

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

2.1.1. Lokasi penelitian

Lokasi penambangan bauksit yang dilakukan oleh PT. Cita Mineral Investindo site Sandai yang dikerjakan oleh PT. Jaga Usaha Sandai selaku salah satu kontraktornya secara administratif berada di wilayah Kecamatan Sandai, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Luas Kecamatan Sandai yaitu sekitar 1.778,80 km² atau sekitar 12 persen dari total luas Kabupaten Ketapang. Secara geografis, Kecamatan Sandai terletak pada posisi 00 24' 00" LS – 10 34'00" LS dan 110 23' 48" BT - 1110 16' 00" BT.

(Sumber : Kecamatan Sandai Dalam Angka 2019)

Batas wilayah Kecamatan Sandai yaitu :

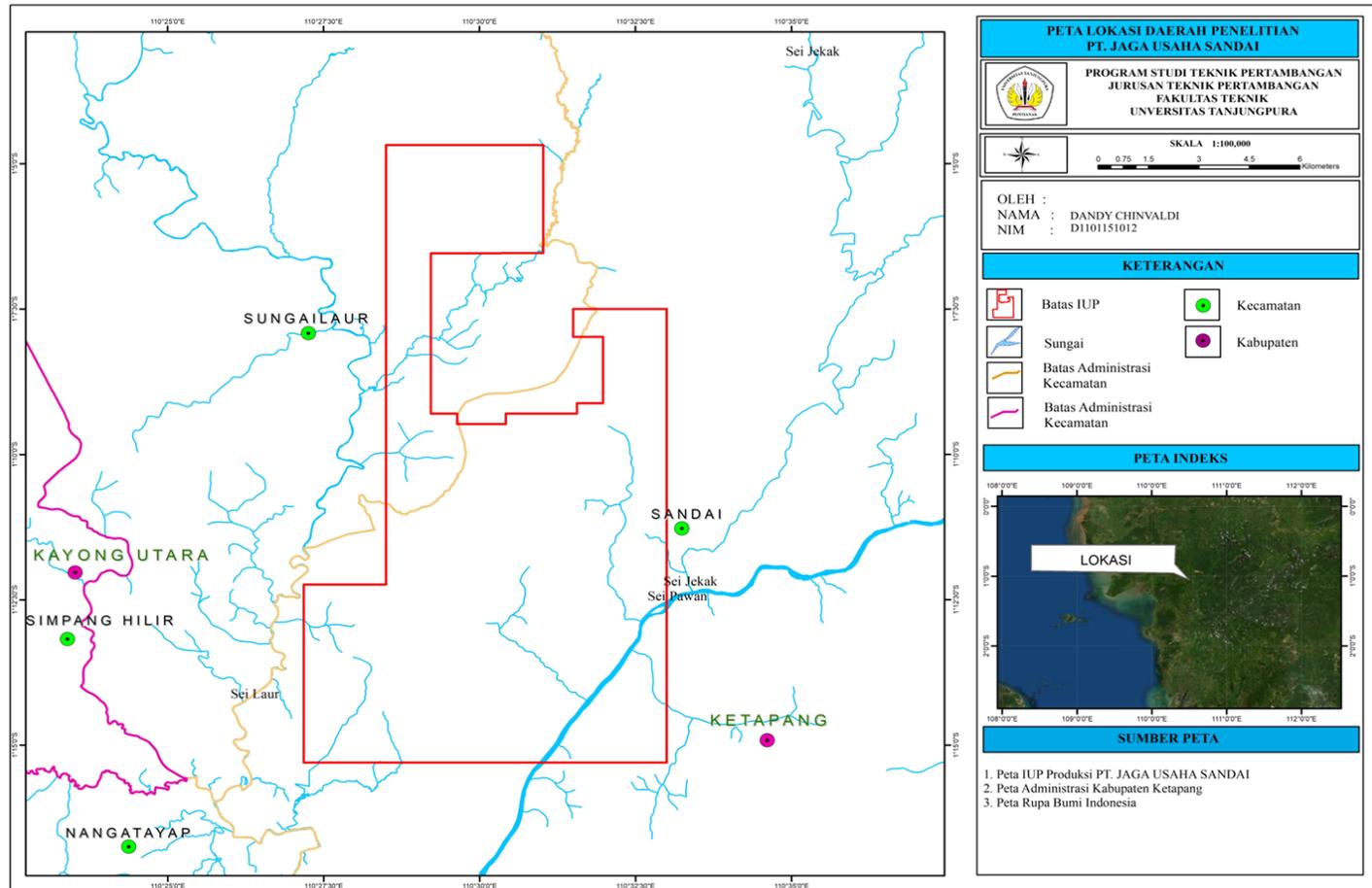
- Sebelah Utara : berbatasan dengan Kabupaten Sanggau
- Sebelah Selatan : berbatasan dengan Kecamatan Nanga Tayap
- Sebelah Barat : berbatasan dengan Kecamatan Sungai Laur
- Sebelah Timur : berbatasan dengan Kecamatan Hulu Sungai

Secara geografis lokasi daerah penelitian PT. Cita Mineral Investindo Tbk terletak pada Koodinat 1° 4' 40.8" LS - 1° 15' 18" LS dan 110° 27' 10.8" BT - 110° 32' 60" BT. Sampai saat ini luas wilayah izin usaha pertambangan yang dimiliki oleh PT. Cita Mineral Investindo site Sandai adalah ± 13.630 Ha.

Tabel 2.1. Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT. Cita Mineral Investindo

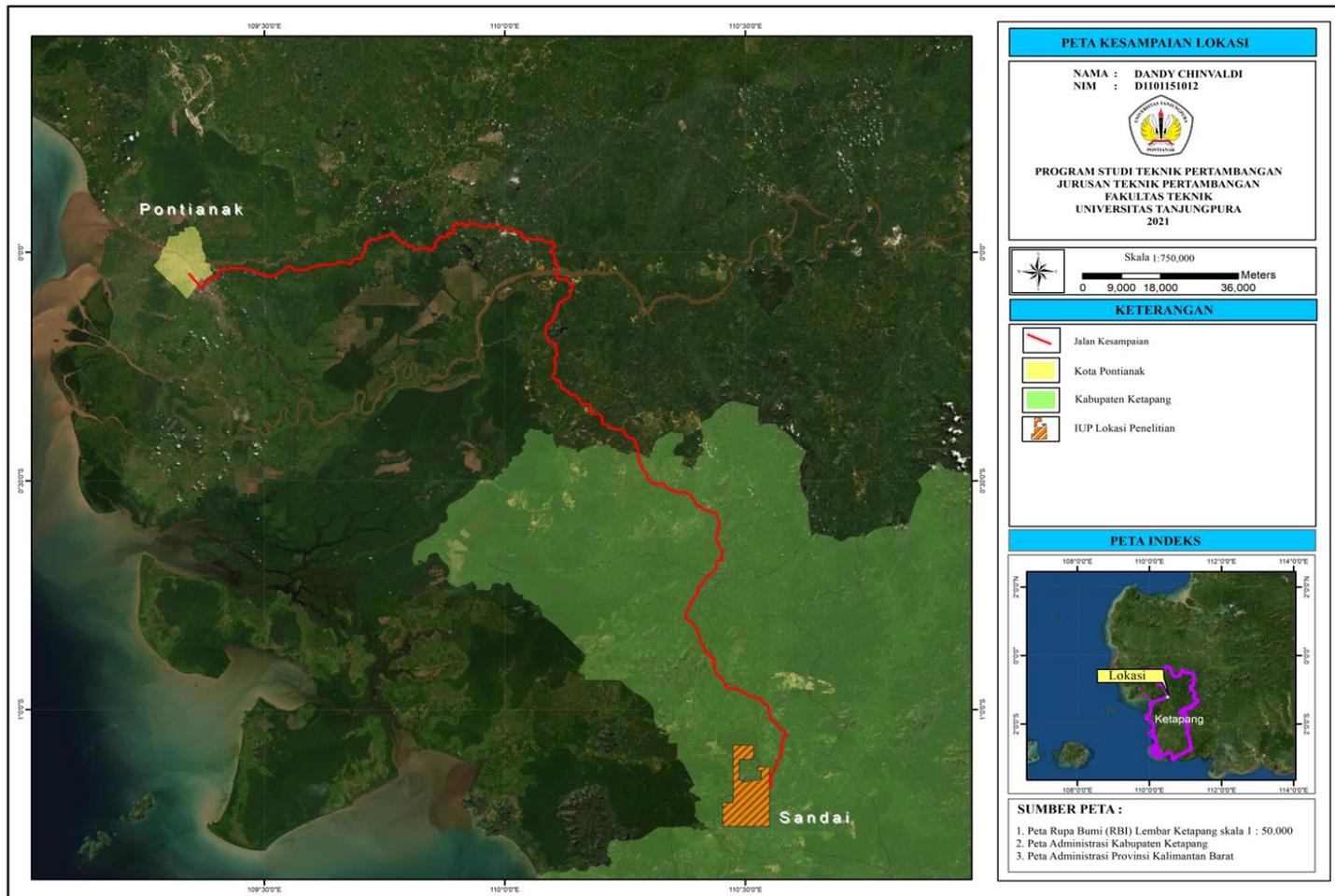
No	Garis Lintang (LU/LS)				Garis Bujur (BB/BT)			
	Derajat	Menit	Detik	LU/LS	Derajat	Menit	Detik	BT/BB
1	1 °	12 '	14.4 "	LS	110 °	27 '	10.8 "	BT
2	1 °	12 '	14.4 "	LS	110 °	28 '	30 "	BT
3	1 °	4 '	40.8 "	LS	110 °	28 '	30 "	BT
4	1 °	4 '	40.8 "	LS	110 °	31 '	1.2 "	BT
5	1 °	6 '	32.4 "	LS	110 °	31 '	1.2 "	BT
6	1 °	6 '	32.4 "	LS	110 °	29 '	13.2 "	BT
7	1 °	9 '	18 "	LS	110 °	29 '	13.2 "	BT
8	1 °	9 '	18 "	LS	110 °	29 '	38.4 "	BT
9	1 °	9 '	28.8 "	LS	110 °	29 '	38.4 "	BT
10	1 °	9 '	28.8 "	LS	110 °	30 '	25.2 "	BT
11	1 °	9 '	18 "	LS	110 °	30 '	25.2 "	BT
12	1 °	9 '	18 "	LS	110 °	31 '	33.6 "	BT
13	1 °	9 '	7.2 "	LS	110 °	31 '	33.6 "	BT
14	1 °	9 '	7.2 "	LS	110 °	31 '	58.8 "	BT
15	1 °	7 '	58.8 "	LS	110 °	31 '	58.8 "	BT
16	1 °	7 '	58.8 "	LS	110 °	31 '	30 "	BT
17	1 °	7 '	30 "	LS	110 °	31 '	30 "	BT
18	1 °	7 '	30 "	LS	110 °	32 '	60 "	BT
19	1 °	15 '	18 "	LS	110 °	32 '	60 "	BT
20	1 °	15 '	18 "	LS	110 °	27 '	10.8 "	BT

Sumber : SK IUP OP PT. Cita Mineral Investindo



Sumber : SK IUP OP PT. Cita Mineral Investindo

Gambar 2.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian



Sumber : SK IUP dan Batas Administrasi Kab.Ketapang

Gambar 2.2 Peta Kesampaian Lokasi IUP PT.JUS

2.1.2. Geologi Regional

PT. Cita Mineral Investindo site Sandai Tbk terletak di Kecamatan Sandai, Kabupaten Ketapang sehingga lokasinya termasuk dalam geologi regional lembar Ketapang. Berdasarkan peta geologi skala 1 : 250.000 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung pada tahun 1993.

A. Stratigrafi Regional

a. Endapan Aluvium dan Rawa (Qa)

Merupakan endapan permukaan kuarter yang terdiri dari kerikil, pasir, lanau, lumpur dan sisa bahan tumbuhan atau gambut. Umumnya memenuhi daerah pantai dan aliran sungai besar.

b. Rombakan Lereng (Qs)

Merupakan endapan yang berumur kuarter yang terdiri dari rombakan kerakal dan bongkah batuan yang kasar. Rombakan lereng ini berdampingan dengan Alluvial dan endapan rawa.

c. Batuan Terobosan Sintang (Toms)

Terdiri dari mikrodiorit, mikrogranodiorit, dasit, porfiri dasit, andesit piroksin, granit, mikrogranit dan diorit kuarsa. Batuan intrusi ini menerobos formasi kantu, formasi tutoop dan formasi ketungau. Umur satuan ini adalah oligosen akhir - miosen tengah.

d. Basal Bunga (Kubu)

Terdiri dari batuan basal berwarna hitam sampai kelabu tua dan pejal, selain itu juga terdapat dasit, andesit, kelabu kehijauan, lava, tufa, litik-kristal dan breksi gunung api dimana pada alasnya terdapat batu pasir berukuran sedang sampai halus, di perkirakan berumur kapur akhir sampai paleosen.

e. Formasi Granit Sangiyang (Kusa)

Merupakan batuan beku pluton berkomposisi granitic alkali-feldspar leukokratik. Batuan ini menerobos formasi granit sukadana, batuan gunung api kerabai dan juga menerobos basal bunga.

f. Granit Sukadana (Kus)

Terdiri dari monzonit kuarsa, monzogranit, sienogranit dan granit alkali feldspar, sedikit sienit kuarsa, monzodiorit kuarsa, dan diorit kuarsa. satuan ini menerobos dan secara termal memalihkan malihan pinoh dan kompleks ketapang. Menindih batuan api kerabai, di terobos oleh granit sangiyang dan di tindih oleh basal bunga.

g. Batuan Gunung Api Kerabai (Kuk)

Terdiri dari lava andesit, lava desit dan riolit yang sebagian tidak terpisahkan dari batuan piroklastik (abu, lapilli, tufa hablur, dan selaan, breksi gunung dan anglomerat). Hubungan dengan satuan batuan lainnya adalah tak selaras diatas granit laur, diterobos dan menindih granit sukadana, diterobos oleh granit sangiyang, ditindih basal bunga dan sebagian sama dengan basal bunga. Terbentuk oleh proses gunung api subaerial yang berumur kapur akhir-paleosen.

h. Granit Laur (Kll)

Terdiri dari monzogranit biotit – hornblende, sedikit sieogranit biotit dan granodiorit hornblende – biotit. Satuan ini tidak selaras dibawah batuan gunung api kerabai dan seumur dengan tonalit sepauk.

i. Granit Belaban (Jub)

Terdiri dari monzonit dan monzodiorit kuarsa-hornblende berwarna kelabu tua, terdapat senolit yang membulat kemungkinan berasal dari batuan sedimen, Granit belaban berumur jura akhir. juga tidak terlihat.

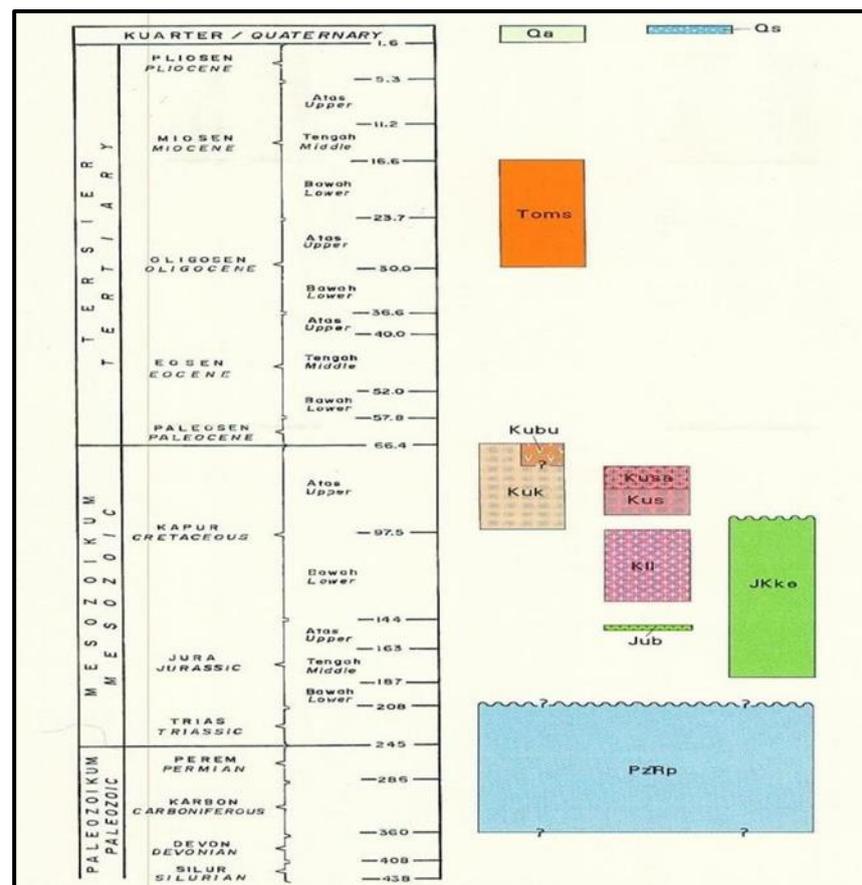
j. Komplek Ketapang (Jkke)

Tersusun dari batuan pesamit dan terlapis secara pelitik, terlapis sedang sampai tipis, berubah secara beraneka ragam oleh malihan termal dan ubahan hidrotermal, batu lempung, batu pasir halus-kasar dan lempungan yang serisitan, arenit litik, serpih, dan batusabak, kadang-kadang gampingan membentuk batuan kalk-silikat. Satuan ini terbentuk secara tidak selaras di atas malihan pinoh tetapi tak terlihat

kontaknya, tidak selaras dengan batuan gunung api kerabai, tidak selaras dibawah basal bunga, diterobos oleh granit sukadana dan granit sangiyang, kontak dengan granit belaban tidak terlihat. Mungkin dapat dibandingkan dengan batu pasir kempari di Nangataman. Komplek ketapang berumur kapur akhir.

k. Batuan Malihan Pinoh (PzRp)

Terdiri dari batuan kuarsit berwarna kelabu tua, terhablur ulang mengandung anortit, kaya turmalin, genes klinopiroksin-hornblende, mengandung klinozoisit dan skapolit, dan batuan migmatik, sekis mika dan kuarsit mika dengan biotit porfiroblastik, andalusit, garnet, muskovit sekunder dan turmalin local, sekis andalusit-mika. Batuan ini diperkirakan berumur Paleozoik.



Sumber : Peta Geologi Lembar Ketapang, E. Rustandi, F.De Keyser, 1993

Gambar 2.3. Kondisi Statigrafi Regional

2.1.3. Geologi Daerah Penelitian

Izin Usaha Pertambangan PT. Cita Mineral Investindo site Sandai yang secara geologi terletak di Kecamatan Sandai, Kabupaten Ketapang termasuk dalam Peta Geologi Lembar Ketapang Lembar 1414 berskala 1:250.000 yang diterbitkan oleh Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi (PPPG) Departemen Pertambangan dan Energi Bandung tahun 1993.

A. Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi daerah penelitian merupakan susunan perlapisan batuan serta hubungan lapisan batuan itu dengan lapisan batuan yang lainnya yang bertujuan untuk mengetahui tentang sejarah pembentukan batuan serta umur batuan di daerah tersebut. Stratigrafi di daerah ini didominasi oleh granit sukadana, kompleks ketapang, batuan gunung api kerabai dan endapan Alluvial.

a. Granit Sukadana (Kus)

Tersebar mengikuti rangkaian perbukitan yang meliputi seluruh pulau, batuan ini menerobos dan menindih batuan gunung api kerabai, batu granit sukadana diperkirakan berumur kapur akhir. Batuan sangat bervariasi terdiri dari monzonit kuarsa, monzogranit, seinogranit, dan granit alkali feldspar, langka diorite dan gabro. Granit sukadana ini berbutir sedang dengan karakteristik calc-alkali yang merupakan batuan terobosan tingkat tinggi sampai sedang. Batuan ini menerobos batuan samping yang mengakibatkan terbentuknya malihan termal dan atau merubah secara hidrotermal batuan samping yang berupa serisitisasi, dan dapat mengandung andalusit, garnet, pirit, kalkopirit, dan pragnasi K-feldspar.

b. Batuan gunung api kerabai (KuK)

Mempunyai sebaran luasan membentuk daratan rendah, pada umumnya berupa andesit dan basalt, dolerite trakiandesit, keratofir kuarsa, dasit riodasit, dan riolit. Batuan piroklastik berupa abu, lapilli, kristal, tuf Kristal dan litik, breksi gunung api dan aglomerat.

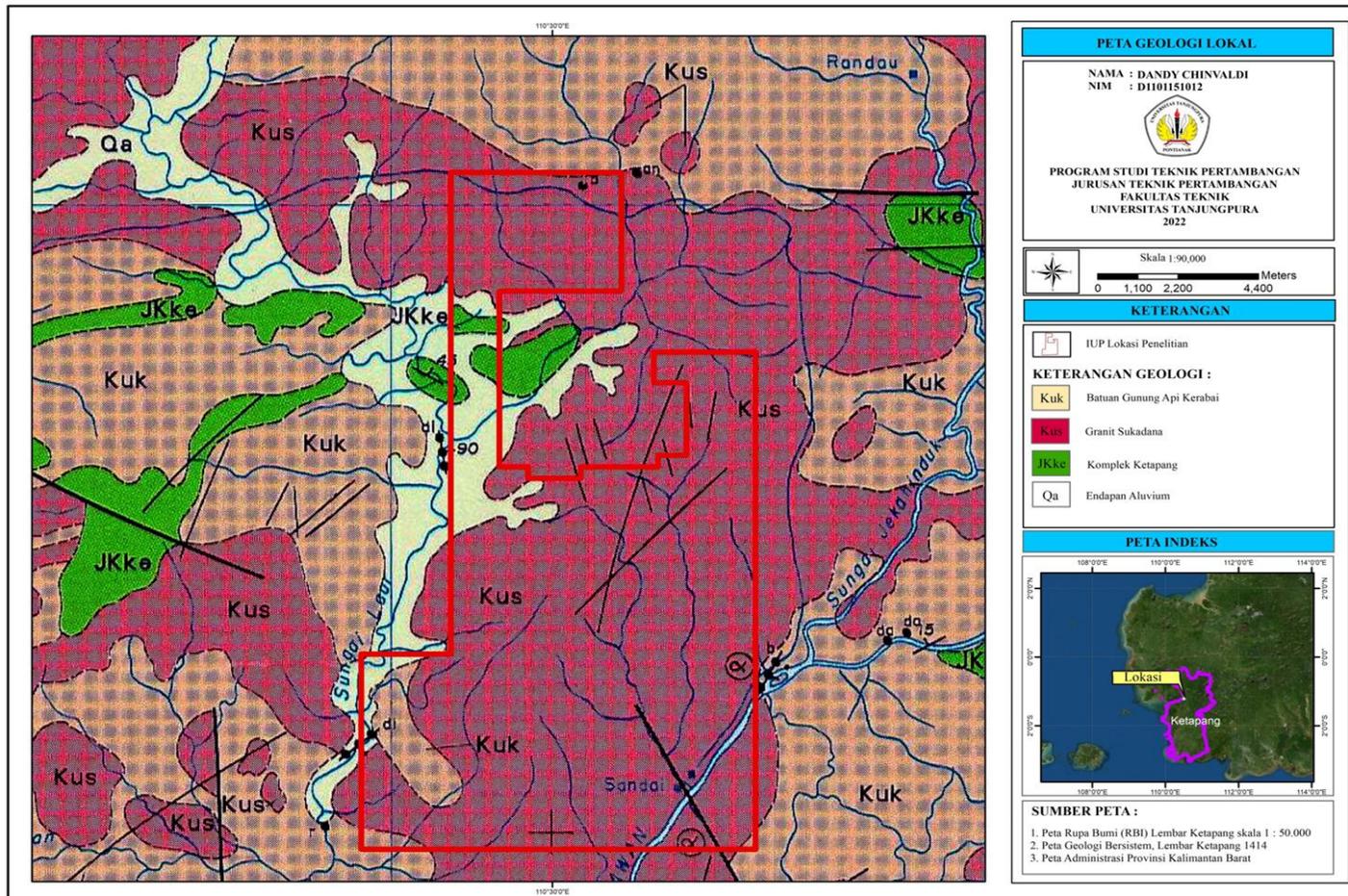
Batuan gunung api kerabai ini berumur kapur akhir – paleosen.

c. Endapan alluvial dan rawa (Qa)

Terdiri dari lumpur, pasir, lanau, lumpur dan sisa tumbuhan atau gambut. Endapan alluvial dan rawa ini berumur pliosen.

d. Komplek ketapang (Jkke)

Tersusun dari batuan pesamit dan terlapis secara pelitik, terlapis sedang sampai tipis, berubah secara beraneka ragam oleh malihan termal dan ubahan hidrotermal, batu lempung, batu pasir halus-kasar dan lempungan yang serisitan, arenit litik, serpih, dan batusabak, kadang-kadang gampingan membentuk batuan kalk-silikat. Satuan ini terbentuk secara tidak selaras di atas malihan pinoh tetapi tak terlihat kontakannya, tidak selaras dengan batuan gunung api kerabai, tidak selaras dibawah basal bunga, diterobos oleh granit sukadana dan granit sangiyang, kontak dengan granit belaban tidak terlihat. Mungkin dapat dibandingkan dengan batu pasir kempari di Nangataman. Komplek ketapang berumur kapur akhir.



Sumber :Peta Geologi Lembar Ketapang, E. Rustandi, F.De Keyser, 1993

Gambar 2.4. Peta Geologi Lokal

2.2 Penjelasan Umum Bauksit

Bauksit merupakan endapan mineral aluminium hidroksida yang tersusun dari gipsit ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$), boehmit ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$), diaspora ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$), Bauksit ini memiliki warna kekuningan atau warna putih dalam keadaan murni, merah atau coklat apabila terkontaminasi oleh besi oksida dan bitumen. Sifat dari bauksit ini tergolong mudah patah dan tidak terbakar. Proses pembentukan batuan bauksit ini terjadi akibat proses pelapukan laterit dari batuan induk, persebaran bauksit erat kaitannya dengan persebaran mineral granit. Bentuknya menyerupai *cellular* atau tanah liat dan kadang-kadang berstruktur pisolitic. Secara makroskopis bauksit berbentuk *amorf*. Kekerasan bauksit berkisar antara 1 – 3 skala *Mohs* dan berat jenis berkisar antara 2,5 – 2,6.

Bijih bauksit ini tersusun atas mineral gipsit dengan mineral penyusunnya adalah alumina, kuarsa dan silika aktif. Bijih bauksit laterit ini terbentuk di daerah perbukitan yang landai, yang memungkinkan pelapukan yang kuat. Proses pembentukan bauksit ini terbentuk karena adanya proses laterisasi yang dikontrol oleh air hujan, yang dapat menyebabkan perlindian silika dan pengayaan aluminium secara kuat. Biasanya, perlindian silika terjadi saat musim kemarau sedangkan pengayaan aluminium terjadi di saat musim penghujan.

2.2.1. Karakteristik Endapan Bauksit Laterit

Bauksit yang terbentuk adalah jenis bauksit yang terbentuk pada lapisan tanah andosol dan catena. Setiap batuan dasar memiliki karakteristik bauksit tertentu diantaranya :

- a. Granodiorit yang menghasilkan tanah laterit berwarna merah bata dengan tekstur bauksit agak kasar terdapat mineral kuarsa berukuran 1-3 mm dengan ketebalan lapisan saprolit 7-10 m,
- b. Diorit kuarsa membentuk endapan tanah laterit berwarna kuning hampir orange dengan kondisi batuan lebih halus dengan mineral yang cenderung lepas dengan ketebalan lapisan saprolit 4-8 m,

- c. Diorit menghasilkan warna tanah yang cenderung coklat hingga coklat gelap dengan tanah laterit berwarna kuning dengan ketebalan saprolit relatif lebih variatif yaitu antara 2-8 m.

Unsur senyawa yang ada dalam endapan bauksit ada 5 unsur senyawa, senyawa tersebut yaitu :

1. Alumunium Trioksida (Al_2O_3)
2. Besi Trioksida (Fe_2O_3)
3. Silika Oksida (SiO_2)
4. Titanium Oksida (TiO_2)
5. Reaktif Silikat ($R-SiO_2$)

2.2.2. Metode Penambangan Bauksit oleh PT. Jaga Usaha Sandai

- a. Pembatasan Lahan

Pembatasan lahan dilakukan untuk membagi blok penambangan menjadi beberapa saf penambangan dimana saf ini nantinya akan menjadi lokasi-lokasi yang akan ditambang. Dalam pembuatan saf ini biasanya menggunakan tanda seperti patok atau bendera yang ditempatkan di setiap sudut saf atau diawal dan akhir saf tersebut.

- b. Pembersihan Lahan

Pembersihan lahan dilakukan untuk membersihkan blok yang akan ditambang dari pepohonan, semak belukar, atau benda-benda lain yang berada diatas areal yang akan ditambang. Kegiatan pembersihan lahan ini pada umumnya menggunakan alat berat seperti *Bulldozer* dan *Excavator*.

- c. Pengupasan Tanah Penutup

Pengupasan tanah penutup adalah suatu bagian dari kegiatan penambangan yang dilakukan untuk memindahkan tanah penutup berupa top soil dan overburden agar memudahkan dalam pengambilan ore. Pengerjaan ini dilakukan dengan metode *Backfilling*.

d. Penggalian dan Pemuatan

Penggalian dan pemuatan adalah serangkaian kegiatan penambangan yang dilakukan untuk menggali dan mengambil *ore* bauksit dari batuan induknya dengan menggunakan *Excavator* lalu dimuat untuk diangkut menggunakan *Dump Truck*.

e. Pengangkutan ke *Washing Plant*

Pengangkutan ini adalah kegiatan penambangan yang dilakukan saat membawa bauksit dari area atau blok penambangan menuju ke *Washing Plant*. Proses pengangkutan ini dilakukan dengan menggunakan *Dump Truck*.

f. Pencucian Bauksit

Material dari area penambangan kemudian dibawa ke *Washing Plant* untuk dilakukan pencucian. Tujuan dari pencucian ini yaitu untuk menaikkan kadar pada bauksit, dimana akan didapatkan kadar aluminium yang lebih tinggi dari sebelum pencucian dengan mengurangi kadar mineral pengotornya seperti silika, titanium dan besi.

g. Pengangkutan ke *Stockpile*

Material yang sudah tercuci bersih dan sudah dilakukan pengeringan selanjutnya akan diangkut dengan *Dump Truck* menuju penyimpanan *Stockpile*.

h. Pengkapalan (*Barging*)

Pengkapalan adalah kegiatan akhir dari proses penambangan yang dilakukan di PT. Jaga Usaha Sandai yaitu berupa pengiriman material bauksit dengan kadar dan tonase yang diinginkan oleh pembeli (*buyer*) melalui tongkang yang nantinya akan dikirim baik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri ataupun luar negeri.

2.3 Pengertian Alat Berat

Alat berat merupakan salah satu faktor penting dalam suatu proyek, misalnya pada proyek pertambangan, konstruksi, dan kegiatan lainnya dalam skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam upaya melaksanakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan waktu yang relatif lebih singkat dan lebih mudah dalam pengerjaannya. Alat berat yang umum dipakai dalam proyek pertambangan antara lain:

- Alat gali (*excavator*) seperti *backhoe*, *front shovel* ;
- Alat pengangkut seperti *truck* , *belt conveyer* ;
- Alat pemadat tanah seperti *compactor*.

Alat berat merupakan peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek tersebut sangatlah penting guna menunjang pembangunan infrastruktur maupun digunakan untuk mengeksplorasi hasil tambang, misalnya bauksit, batubara, tembaga, emas dan lain-lain .Alat berat yang digunakan oleh PT. Jaga Usaha Sandai untuk kegiatan penambangan bauksit pada Blok 9 adalah 2 unit *Excavator* Sumitomo 350 LHD sebagai alat gali muat dan 8 unit *Dump Truck* Hino FM 260 JD sebagai alat angkut.

2.3.1. Excavator Sumitomo 350 LHD



Sumber : Pengamatan di Lokasi Penelitian, 2020

Gambar 2.5. Excavator Sumitomo SH 350 LHD

Tabel 2.2. Spesifikasi Excavator Sumitomo SH 350 LHD

Model	Unit	SH 350 LHD
<i>Bucket capacity</i>	m ³	1.8
<i>Max digging radius</i>	m ³	11.17
<i>Max digging depth</i>	m ³	7.34
<i>Max digging height</i>	m ³	10.37
<i>Max dumping height</i>	m ³	7.23
<i>Rear and swing radius</i>	m ³	3.55
<i>Arm length</i>	m ³	3.25
<i>Boom length</i>	m ³	6.45

Sumber : Sumitomo Performance Handbook

2.3.2. *Dump Truck Hino FM 260 JD*



Sumber : Pengamatan di lokasi penelitian, 2020

Gambar 2.6. *Dump Truck Hino FM 260 JD*

Tabel 2.3. Spesifikasi *Dump Truck Mitsubishi FM 260 JD*

MODEL		FM 260 JD
Tipe		Karoseri
DIMENSI	Satuan	
Jarak Sumbu Roda	Mm	4130+1300
Panjang Keseluruhan	Mm	8480
Lebar Keseluruhan	Mm	2450
Tinggi Keseluruhan	Mm	2700
Jarak Roda Depan Kiri-kanan	Mm	2050
Jarak Roda Belakang Kiri-kanan	Mm	1875

Tabel 2.3. Spesifikasi *Dump Truck Hino FM 260 JD* (Lanjutan)

BERAT	Satuan	
Berat kosong	Kg	6610
Depan	Kg	2900
Belakang	Kg	3710
GVWR	Kg	26000
KEMAMPUAN	Satuan	
Kecepatan Maksimum	km/jam	86
Daya Tanjak	%	47.1
Radius Putar Minimum	M	8.5

Sumber : www.hino.co.id

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Produksi Alat Mekanis

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan produksi suatu alat pada saat beroperasi adalah :

- a) Jalan angkut
- b) Faktor Pengisian
- c) Faktor Pengembangan
- d) Waktu Edar
- e) Waktu Kerja Efektif
- f) Kapasitas Alat

2.4.1. Jalan Angkut

Jalan angkut merupakan bagian penting pada proses penambangan dimana merupakan sarana yang dapat memperlancar kelangsungan proses produksi penambangan yang dilakukan oleh perusahaan. Oleh karena itu, pembuatan jalan ini harus memenuhi persyaratan teknis dengan mempertimbangkan beberapa faktor, yaitu (Susanti, 2005):

- Besar derajat kemiringan yang disesuaikan dengan kemampuan alat

- Lebar jalan disesuaikan dengan jumlah jalur yang digunakan atau dilalui alat
- Daya dukung tanah

a. Lebar Jalur Lurus

Perbaikan yang harus dilakukan dalam usaha meningkatkan produktivitas alat-alat mekanis, terutama yang disebabkan oleh kondisi jalan angkut adalah membuat jalan angkut yang sesuai dengan syarat-syarat yang telah ditentukan. Dalam menentukan lebar jalan angkut diperlukan beberapa pertimbangan seperti (Susanti, 2005) :

- Keleluasaan ruang gerak bagi alat angkut yang digunakan
- Faktor keamanan dan keselamatan kerja

Lebar jalan angkut minimum dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_{min} = n \times Wt + (n+1) \times (0.5 \times Wt) \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

L_{min} = Lebar jalan angkut minimum, (meter)

n = Jumlah jalur

Wt = Lebar alat angkut (meter)

b. Lebar Jalur Tikungan

Lebar jalur pada tikungan sebaiknya lebih besar daripada lebar jalan lurus, hal ini dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- Memberikan keleluasaan gerak pada alat angkut saat terjadi pertemuan di jalur tikungan
- Faktor kelancaran lalu lintas alat angkut tersebut

Persamaan yang dipakai pada penentuan lebar jalan jalur belokan adalah :

$$W_{min} = 2 (U + Fa + Fb + Z) + C$$

$$Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Wmin = Lebar jalan angkut pada belokan, (meter)

U = Lebar jalan jejak roda, (meter)

Fa = Lebar jantai depan, (meter)

Fb = Lebar jantai belakang, (meter)

Z = Lebar bagian tepi jalan, (meter)

C = Jarak antara dua kendaraan, (meter)

c. Grade Resistance (GR)

Grade Resistance adalah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena adanya kemiringan, jika jalur jalan itu menanjak disebut kemiringan positif, maka tahanan gelinding akan melawan kendaraan sehingga memperbesar *rimpull* yang diperlukan. Sebaliknya jika jalur jalan turun disebut kemiringan negatif, maka tahanan kemiringannya akan membantu gerak kendaraan, artinya mengurangi *rimpull* yang dibutuhkan (Prodjosumarto, 1996). Besarnya pengaruh kemiringan jalan terhadap *Grade Resistance* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Pengaruh Kemiringan Jalan Terhadap *Grade Resistance*

Kemiringan (%)	GR (lb/ton)	Kemiringan (%)	GR (lb/ton)
1	20	9	179.2
2	40	10	199
3	60	11	218
4	80	12	238.4
5	100	13	257.8
6	119.8	14	277.4
7	139.8	15	296.6
8	159.8		

Sumber : Prodjosumarto, 1996

d. Tahanan Gelinding (*Rolling Resistance/RR*)

Rolling Resistance adalah jumlah gaya-gaya luar yang berlawanan dengan gerak kendaraan yang melaju di atas permukaan tanah. Bagian yang akan mengalami tahanan *Rolling Resistance* adalah bagian roda kendaraan. Besarnya *Rolling Resistance* untuk bermacam-macam keadaan jalan dengan ban karet dapat dilihat pada tabel 2.5 di bawah:

Tabel 2.5. Angka *Rolling Resistance* Berbagai Keadaan Jalan

Macam Jalan	RR Untuk Ban Karet (lb/ton)
Jalan yang keras dengan permukaan yang terpelihara dengan baik	40
Jalan bagus dengan permukaan sedikit lunak	65
Jalan yang sedang diperbaiki dan terpelihara	100
Jalan yang kurang terpelihara	150
Jalan yang berlobang, berlumpur dan merupakan timbunan pasir	250 – 400

Sumber : Prodjosumarto, 1996

e. *Rimpull* (Rp)

Rimpull merupakan besarnya kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin kepada permukaan roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalur jalan. *Rimpull* biasanya dinyatakan dalam lbs, dan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Prodjosumarto, 1996):

$$RP = \frac{HP \times 375 \times Efisiensi \text{ Mesin}}{Kecepatan, Mph} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

RP = *Rimpull* atau kekuatan tarik (lb)

HP = Tenaga mesin (HP)

f. Koefisien Tarik

Merupakan kemampuan menarik atau kemampuan mendorong untuk menggerakkan alat itu sendiri. Tenaga yang terpakai sebenarnya dibatasi oleh kemampuan mendorong/menarik ini (Indonesianto, 2014).

Besar kecilnya koefisien tarik bergantung pada :

- Keadaan permukaan jalan
- Jenis media penggeraknya (apakah roda ban atau rantai)

Variasi dari keadaan-keadaan ban dan permukaan jalur jalan itu sedemikian besar sehingga sulit untuk memberikan angka yang pasti.

Tabel 2.6. Koefisien Tarik Untuk Keadaan Jalur Jalan

Macam Jalan	Ban Karet	
		%
<i>Dry, rough concrete</i>	0.80 - 1.00	80 - 100
<i>Dry, clay loam</i>	0.50 - 0.70	50 - 70
<i>Wet, clay loam</i>	0.40 - 0.50	40 - 50
<i>Wet sand and gravel</i>	0.30 - 0.40	30 - 40
<i>Loose, dry sand</i>	0.20 - 0.30	20 - 30

Sumber : Prodjosumarto, 1996

g. Keadaan jalan

Keadaan jalan yang dimaksud adalah meliputi kekerasan dan kehalusan permukaan jalan yang akan dilalui oleh alat angkut. Keadaan jalan ini akan mempengaruhi “RR” yaitu besarnya jumlah gaya luar yang berlawanan dengan arah gerak kendaraan yang berjalan di atas permukaan jalan tersebut (Prodjosumarto, 1996).

h. Daya Dukung Material

Kemampuan material untuk mendukung alat yang berada di atasnya. Suatu alat yang ditempatkan di atas material akan memberikan *ground pressure*. Perlawanan yang diberikan material itulah yang disebut daya dukung material. Untuk mengetahui kemampuan dan kekuatan jalan angkut terhadap beban kendaraan dan muatan yang melaluinya perlu diketahui daya dukung material dan beban kendaraan (Indonesianto, 2014).

Tabel 2.7. Daya Dukung Material

Jenis Material	Daya Dukung (lb/ft ²)
<i>Hard sound rock</i>	120.000
<i>Medium hard rock</i>	80.000
<i>Hard pan overlying rock</i>	24.000
<i>Compact gravel and boulder gravel formations, very compact sand gravel</i>	20.000
<i>Soft rock</i>	16.000
<i>Loose gravel and sand gravel, compact sand and gravelly sand, very compact sand- inorganic silt soil</i>	12.000
<i>Hard dry consolidated clay</i>	10.000
<i>Loose coarse to medium sand, medium compact fine sand</i>	8.000
<i>Loose fine sand, medium compact sand- inorganic silt soils</i>	4.000
<i>Firm stiff clay</i>	3.000
<i>Loose saturated sand clay soils, medium soft Clay</i>	2.000

Sumber : Yanto Indonesianto,2014

2.4.2. Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

Faktor pengisian merupakan faktor yang menunjukkan besarnya perbandingan *volume* sebenarnya (V_n) dengan *volume* teoritis (V_t) dari suatu alat. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi *Fill Factor* adalah sebagai berikut (Susanti, 2005):

- Ukuran material, semakin besar ukuran material maka faktor pengisian semakin kecil.
- Kandungan air, semakin besar kandungan air maka faktor pengisian semakin kecil.

- Keterampilan dan pengalaman operator, makin terampil operator berarti faktor pengisian akan semakin besar.

Faktor pengisian dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$FF = \frac{Vb}{Vd} \times 100 \% \dots (2.4)$$

Dimana :

- FF = Faktor Pengisian (%)
 Vb = Kapasitas nyata yang ada dalam *bucket* (m³)
 Vd = Kapasitas teoritis suatu alat muat (m³)

Tabel 2.8. Tinggi Rendahnya Faktor Pengisian Suatu Alat

Spesifikasi	Faktor Pengisian
Baik Sekali	90 - 100 %
Baik	85 - 90 %
Sedang	75 - 85 %
Buruk	75%

Sumber : Prodjosumarto, 1996

2.4.3. Faktor Pengembangan (*Swell factor*)

Material yang digali akan mengalami pengembangan volume yang disebut *swell*. Besaran pengembangan volume dapat dinyatakan dengan dua istilah, yaitu :

- Faktor pengembangan (*swell factor*)
- Persen pengembangan (*percent swell*)

Setiap material memiliki persen pengembangan (*percent swell*) dan klasifikasi yang berbeda-beda. Nilai persen pengembangan dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut (Yanto Indonesianto, 2014).

Tabel 2.9. *Representative Swell For Different Classes Of Earth*

<i>Class Of Earth</i>	<i>Percent Swell (%)</i>
<i>Clean Sand or Gravel</i>	5 – 15
<i>Top Soil</i>	10 – 25
<i>Loamy Soil</i>	10 – 35
<i>Common Earth</i>	20 – 45
<i>Clay</i>	30 – 60
<i>Solid Rock</i>	50 – 80

Sumber :Yanto Indonesianto, 2014

Sedangkan faktor pengembangan *swell factor* (SF) merupakan perbandingan antara densitas dari material yang sudah digali dan yang belum digali. Bentuk persamaannya adalah :

$$SF = \frac{\text{Densitas sesudah digali}}{\text{Densitas sebelum digali}} \dots\dots(2.5)$$

2.4.4. Waktu Edar

Waktu edar adalah jumlah waktu yang diperlukan oleh alat mekanis baik alat muat maupun alat angkut untuk melakukan satu siklus kegiatan produksi dari awal sampai akhir dan siap untuk memulai lagi (Prodjosumarto, 1996).

a. Waktu Edar Alat Muat.

Waktu edar alat muat adalah waktu yang dibutuhkan oleh alat muat untuk menyelesaikan satu siklus kerjanya yang dimulai dari proses penggerukan sampai *swing* dalam keadaan kosong kembali.

$$CT(exca) = CT_{DG} + CT_{AM} + CT_{DM} + CT_{AK} \dots\dots (2.6)$$

Dimana :

CT(exca)	= waktu edar alat gali-muat
CT _{DG}	= waktu menggali (<i>digging</i>)
CT _{AM}	= waktu ayun bermuatan
CT _{DM}	= waktu menumpahkan muatan (<i>dumping</i>)
CT _{AK}	= waktu ayun dalam keadaan kosong

b. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut adalah waktu yang dibutuhkan oleh alat angkut dalam satu siklus kerjanya yang dimulai dengan membawa muatan dari blok penambangan menuju tempat penumpukan (*stockpile* atau *stockwash*) dan kembali ke blok penambangan kembali .

$$CT(angkut)=CT_1+CT_2+CT_3+CT_4+CT_5+CT_6+CT_7\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

CT(angkut)	= waktu edar alat angkut
CT1	= waktu mengambil posisi pemuatan
CT2	= waktu pemuatan
CT3	= waktu pengangkutan bermuatan
CT4	= waktu ambil posisi di tempat penimbunan
CT5	= waktu penumpahan muatan
CT6	= waktu angkut kosong
CT7	= waktu menunggu pemuatan

2.4.5. Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif adalah waktu kerja yang tersedia untuk memproduksi komoditas tambang dikurangi dengan waktu yang terbuang akibat adanya hambatan-hambatan.

Hambatan-hambatan yang ada dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

- Hambatan yang dapat dihindari
- Hambatan yang tidak dapat dihindari

Dengan memperhitungkan hambatan-hambatan tersebut, maka waktu kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Wke = Wkt - (Whd + Whtd) \dots (2.8)$$

dimana :

Wke = waktu kerja efektif, (menit)

Wkt = waktu kerja tersedia, (menit)

Whd = waktu hambatan yang dapat dihindari, (menit)

$Whtd$ = waktu hambatan yang tidak dapat dihindari, (menit)

Dengan diketahui hambatan-hambatan yang dapat dihindari maupun yang tidak dapat dihindari, maka akan didapat waktu kerja efektif dalam kondisi tersebut. Waktu kerja efektif akan berhubungan langsung dengan efisiensi kerja, dimana hal ini sangat berpengaruh terhadap tercapainya produksi yang diharapkan. Efisiensi kerja dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{Wke}{Wp} \times 100 \% \dots (2.9)$$

Dimana :

E = Efisiensi kerja (%)

We = Waktu kerja efektif (menit)

Wp = Waktu kerja produktif (menit)

Tabel 2.10. Tinggi Rendahnya Efisiensi Kerja

Kondisi Kerja	Kondisi Pengelolaan (%)			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik Sekali	84	81	75	70
Baik	78	75	71	65
Sedang	72	69	65	60
Buruk	63	61	57	52

Sumber : Prodjosumarto, 1996

2.4.6. Kapasitas Alat

Kapasitas alat adalah kemampuan alat untuk diisi, dimuat dan mengangkat material yang ditambang, kapasitas alat berkaitan erat dengan jenis material yang diisi atau dimuat. Kapasitas teoritis alat dapat dilihat di spesifikasi unit alat yang dibuat oleh pabrik alat berat yang bersangkutan.

a. Kemampuan Produksi Alat

Untuk menghitung kemampuan produksi alat-alat mekanis digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{gm} = \frac{360}{ctm} \times C_b \times F_f \times S_f \times E_{ff} \dots \quad (2.10)$$

dimana :

P_{gm}	= produksi perjam alat gali-muat (ton/jam)
C_b	= kapasitas <i>bucket</i> (m^3)
F_f	= faktor pengisian <i>bucket</i> (%)
C_{tm}	= waktu edar alat gali-muat (detik)
S_f	= <i>swell factor</i>
E_{ff}	= efisiensi kerja (%)

$$P_a = \frac{360}{ctm} \times C_b \times F_f \times S_f \times E_{ff} \times n \dots \quad (2.11)$$

dimana :

P_a	= produksi perjam alat angkut (ton/jam)
C_b	= kapasitas <i>bucket</i> (m^3)
F_f	= faktor pengisian <i>bucket</i> (%)
C_{tm}	= waktu edar alat muat (detik)
S_f	= <i>swell factor</i>
E_{ff}	= efisiensi kerja (%)
n	= Jumlah pengisian (pass)

b. Faktor Keserasian Alat (*Match Factor*)

Match Factor merupakan keserasian kerja antar alat muat dan alat angkut yang digunakan pada proses penambangan. Nilai keserasian kerja setiap rangkaian kerja yang digunakan dapat diukur dari data waktu edar dan jumlah peralatan mekanis yang digunakan dalam setiap rangkaian kerja tersebut. Keserasian kerja alat muat dan alat angkut dapat diketahui dengan menggunakan rumus *Match Factor* yaitu :

$$MF = \frac{Na \times Ctm \times n}{Ngm \times Cta} \quad \dots(2.12)$$

dimana :

MF	= faktor keserasian
Na	= jumlah alat angkut yang dioperasikan
Ngm	= jumlah alat gali-muat yang dioperasikan
Ctm	= waktu edar <i>Excavator</i> satu kali pemuatan (detik)
Cta	= waktu edar <i>Dump Truck</i> (detik)
n	= Jumlah pengisian (<i>pass</i>)

Dari persamaan diatas, ada tiga kemungkinan nilai keserasian kerja yaitu :

- MF < 1, kemampuan produksi alat muat lebih besar dari pada kemampuan alat angkut , sehingga ada waktu tunggu pada alat muat.
- MF > 1, kemampuan produksi alat muat sama dengan kemampuan produksi alat angkut ,jadi tidak ada waktu tunggu pada kedua alat tersebut.
- MF = 1, kemampuan produksi alat angkut lebih besar dari pada kemampuan produksi alat muat, sehingga ada waktu tunggu pada alat angkut.

2.5. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.11. Hasil Penelitian Terdahulu Yang Relevan

No.	Nama/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Muhammad Arofah/2016	Evaluasi Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Untuk Pengupasan Tanah Penutup Bulan Agustus 2016 di PIT-3 Timur Penambangan Banko Barat PT. BUKIT ASAM TBk	Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data, kemudian diolah dengan analisis komparatif, yaitu mengolah data teoritis dikaji dengan data nyata di lapangan	Alternatif yang dilakukan untuk mencapai target adalah meningkatkan waktu kerja efektif dan memperlebar jalan angkut. Pada <i>fleet</i> 1 dan 2 waktu kerja efektif ditingkatkan dari 15,23 jam menjadi 15,68 jam, dan <i>fleet</i> 3 ditingkatkan dari 14,12 jam menjadi 14,56 jam sehingga produktivitas meningkat dari 487.248 bcm/bulan menjadi 576.503 bcm/bulan.

No.	Nama/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
2	M. Chaidir Marrasabesy/ 2016	Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali- Muat dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi 4000 Ton/Hari Pada Kegiatan Penambangan Nikel di PT.Fajar Bhakti Lintas Nusantara, Desa Elvanun,Kecamatan Pulau Gebe,Kabupaten Halmahera Tengah, Maluku Utara	Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data, kemudian diolah dengan analisis komparatif, yaitu mengolah data teoritis dikaji dengan data nyata di lapangan	Optimalisasi yang dilakukan agar dapat mencapai target produksi yaitu antara lain, faktor efisiensi kerja dengan mengurangi waktu hambatan yang bisa dihindari, faktor pengisian alat angkut dengan menambah jumlah pengisian, dan faktor waktu edar alat angkut dengan melakukan perawatan dan perbaikan jalan angkut. Produksi setelah perbaikan yaitu alat gali-muat sebesar 4.042,44 Ton/hari dan alat angkut menjadi 4.040,84 Ton/hari.
3	Suherman/2020	Optimalisasi Delay Loader Untuk Mencapai Target Produksi Overburden Di PT. Pama Persada Nusantara Distrik PT. KPC Bengalon	Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data, kemudian diolah dengan analisis komparatif, yaitu mengolah data teoritis dikaji dengan data nyata dilapangan	Untuk memenuhi target produksi yaitu dengan cara menerapkan konsep P2H aviatu, pengaturan mekanisme <i>refueling</i> , pelarangan antri di pitstop, memakai alat yang sesuai dengan kapasitas produksi di perusahaan

No.	Nama/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4	Musryatun/2019	Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Di Front Wragler PT. ANTAM TBK UBPN Sultra Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara	Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data, kemudian diolah dengan analisis komparatif, yaitu mengolah data teoritis dikaji dengan data nyata dilapangan.	Upaya untuk meningkatkan produksi adalah dengan cara penambahan jumlah curah <i>bucket</i> pada saat pengisian <i>vessel</i> dari 5 kali menjadi 7 kali dan pengerasan jalan pada segmen tertentu agar tidak terjadi amblasan pada saat penambahan muatan di alat angkut
5	Super Andi/2019	Optimalisasi Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Untuk Pemindahan Batubara Pada Operasi Penanganan Batubara 4 Satker Penbara Blok Timur di PT. Bukit Asam TBK, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan	Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data, kemudian diolah dengan analisis komparatif, yaitu mengolah data teoritis dikaji dengan data nyata dilapangan.	Upaya yang dilakukan agar target pemindahan batubara dapat tercapai yaitu dengan menambahkan 9 unit alat angkut dan perbaikan di faktor-faktor yang menyebabkan tidak tercapai target pemindahan. Setelah perbaikan, produksi alat angkut meningkat menjadi 309.000 ton/bulan dan alat muat menjadi 321.470 ton/ Bulan.

No.	Nama/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
6	M. Yogi DJ Prassetya/2020	Analisis Metode Loading Terhadap Rasio In Pit Dump Untuk Perbaikan Front Loading Pada Area Poor Material Pit x WARA PT. Adaro Services Jobsite ADMO	Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data, kemudian diolah dengan analisis komparatif, yaitu mengolah data teoritis dikaji dengan data nyata dilapangan.	Didapati hasil perhitungan rasio In Pit Dump metode <i>single bench loading</i> 9,06 bcm : 1 bcm dan metode <i>double bench loading</i> 17,95 bcm : 1 bcm. berdasarkan perhitungan aktual didapatkan metode yang cocok untuk mengurangi <i>in pit dump</i> yaitu metode <i>double bench loading</i> dan biaya <i>in pit dump</i> dengan metode <i>double bench loading</i> bisa menghemat sebesar Rp 42.336.000 .,

