifat alkali dan kejadiannya diidentifikasi sebagai "*igneous proces*". Intrusi granit Sukadana yang terjadi pada Kapur Akhir (91 - 80 juta tahun) terdiri dari granit monzonit, syenogranit dan alkali granit.

#### 2.1.4 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penambangan dan pengelolaan hasil tambang bijih bauksit ditunjukkan pada lembar peta geologi Pontianak NangaTaman terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), Departemen ESDM. Pada penampang stratigrafi Peta Geologi Lokal diketahui urutan batuan dari yang paling muda sampai yang paling tua adalah sebagai berikut.

- Endapan Aluvial (Qa), endapan dataran alluvial secara fisik berupa endapan lumpur, pasir, kerakal dan sisa-sisa tumbuhan yang terbentuk pada umur Kuartar. Satuan ini memiliki hubungan tidak selaras dengan batuan yang lebih tua.
- Endapan Talus (Qs), satuan ini terdiri dari endapan lepas seperti kerikil dan pasir. Dengan ketebalan <10 m satuan ini berada di tepi selatan Lembar Pontianak/Nangataman. Endapan Kuartar ini menutupi Satuan Gunungapi Kerabai dan Batuan Terobosan Sintang.
- Batuan Terobosan Sintang (Toms), satuan ini menerobos Batuan Gunung api Kerabai. Litologi dari satuan tersebut adalah dasit porfiritic dan andesit, fenokris terdiri dari : plagioklas (oligoklas), K-feldspar dan biotit, masadasar mikrokristalin-berbutir sangat halus, terdiri dari feldspar, klorit dan kuarsa, inklusi bagian-bagian batuan subvolkanik. Satuan ini diperkirakan berumur Miosen awal
- Batuan Pasir Sekayam (Tos), satuan batu pasir ini penyebarannya berada di bagian atas Kelompok Melawi. Hubungan antara batu pasir Sekayam dengan Formasi Tebidah adalah adanya ketidakselarasan semu. Kemudian diterobos oleh Batuan Terobosan Sintang di Nanga pinoh dan Sanggau. Satuan yang merupakan Cekungan Melawi ini endapannya menerus hingga Oligosen Awal.
- Formasi Tebidah (Tot), formasi ini mempunyai ketebalan hingga 500 m yang penyebarannya berada di timur laut. Formasi ini tidak selaras di atas Batuan Malihan Pinoh, Tonalit Sepauk, Ganit Laur dan Gabro Biwa. Mempunyai hubungan selaras semu di bawah Batu pasir Sekayam dan diterobos oleh Terobosan Sintang di Nangapinoh dan Sanggau. Lingkungan pengendapannya yaitu alluvium sampai litoral, kemungkinan delta dan lagun. Daerah sumber

mungkin mempunyai jalur orogen ke utara (rijang, gunungapi, dan kepingan batuan sedimen) dan terangkat pada alas kristalin ke selatan (kepingan batuan malihan dan granit, serta feldspar).

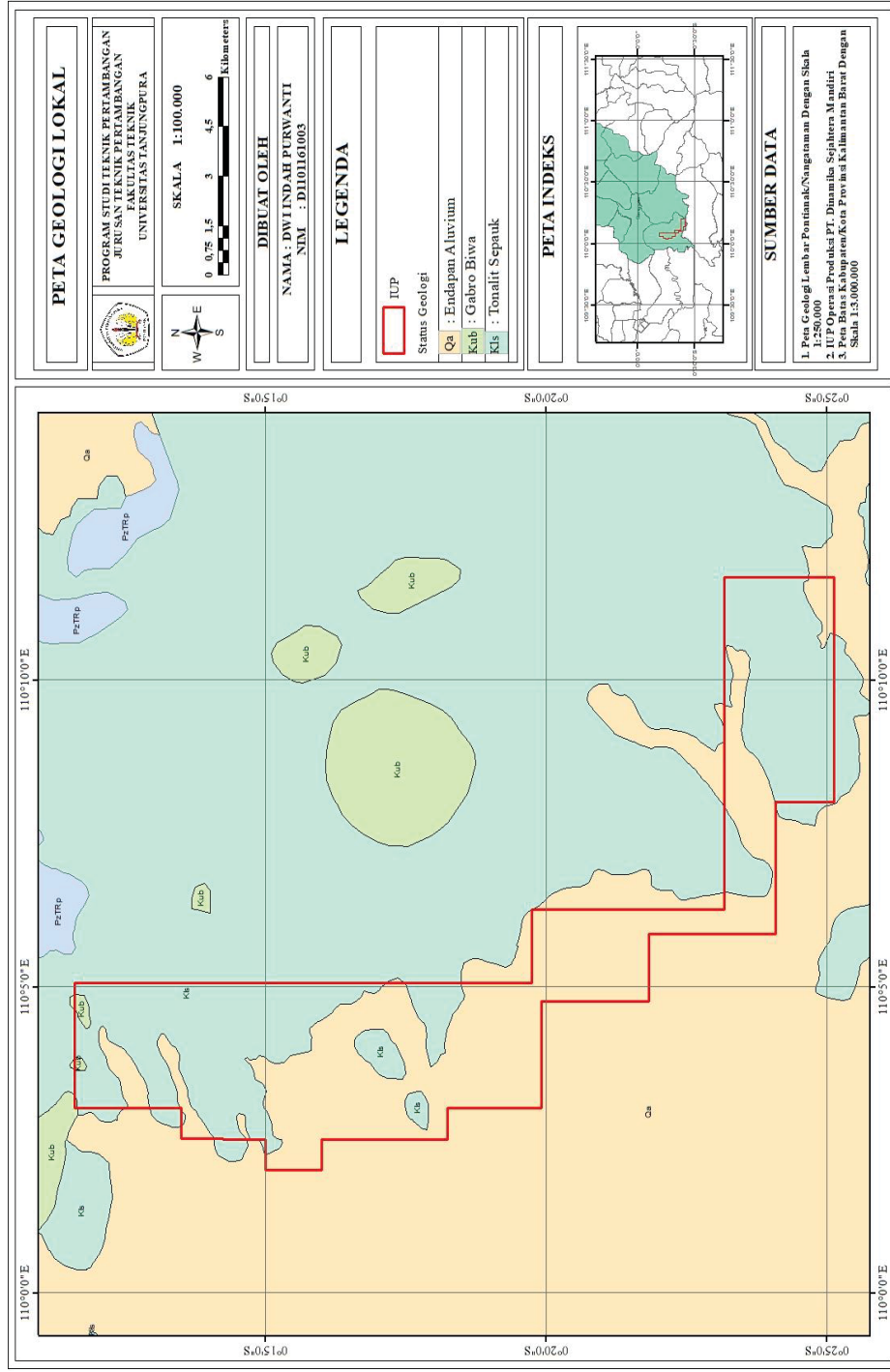
- Batuan Gunung api Kerabai (Kuk), satuan ini mempunyai tebal kurang lebih mencapai 500 m dan penyebarannya meliputi di bagian tenggara hingga selatan bagian tengah dan di sepanjang Teluk Nuri dan Selat Padangtikar. Batuan Gunung api Kerabai ini tidak selaras di atas Granit Laur, Malihan Pinoh dan kemungkinan Tonalit Sepauk, menindih serta menjemari terhadap satuan Batu pasir Kempari. Dengan Granit Sukadana dihubungkan dengan kontak akibat adanya sesar dan stratigrafi. Satuan ini diterobos oleh Terobosan Sintang.
- Batupasir Kempari (Kuke), berumur Kapur Atas bagian tengah Satuan ini terdiri dari Arenit Kuarsa Kerikilan.
- Granit Sukadana (Kus), satuan ini menerobos Tonalit Sepauk, dalam kontak sesar dengan Granit Laur dan Batu pasir Kempari, satuan ini juga bersentuhan dengan Batuan Gunung api Kerabai baik secara terobosan maupun stratigrafi dan setempat dikontrol sesar, terobosannya berupa retas paling tidak sebagian sebagai bukti hubungannya dengan Batuan Gunung api Kerabai, kemungkinan besar comagmatik. Umur isotop (K-Ar, Rb-Sr dan U-Pb pada zircon) dimana semua contoh berasal dari Ketapang dan Kendawangan menunjukkan Kapur Akhir.
- Gabro Biwa (Kub), Satuan ini terdiri dari Gabro dan sedikit diorit yang memiliki ciri berbutir halus - kasar. Singkapan-singkapan dari satuan ini tersebar di sabuk searah barat laut antara bagian utara dan timur tengah dari Lembar. Satuan ini menerobos Tonalit Sepauk dan ditutupi oleh Formasi Tebidah. Satuan ini terletak di bawah dan kemungkinan menjemari dengan Batuan Gunung api Kerabai dan terletak di atas Granit Laur. Kontak satuan ini dengan Granit Sukadana berupa sesar. Secara tentatif satuan ini disamakan dengan batuan-batuan Komplek Ketapang berumur Albian Akhir.
- Formasi Granit Laur (Kll), Litologi terdiri dari : granodiorit, granit, tonalit ; sedikit diorite kuarsa, diorite Batuan ini sering terdapat ubahan dan terdeformasi. Umur K-Ar 116,120,128 juta tahun atau berumur Kapur. Granodiorit



hornblende-biotit : leukokratik sampai mesokratik, berbutir sedang, sama butir, berkisar antara diorite kuarsa dan tonalit. Diorite kuarsa ; berbutir halus sampai menengah, hornblende dengan sedikit augit dan piroksen orto. Granit biotit ; warna merah jambu, terah, batuan berkisar dari adamelit, nampaknya merupakan rangkaian termuda. Batuan ini ditindih secara tidak selaras oleh kelompok batupasir (Tola). Menerobos Formasi Sungai Betung (Jls) dan Batuan dari komplek Emboi (Pre) dan diterobos oleh Gunungapi serian (Ruse).

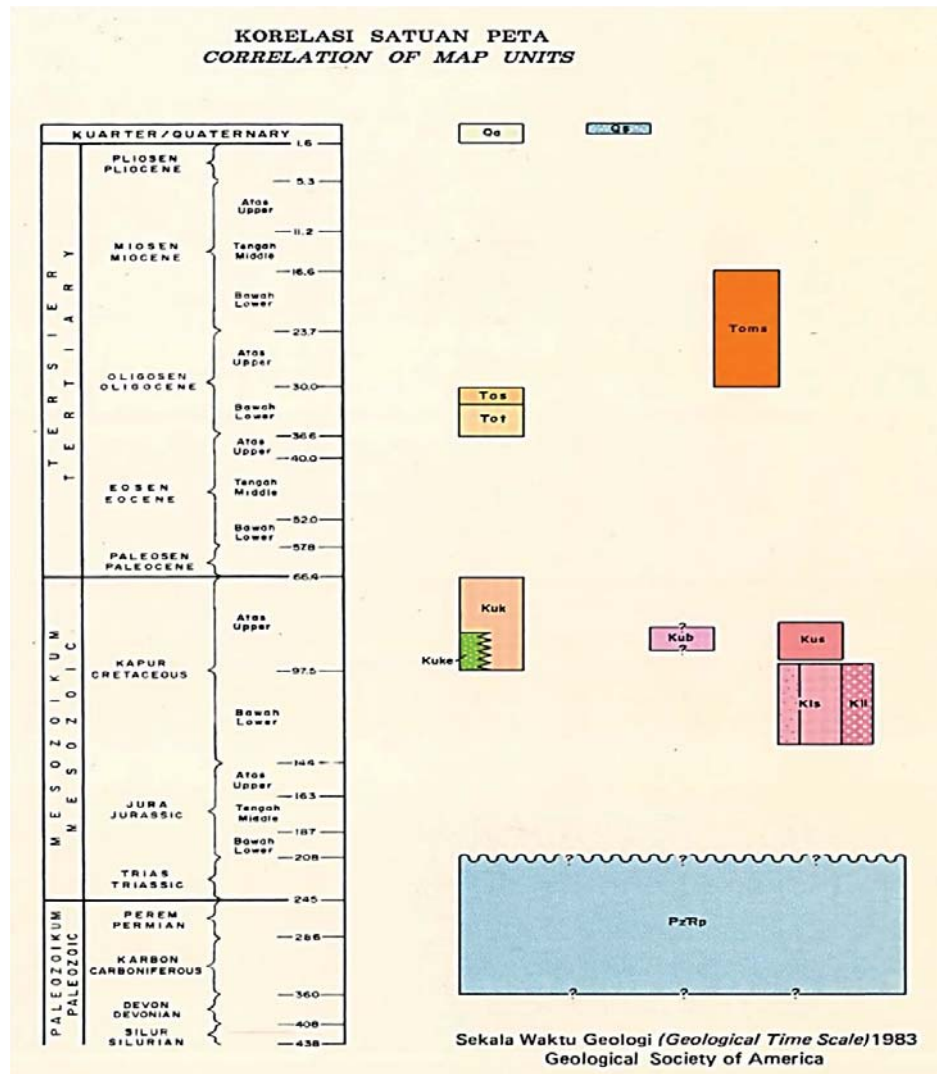
- Tonalit Sepauk (Kls), satuan ini menerobos Batuan Pinoh, kontakannya terhadap Granit Laur berangsur dan setempat tersesarkan. Diterobos oleh Granit Sukadana, Gabro Biwa, dan retas Gunung api Kerabai dan ditutupi oleh batu Gunung api Kerabai dan Formasi Tebidah. Granit lajur menengah dengan beberapa bukti magma “*stopping*” kemungkinan ada tiga mekanisme formasi granit; “*unrestite mixing, magma mixing dan fractionation*”. Lingkungan tektonik busur magmatis tepi kontinen membentuk lajur hunjaman dengan kemiringannya ke arah selatan.
- Batuan Malihan Pinoh (PzTRp), penyebaran satuan batuan ini tersingkap tidak menerus dari Tumbang hiram melalui Nanga pinoh ke utara tengah Nanga taman dan setempat di perbukitan hingga pegunungan sepanjang bagian utara selatan daripada S. Kapuas. Satuan ini kebanyakan terdiri dari selang-seling, setempat gampingan metapelit dan metasamit berukuran halus, kaya akan kuarsa dan jarang terdapat sisipan menengah sampai mafik metavulkanik. Batuan-batuan ini secara regional telah termalihkan, terdeformasi kuat, dan kemudian termalihkan secara termal. Adanya sisa-sisa staurolite dan garnet secara bersamaan dengan upatan kuat dan bidang sumbu belahannya menunjukkan tekanan menengah dan temperaturnya rendah – sedang kondisinya adalah tipe malihan regional dan deformasi.





Sumber : PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, 2020

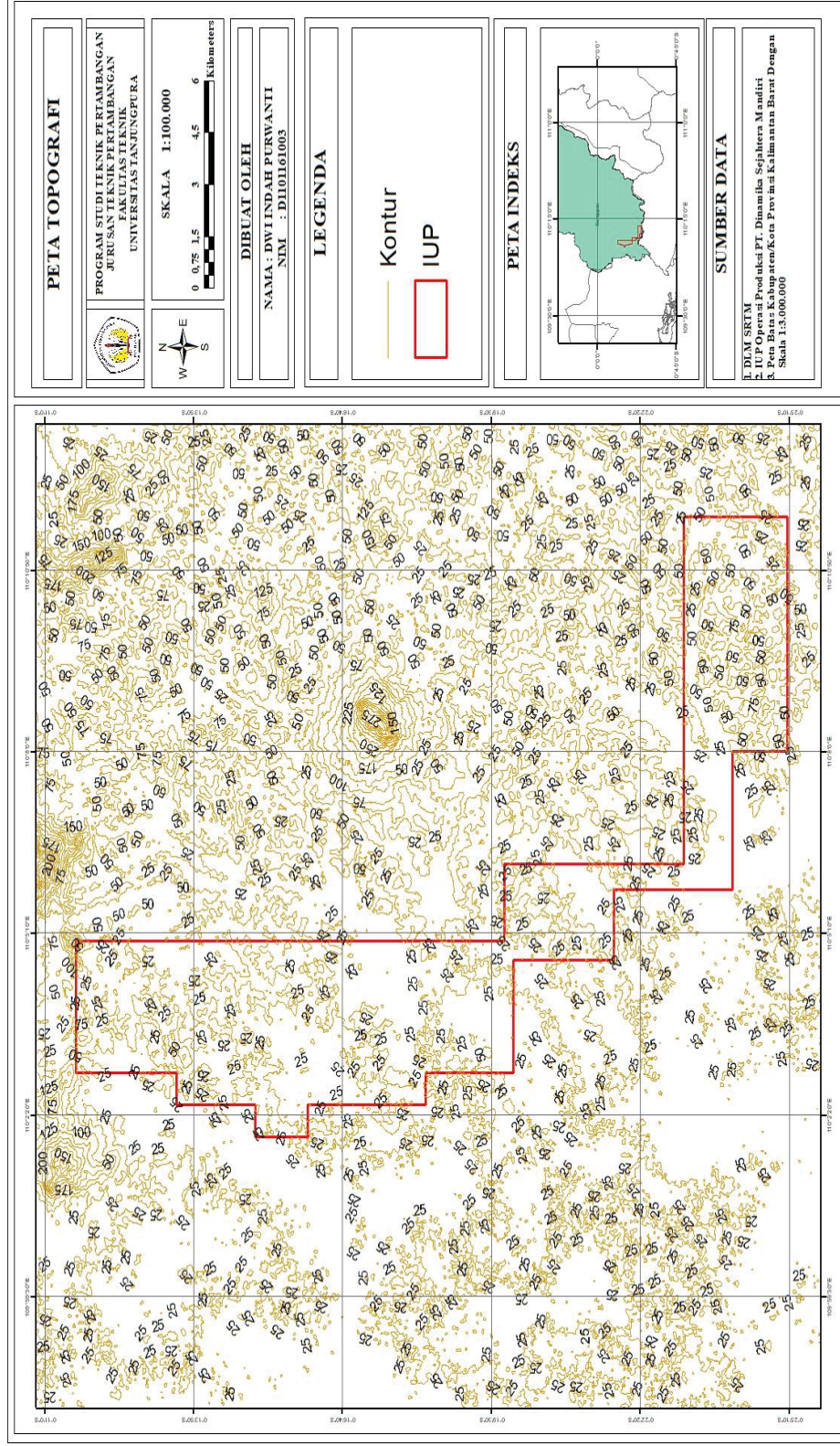
**Gambar 2.3** Peta Geologi PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, Tbk



Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1983

**Gambar 2.4** Korelasi Satuan Peta Geologi Lembar Pontianak/Nangataman, Kalimantan Barat

Lokasi kegiatan penelitian yang bertempat di PT. Dinamika Sejahtera Mandiri sendiri berada diketinggian antara 0 – 400 mdpl. Pada lokasi IUP di PT. Dinamika Sejahtera Mandiri sendiri memiliki kontur yang tergolong landai. Lokasi kontur dengan karakteristik rapat berada berada pada bagian timur, selatan, barat laut, utara dan juga timur laut. PT. Dinamika Sejahtera Mandiri berada pada dataran rendah. Peta topografi dan morfologi lokasi penelitian dapat di lihat pada Gambar 2.5.



Sumber : PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, 2020

**Gambar 2.5** Peta Topografi Pada IUP PT. Dinamika Sejahtera Mandiri, Tbk





## 2.2 Tinjauan Pustaka

### 2.2.1 Pengertian Umum Bauksit

Istilah bauksit (*bauxite*) pertama kali dikenalkan pada tahun 1921 oleh Berthier, untuk batuan sedimen yang kaya akan alumina di wilayah Les Baux – Perancis Selatan (dalam Valetton, 1972). Selanjutnya istilah bauksit dipakai untuk penamaan hasil pelapukan batuan yang heterogen mengandung alumina ( $Al_2O_3$ ) relatif tinggi, kadar Fe rendah, sedikit atau tidak mengandung silika. Bijih bauksit adalah bagian dari endapan bauksit yang memiliki nilai ekonomi saat ditambang. Murray (2003), Plunkert (2004) dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral (2005), menyebutkan bahwa bauksit adalah batuan atau bahan yang terdiri dari mineral utama hydrous aluminium oxide: Gibbsite ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ), Boehmit ( $Al_2O_3 \cdot H_2O$ ), dan Diasphore ( $Al_2O_3 \cdot H_2O$ ) dengan pengotor mineral lempung dan oksida besi. Beberapa klasifikasi bauksit disusun berdasarkan atas komposisi mineralnya, antara lain:

- a. Bauksit *trihydrate*, dengan komposisi mineral gibbsite.
- b. Bauksit *monohydrate*, dengan komposisi mineral boehmit dan diasphore.

Sebagian besar bauksit diolah menjadi alumina untuk mendapatkan beberapa kategori hasil antara (*intermediate product*) seperti: *chemical grade alumina* dan *smelter grade alumina*. Penggunaan lainnya adalah untuk bata tahan api, penggosok/ampelas dan bahan dasar penjernih air (aluminium sulfat). Aspek geologi bauksit khususnya yang terdapat di Kalimantan Barat untuk pertama kalinya dibahas oleh Gunawan and Valk (1972), menyebutkan aspek geologi terutama batuan asal, morfologi dan tektonik berpengaruh terhadap endapan bauksit yang terbentuk. Penyebaran batuan dan lingkungan geologi yang memenuhi persyaratan tersebut di atas cukup banyak di Indonesia, baik di wilayah Paparan Sunda maupun daerah lainnya, namun laporan dari hasil penelitian terdahulu menyebutkan penyebaran endapan bauksit ditemukan di sekitar busur laterit sebagaimana telah disebutkan di atas. Endapan bauksit yang terdapat di daerah IUP sebagian besar berupa bauksit silika tinggi yang dicirikan oleh kenampakan warna coklat kekuningan, rapuh. Di beberapa tempat komposisi kadar oksida besi juga

cukup tinggi sebagaimana dicirikan oleh kenampakan warna coklat kehitaman pada konkresi bauksitnya.

### 2.2.2 Fungsi Jalan Tambang

Jalan pertambangan adalah jalan khusus yang diperuntukan untuk kegiatan pertambangan dan berada di area pertambangan atau area proyek yang terdiri atas jalan penunjang dan jalan tambang. (Kepmen ESDM Nomor 1827 K 2018)

Jalan tambang/produksi adalah 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 pertambangan. (Kepmen ESDM Nomor 1827 K 2018)

Jalan penunjang adalah jalan yang disediakan untuk jalan transportasi barang/orang di dalam suatu area pertambangan dan/atau area proyek untuk mendukung operasi pertambangan atau penyediaan fasilitas pertambangan.

Jalan masuk adalah jalan untuk memasuki area tambang permukaan dan tambang bawah tanah. (Kepmen ESDM Nomor 1827 K 2018)

Fungsi utama jalan angkut secara umum adalah untuk menunjang kelancaran operasi pertambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Medan berat yang mungkin terdapat di sepanjang rute jalan tambang harus diatasi dengan mengubah geometri jalan untuk meningkatkan aspek manfaat dan keselamatan kerja. (Suwandhi, 2004)

### 2.2.3 Geometri Jalan

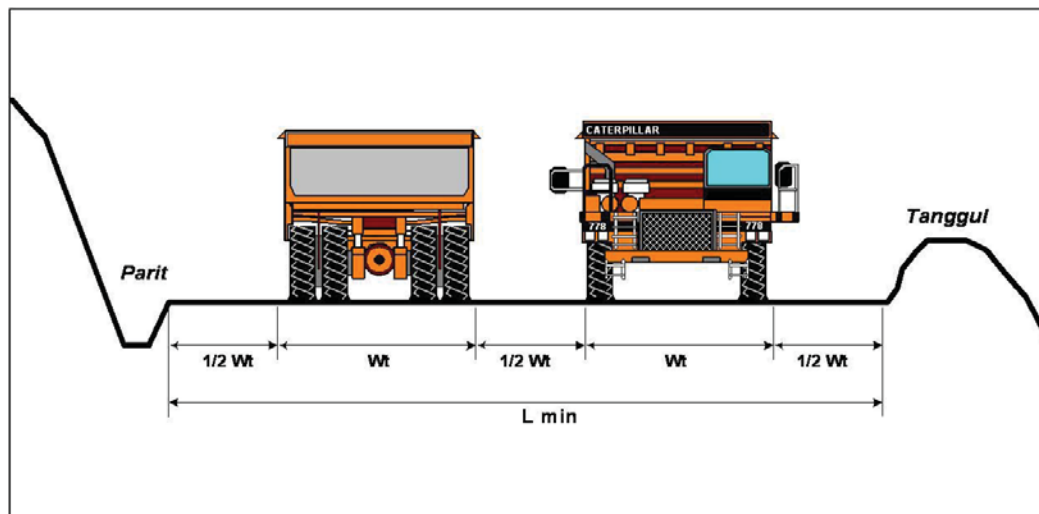
Ada beberapa parameter dalam rancangan teknis jalan tambang yaitu konstruksi jalan tambang dan geometri jalan tambang. Dalam suatu rancangan jalan tambang baik konstruksi maupun geometri disesuaikan dengan kapasitas (berat dan daya) alat angkut yang akan digunakan. Lebar jalan dipengaruhi jumlah jalur dan lebar alat angkut yang digunakan, rancangan tikungan dipengaruhi oleh sifat membelok alat angkut sedangkan kelandaian jalan (*grade*) akan dipengaruhi oleh daya alat angkut itu sendiri. Dengan rancangan teknis jalan tambang yang sesuai dengan karakteristik alat angkut, maka diharapkan fungsi dan umur jalan dapat

maksimum. Selain dari kapasitas alat yang bervariasi, kecepatan alat angkut juga mempunyai pengaruh didalam rancangan teknis yaitu pada tikungan dan jarak pandang. Kecepatan rencana yang dipilih merupakan kecepatan tertinggi dimana alat angkut dapat berjalan dengan aman (Suwandhi, 2004).

### 2.2.3.1 Lebar Jalan Tambang

#### a. Lebar Jalan Lurus

Untuk menentukan lebar jalan minimum yang dipakai sebagai jalur ganda atau lebih pada jalur lurus, di tepi kiri dan tepi kanan jalan harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut.



Sumber : Suwandi,2004

**Gambar 2.7** Lebar Minimum Jalan Tambang

Untuk menghitung lebar jalan tambang pada jalur lurus dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L(N)=n (Wt)+ \{(n+1) \times (1/2 Wt)\} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$L(N)$  = Lebar jalan tambang minimum (m).

$n$  = Jumlah jalur.

$Wt$  = Lebar alat angkut (m).



**Tabel 2.1** Lebar Jalan Tambang Minimum

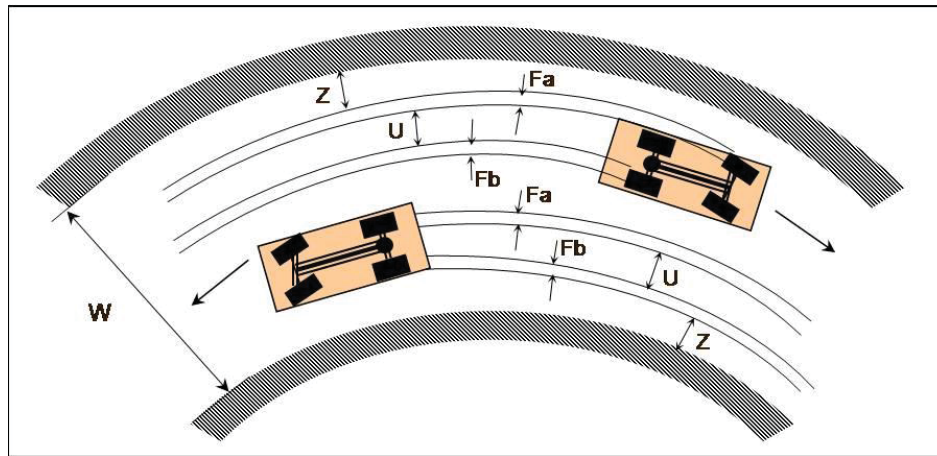
<b>Jumlah Jalur</b>	<b>Rumus</b>	<b>Lebar Jalan Tambang Minimal</b>
1	$1+(2 \times 1/2)$	2,00 Wt
2	$2+(3 \times 1/2)$	3,50 Wt
3	$3+(4 \times 1/2)$	5,00 Wt
4	$4+(5 \times 1/2)$	6,50 Wt

Sumber :Suwandhi, 2004

b. Lebar Jalan Tikungan

Penentuan lebar jalan pada tikungan didasarkan pada lebar lintasan alat angkut yaitu lebar tonjolan kendaraan bagian depan dan bagian belakang pada saat membelok. Lebar jalan tambang pada belokan selalu lebih besar dari pada lebar jalan lurus. Untuk jalur ganda maka lebar minimum pada tikungan didasarkan atas :

- Lebar jejak ban
- Lebar jantai (tonjolan)
- Jarak antara alat angkut pada saat bersimpangan
- Jarak dari kedua tepi jalan



Sumber : Suwandi,2004

**Gambar 2. 8** Lebar Jalan Tambang Pada Tikungan

Untuk menghitung lebar jalan tambang pada tikungan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L_t = 2 ( U + F_a + F_b + Z ) + C \quad (2.2)$$

$$Z = ( U + F_a + F_b ) / 2 \quad (2.3)$$

Keterangan :

$L_t$  = Lebar jalan angkut pada tikungan (m).

$U$  = Jarak jejak roda (m).

$F_a$  = Lebar jantai depan (m).

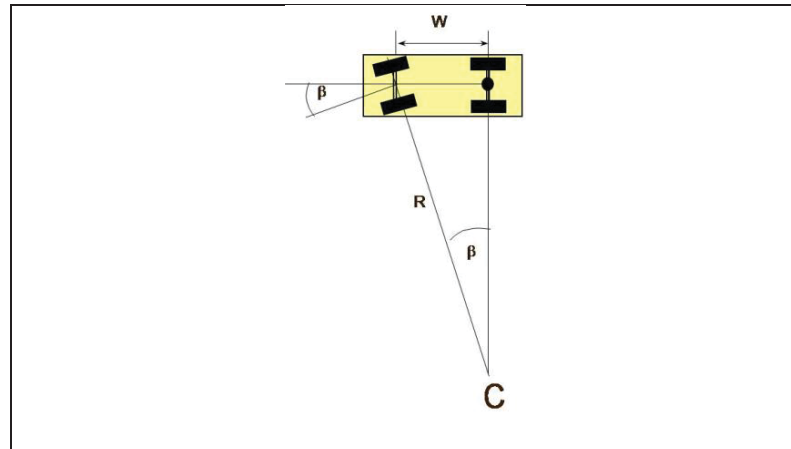
$F_b$  = Lebar jantai belakang (m).

$C$  = Jarak antara alat angkut saat bersimpangan (m).

$Z$  = Lebar bagian tepi jalan (m).

### 2.2.3.2 Jari-Jari Tikungan

Jari-jari tikungan jalan tambang berhubungan dengan konstruksi alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang.



Sumber : Suwandhi, 2004

**Gambar 2.9** Jari-Jari Minimum Jalan Tambang

Dengan demikian jari-jari belokan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R = W / \sin \beta \quad (2.4)$$

Keterangan :

R = jari - jari belokan jalan tambang (m).

W = jarak poros roda depan dan belakang (m).

$\beta$  = sudut penyimpangan roda depan.

Namun, rumus di atas merupakan perhitungan matematis untuk mendapatkan lengkungan belokan jalan tanpa mempertimbangkan faktor- faktor kecepatan alat angkut, gesekan roda ban dengan permukaan jalan dan superelevasi. Bila dipertimbangkan, maka rumusnya menjadi (Kaufman, 1977):

$$R = V^2 / \{ 127 (e+f) \} \quad (2.5)$$

Keterangan:

R = Jari-jari tikungan (m).

V = Kecepatan rencana kendaraan (Km/jam).

e = Nilai superelevasi.

f = *Friction factor*.

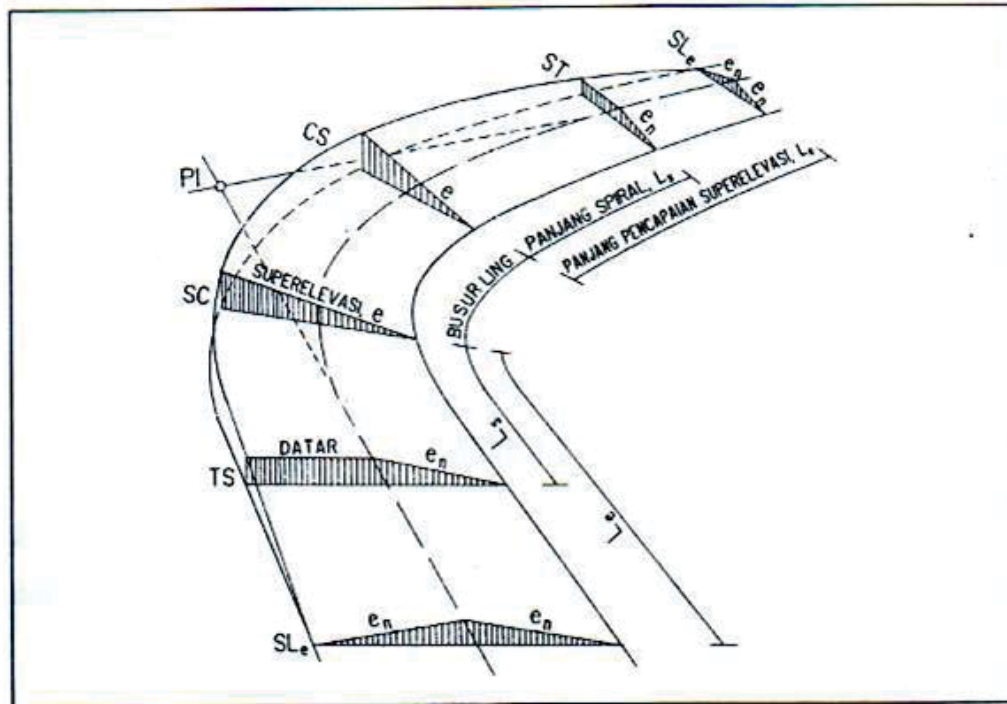
**Tabel 2.2** Jari-Jari Tikungan Minimal

<b>V<sub>R</sub></b> <b>(km/jam)</b>	120	100	90	80	60	50	40	30	20
<b>R<sub>min</sub> (m)</b>	600	370	280	210	113	77	48	27	13

Sumber: Suwandhi, 2004

### 2.2.3.3 Superelevasi

Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan bagian dalam karena perbedaan ketinggian. Superelevasi berhubungan erat dengan jari- jari belokan, kecepatan kendaraan dan perubahan kecepatan. Hal tersebut bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi kendaraan tegelincir keluar jalur (Suwandhi, 2004).



Sumber : Kaufman, 1997

**Gambar 2.10** Superelevasi

Untuk menghitung besar nilai superelevasi, dapat menggunakan perhitungan berikut (Kaufman, 1977) :

$$e + f = V^2 / (127 R) \quad (2.6)$$

Keterangan :

- e = Angka superelevasi.
- f = Faktor gesekan (*friction factor*).
- V = Kecepatan rencana kendaraan (Km/jam).
- R = Jari-jari tikungan (m).

Tikungan dengan superelevasi akan berbahaya saat permukaan jalan licin. Kendaraan dapat meluncur ke tepi jalan yang lebih rendah apabila tidak mempertahankan kecepatan yang tepat. Karena alasan ini, superelevasi lebih dari 10% tidak boleh digunakan. (Tannant, 2001)

**Tabel 2.3** Nilai Superelevasi Yang Diizinkan

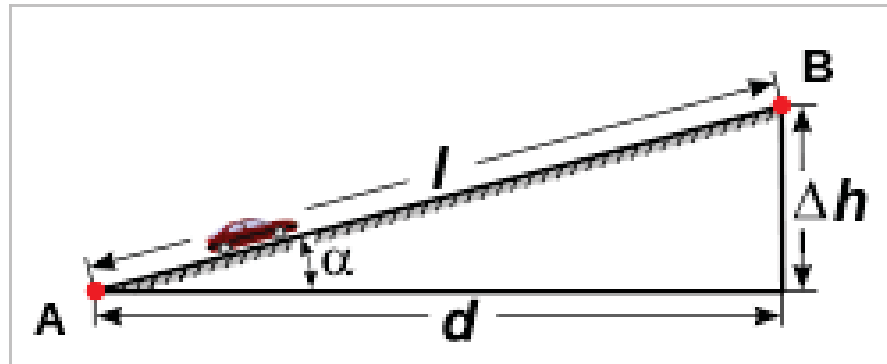
Jari-Jari Tikungan (ft)	Kecepatan Kendaraan (mph)					
	10	15	20	25	30	35 atau lebih
50	0,04	0,04				
100	0,04	0,04	0,04			
150	0,04	0,04	0,04	0,05		
250	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
300	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06
600	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
1000	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Sumber : Kaufman,1977

#### 2.2.3.4 Kemiringan Jalan (*Grade*)

Kemiringan jalan tambang dapat berupa jalan menanjak ataupun jalan menurun, yang disebabkan perbedaan ketinggian pada jalur jalan. Kemiringan jalan berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dalam pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemampuan dalam mengatasi tanjakan untuk setiap alat angkut tidak sama, tergantung pada jenis alat angkut ini sendiri. (Hartono, 2005)

Kemiringan suatu jalan biasanya diaktualkan dalam persentase, dimana kemiringan 1% merupakan kemiringan permukaan menanjak atau menurun satu meter secara vertical dalam jarak horizontal 100 meter. (Kaufman, 1977)



Sumber : Suwandi,2004

**Gambar 2.11** Kemiringan jalan

$$\text{Grade } (\alpha) = \Delta h/d \times 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan :

$\Delta h$  = Beda tinggi antara dua titik yang diukur (m).

$d$  = Jarak datar antara dua titik yang diukur (m).

Kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut *truck* berkisar antara 10% – 15% atau sekitar  $6^\circ - 8,50^\circ$ . Akan tetapi untuk jalan naik atau turun pada lereng bukit lebih aman bila kemiringan jalan maksimum sekitar 8% ( $4,50^\circ$ ). Tabel 2.4 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.

**Tabel 2.4** Kemiringan Maksimum Vs Kecepatan

$V_R$ (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	< 40
<b>Kemiringan maks (%)</b>	3	3	4	5	8	9	10	10

Sumber: Suwandhi, 2004

Pada jalan mendaki juga diperlukan adanya panjang kemiringan (kelandaian) kritis, yaitu suatu jarak maksimum agar pengurangan kecepatan



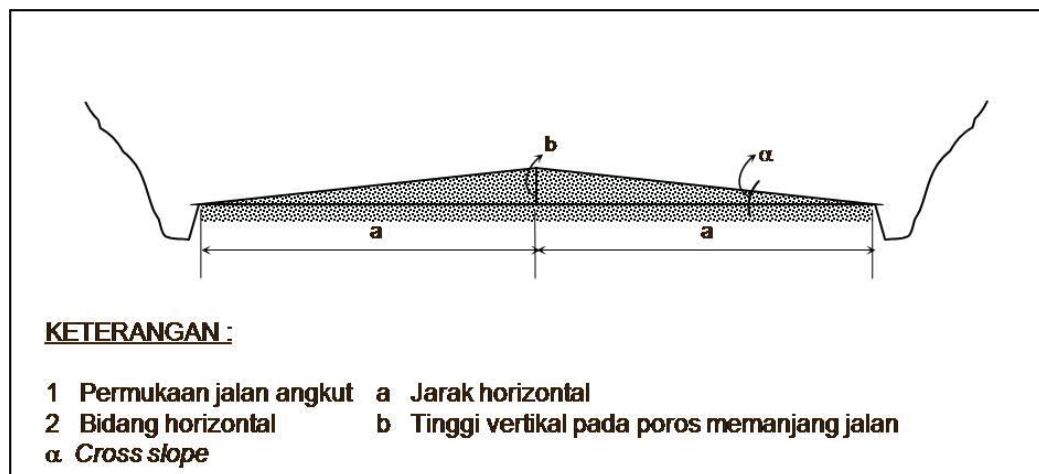
kendaraan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan pada jarak kritis tidak lebih dari 1 menit.

**Tabel 2.5** Jarak Miring Kritis (M)

Kecepatan pada awal tanjakan	Kemiringan (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80 km/jam	630	460	360	270	230	230	200
60 km/jam	320	210	160	120	110	90	80

Sumber: Suwandhi, 2004

### 2.2.3.5 Cross Slope



Sumber: Suwandhi, 2004

**Gambar 2.12** Cross Slope

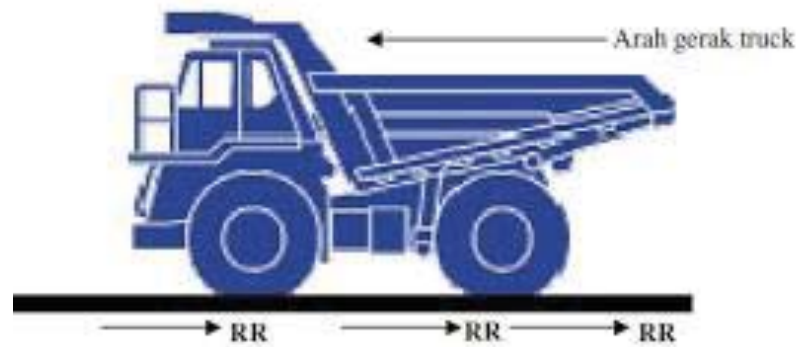
*Cross slope* adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pada umumnya jalan tambang mempunyai bentuk penampang melintang cembun. Dibuat demikian dengan tujuan untuk memperlancar penyaliran. Apabila turun hujan atau sebab lain, maka air yang ada pada permukaan 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 kerusakan jalan. Angka *cross slope* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal (b) dan horizontal (a) dengan satuan mm/m atau m/m.

Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* antara 1/50 sampai 1/25 atau 20 mm/m sampai 40 mm/m. (Suwandhi, 2004)

## 2.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Dump Truck

### 2.2.4.1 Rolling Resistance

Tahanan gulir / tahanan gelincir (*rolling resistance*, biasa disingkat RR) merupakan segala gaya-gaya luar yang berlawanan arah atau tahanan yang berusaha menahan putaran roda dan arah gerak kendaraan di atas suatu jalur. Bagian yang mengalami RR secara langsung adalah ban kendaraan.



Sumber : Peurifoy, 1956

**Gambar 2.13** Arah rolling resistance

Menurut Peurifoy (1956), Faktor-faktor yang menimbulkan rolling resistance adalah:

- *Internal Friction* merupakan gesekan yang terjadi karena putaran-putaran mulai dari *engine flywheel* sampai ke *velg* roda. Jadi ini dikarenakan oleh komponen mekanis.
- *Tire flexing*, yaitu tahanan gelinding yang terjadi pada roda ban dikarenakan kenylempetan ban (*tire flexing*). Besar kecilnya “kenylempetan” ban tergantung pada desain ban, *tire inflation*, tekanan udara dalam ban dan keadaan permukaan jalan lintasannya.
- Penetrasi Ban (*Tire Penetration*) adalah amblasnya ban pada permukaan jalan lintas, dan ini bisa menambah besar angka “*rolling resistance*”. Setiap amblas 1 inchi diperkirakan akan memperbesar RR sebesar 30 lbs/ton.

Menurut Komatsu (2007), untuk menghitung nilai *rolling resistance* dapat menggunakan rumus berikut:

$$RR = CRR \times G \quad (2.8)$$

Keterangan :

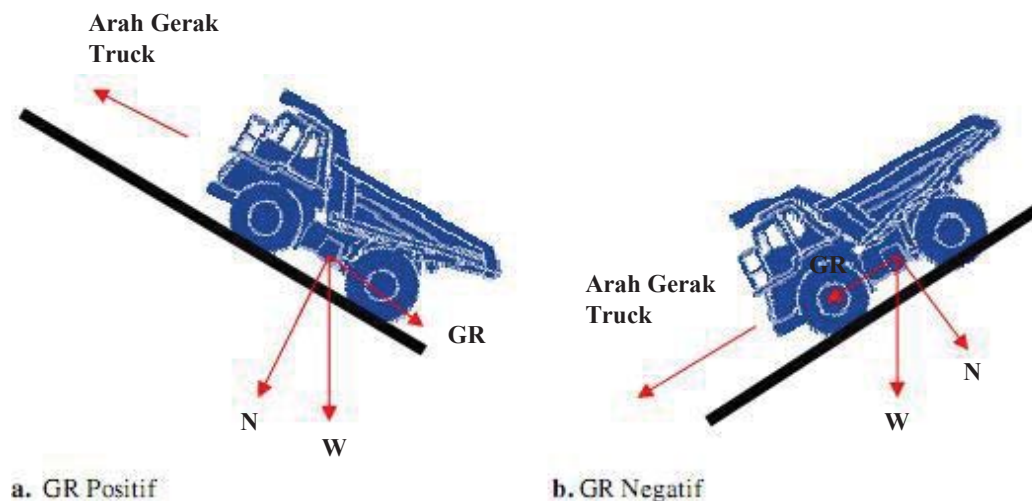
RR = *Rolling resistance* (lbs).

CRR = Koefisien *rolling resistance*.

G = Berat operasional alat (lbs).

#### 2.2.4.2 Grade Resistance

*Grade resistance* adalah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilewati oleh kendaraan tersebut. Pengaruh kemiringan adalah naik untuk kemiringan positif (akan memperbesar rimpul) dan turun untuk kemiringan negatif (akan memperkecil rimpul) (Tenriajeng, 2003).



Sumber : Tenriajeng, 2003

**Gambar 2.14** Arah grade resistance

Tahanan kemiringan rata-rata dinyatakan dalam 20 lbs dari rimpul untuk setiap *gross ton* berat kendaraan beserta isinya pada setiap kemiringan 1%. Kemiringan jalan biasanya dinyatakan dalam persentase, kemiringan 1%

merupakan kemiringan permukaan yang menaik atau menurun 1 meter secara vertikal dalam jarak horizontal 100 meter (Tenriajeng, 2003).

Untuk menghitung nilai *grade resistance* dapat menggunakan rumus berikut :

$$\text{Grade Resistance} = 20 \text{ lbs/ton} \times \text{grade (\%)} \times G \text{ (ton)} \quad (2.9)$$

Keterangan :

*Grade* = Kemiringan jalan (%).

G = Berat total alat (ton).

#### 2.2.5 Aspek Keselamatan Jalan Tambang

Menurut Awang Suwandi (2004), beberapa aspek keselamatan sepanjang jalan tambang meliputi :

##### 2.2.5.1 Jarak pandang aman

Jarak pandang yang aman (*safe sight distance*) diperlukan oleh pengemudi (operator) untuk melihat ke depan secara bebas pada suatu tikungan. Jika pengemudi melihat suatu penghalang yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan antisipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak pandang minimum sama dengan jarak berhenti. Jarak pandang terdiri dari jarak pandang henti (Jh) dan jarak pandang mendahului (Jd).

##### 2.2.5.2 Rambu-rambu pada jalan tambang

Untuk lebih menjamin keamanan sehubungan dengan dioperasikannya suatu jalan angkut, maka perlu kiranya dipasang rambu-rambu sepanjang jalan angkut tersebut terutama pada tempat-tempat yang berbahaya. Rambu-rambu dipasang untuk keselamatan pengemudi dan kendaraan itu sendiri, binatang yang ada di sekitar jalan angkut, masyarakat setempat yang biasa menggunakan jalan tambang, kendaraan lain yang mungkin lewat pada jalan tersebut, serta sebagai tanda adanya perempatan, pertigaan, persilangan dengan jalan umum, misalnya rel kereta api dan sebagainya.

### 2.2.5.3 Lampu penerangan

Lampu penerangan digunakan pada malam hari dan dipasang pada tikungan, perempatan atau pertigaan jalan, jembatan dan tanjakan maupun turunan tajam. Pemasangan lampu penerangan bisa dilakukan berdasarkan jarak maupun tingkat bahayanya.

### 2.2.5.4 Jalur pengelak untuk menghindari kecelakaan

Untuk menghindari kecelakaan yang mungkin terjadi karena kendaraan slip, rem blong atau sebab lain, maka pada jalur angkut perlu dibuat jalur pengelak (*runaway precaution*). Ditinjau dari daerah datar sepanjang jalur memanjang yang tersedia, terdapat dua cara membuat jalur pengelak. Untuk daerah yang sempit, misalnya jalan dibuat antara tebing dan jurang, maka dibuat lajur khusus untuk mengelakkan kendaraan.

### 2.2.5.5 Tanggul Pengaman ( *Safety Berm* )

Tujuan dibuatnya tanggul pengaman adalah untuk menghindari tergulingnya kendaraan pada tepi jalan dan juga untuk menghindari segala bahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan peralatan. Dengan demikian secara tidak langsung tanggul tersebut dapat mengembalikan posisi kendaraan pada badan jalan dan menjauhkannya dari tepi-tepi jalan yang berbahaya.

### 2.2.6 Konsep Jalan Yang Berkeselamatan

Jalan yang berkeselamatan adalah suatu jalan yang didesain dan dioperasikan sedemikian rupa sehingga jalan tersebut dapat menginformasikan, memperingatkan, dan memandu pengemudi melewati suatu segmen jalan yang mempunyai elemen tidak umum. Untuk mewujudkan ruas jalan yang berkeselamatan ada tiga aspek yang perlu dipenuhi oleh suatu ruas jalan yaitu self-explaining, self-enforcement dan forgiving road user. (Djoko Muryanto, 2012)

#### 2.2.6.1 Self explaining

Self explaining yaitu penyediaan infrastruktur jalan yang mampu memandu pengguna jalan tanpa adanya komunikasi. Perancang jalan menggunakan aspek keselamatan yang maksimal pada geometrik, desain jalan beserta elemen-elemen jalan yang mudah dicerna sehingga dapat membantu pengguna jalan untuk mengetahui situasi dan kondisi segmen jalan berikutnya.

#### 2.2.6.2 Self enforcement

Self enforcement yaitu penyediaan infrastruktur jalan yang mampu menciptakan kepatuhan dari para pengguna jalan tanpa adanya peringatan kepada pengguna jalan tersebut. Perancang jalan memenuhi desain perlengkapan jalan yang maksimal. Perlengkapan jalan seperti rambu dan markan mampu mengendalikan pengguna jalan untuk tetap pada jalurnya. Selain itu juga harus mampu mengendalikan pengguna jalan untuk memenuhi kecepatan dan jarak antar kendaraan yang aman.

#### 2.2.6.3 Forgiving road user

Forgiving road user yaitu penyediaan infrastruktur jalan yang mampu meminimalisir kesalahan pengguna jalan sehingga meminimalisir tingkat keparahan korban akibat kecelakaan. Perancang jalan tidak hanya memenuhi aspek geometrik serta perlengkapan jalan akan tetapi juga memenuhi bangunan pelengkap jalan serta perangkat keselamatan. Desain pagar keselamatan jalan serta perangkat keselamatan jalan lainnya mampu mengarahkan pengguna jalan agar tetap berada pada jalurnya dan walaupun terjadi kecelakaan tidak menimbulkan korban fatal. Desain perangkat keselamatan jalan yang mampu mengingatkan pengguna jalan/meminimalisir kesalahan pengguna jalan

### 2.3 Penelitian Terdahulu Yang Relevan

No	Nama	Judul	Kesimpulan
1.	Ahmad Mirza F./2019	<p>“Analisis Pengaruh Geometri Jalan Terhadap Fuel Ratio Dan Biaya Angkut Dump Truck Hino Fm 260 Jd Dalam Kegiatan Penambangan Di Front Tambang PT. Antam (Persero) Tbk UBP Bauksit Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat”</p>	<p>a. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapati bahwa perubahan geometri jalan, di antaranya lebar jalan, grade jalan, rolling resistance, jari-jari tikungan, superelevasi menyebabkan penurunan cycle time alat angkut sehingga terjadi penurunan fuel ratio dan biaya angkut. Rincian rencana perubahan geometri jalan tambang dapat dilihat pada lampiran 9.</p> <p>b. Terjadi peningkatan produktivitas alat angkut pada front pertambangan untuk perubahan geometri pada segmen AB, BC, CD, dan semua segmen sebesar 0,20%, 1,74%, 2,22%, dan 4,26%.</p> <p>c. Terjadi penurunan fuel ratio alat angkut pada front pertambangan untuk perubahan geometri pada segmen AB, BC, CD, dan semua segmen sebesar 1,32%, 13,12%, 18,94%, dan 36,42%.</p> <p>d. Terjadi penurunan biaya angkut untuk perubahan geometri pada segmen AB, BC, CD, dan semua segmen sebesar 0,63%, 6,37%, 9,22%, dan 18,03%.</p>



2.	Zulfahmi Eki Finalda/2019	<p>“Evaluasi Geometri Jalan Angkut Dari Front Penambangan Menuju Unit Crusher Pada Penambangan Batu Andesit Pt. Bukit Labu Miming Kabupaten Sintang”</p>	<p>a. Berdasarkan hasil perhitungan maka perlu adanya perbaikan untuk jalan tikungan</p> <p>b. Kemiringan jalan pada setiap STA rata-rata memiliki kemiringan jalan yang ideal. Namun ada beberapa kemiringan jalan yang harus dikoreksi karena melebihi standar maksimum kemiringan jalan ideal dengan cara pengerukan tanah.</p> <p>c. Pada setiap tikungan yang ada pada jalan angkut saat ini, belum nampak adanya pembuatan superelevasi. Nilai superelevasi yang diterapkan adalah sebesar 0,04 m/m dengan beda tinggi 0,19 m.</p> <p>d. Tanjakan maksimum yang mampu diatasi oleh dumptruck Mitsubishi 100 PS adalah 15,078 %. Sehingga kemiringan jalan yang ada mampu diatasi oleh dumptruck Mitsubishi 100 PS</p> <p>e. Kemiringan melintang atau cross slope perlu dibuat guna mencegah air yang berasal dari hujan tidak tergenang pada badan jalan. Pembuatan cross dapat dibuat dengan cara meninggikan bagian tengah dari jalan (poros jalan) pada satu jalur sebesar 8,6 cm.</p> <p>f. Produktivitas alat angkut dapat bekerja cukup optimal dari 21,6 menjadi 39,43 ton/jam dengan angka produksi paling optimal adalah 42,504 ton/jam.</p>
----	------------------------------	--	--

			<p>g. Berdasarkan daya dukung jalan minimum yang ada yaitu sebesar 120.000 lb/ft2 sudah cukup mampu untuk mendukung atau menahan beban yang menimpa pada jalan angkut yaitu sebesar 16.002 lb/ft2. Sehingga dengan demikian jalan angkut yang ada saat ini tidak memerlukan adanya perkerasan.</p>
3.	<p>Bram Subhan Maulana/2015</p>	<p>“Evaluasi Kondisi Jalan Angkut dari Front Penambangan Menuju Rom Stockpile untuk Mencapai Target Produksi 15.000 Ton Batubara Perbulan PT. Prima Dito Nusantara Jobsite KBB Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi”</p>	<p>a. Geometri jalan angkut PT. Prima Dito Nusantara saat ini yang digunakan dalam melakukan pengangkutan batubara dari front penambangan menuju rom stockpile perlu dilakukan pengkajian ulang dimana berdasarkan perhitungan teori, lebar jalan yang ada saat ini belum dikategorikan memenuhi standar karena beberapa segment jalan harus diperlebar dan belum adanya Superelevasi dan cross slope.</p> <p>b. Sasaran produksi yang ditetapkan PT. Prima Dito Nusantara adalah sebesar 15.000 ton/bulan sedangkan produksi aktual di lapangan saat ini adalah 9.977,48 ton/bulan artinya produksi belum tercapai. Setelah dilakukan evaluasi jalan angkut dan efisiensi kerja produksi batubara menjadi meningkat menjadi 16.777,79 ton/bulan.</p>
4.	<p>Rudy Azwari/2015</p>	<p>“Evaluasi Jalan Angkut Dari Front Tambang Batubara</p>	<p>a. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan ditemukan bahwa kondisi geometri jalan angkut overburden di site project Lahat PT Ulima Nitra</p>

		<p>Menuju Stockpile Block B  Pada Penambangan Batubara  di PT. Minemex Indonesia,  Desa Talang Serdang  Kecamatan Mandiangin  Kabupaten Sarolangun  Provinsi Jambi”</p>	<p>masih ada yang belum memenuhi lebar jalan minimal pada beberapa segmen, masih terdapat grade di atas 10%, belum terdapat cross slope / cross fall, belum terdapat superelevasi pada tikungan, belum terdapat ditch dan saluran drainase, belum terdapat tanggul pengaman disisi jalan.</p> <p>b. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa alat angkut terbesar yang digunakan adalah dump truck Scania P380CB-6X4 yang memiliki lebar 2,95 meter. Berdasarkan rumus AASHTO maka didapatkan bahwa untuk lebar minimum pada jalan angkut overburden dari front penambangan sampai ke disposal untuk jalan lurus, dua jalur adalah 11 meter, sedangkan untuk tikungan, dua jalur, lebar minimumnya sebesar 19 meter. Sehingga untuk segmen B-C, C-D, D-E, E-F, dan F-G perlu dilakukan pelebaran jalan. Pada beberapa segmen juga ditemukan grade jalan di atas 10%, menurut Silvia Sukirman, grade jalan maksimum berkisar 8 % - 10 %.</p> <p>Cross slope yang disarankan yaitu memiliki beda tinggi sebesar 22 cm, karena menurut Silvia Sukirman, jalan produksi yang baik memiliki kemiringan melintang 40 mm/m.</p> <p>c. Sebelum dilakukan perbaikan jalan, waktu edar aktual alat angkut adalah 14,99 menit (dengan alat gali muat PC 400) dan 15,26 menit (dengan alat gali muat PC 300). Produksi alat angkut perhari 331,25 BCM/hari (dengan</p>
--	--	---	--

			<p>alat gali muat PC 400) dan 301,57 (dengan alat gali muat PC 300). Sehingga diperoleh kemampuan produksi untuk 18 unit alat angkut untuk untuk material overburden adalah 176.008,42 BCM/bulan. Setelah dilakukan perbaikan jalan berupa pelebaran jalan pada segmen B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, dan H-I. Kemudian menurunkan grade pada segmen A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, diperoleh waktu edar teoritis alat angkut 9,69 menit (alat gali muat PC 400) dan 9,70 menit (alat gali muat PC 300). Didapat produktivitas teoritis perunit alat angkut sebesar 512,44 BCM/hari (alat gali muat PC 400) dan 502,37 BCM/hari (alat gali muat PC 300) sehingga terjadi peningkatan produksi menjadi 274.300,15 BCM/bulan. Terdapat peningkatan produksi sebesar 98.291,73 BCM/bulan atau terdapat peningkatan sebesar 56 % dan target produksi tercapai.</p>
--	--	--	---