

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Suatu rancangan atau cara untuk meningkatkan target produksi sangat diperlukan oleh perusahaan. Hal ini bertujuan agar peningkatan target produksi yang telah ditetapkan dapat tercapai. Mengoptimalkan target produktivitas alat loader dan alat hauler pada pertambangan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produksi pada industri pertambangan. Industri pertambangan permukaan saat ini telah fokus pada pemanfaatan ukuran, pemanfaatan kapasitas tinggi peralatan otomatis untuk mendapatkan produksi yang tinggi sehingga dapat memenuhi tuntutan pasar skala internasional. Untuk mencapai tingkat produksi yang tinggi dan satuan harga yang rendah, maka perlu menggunakan peralatan seefektif mungkin menurut Waqas (2013) Dalam upaya peningkatan produktivitas alat loader dan alat hauler dapat menggunakan banyak metode, salah satu metode yang digunakan adalah *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. *Overall equipment effectiveness* adalah topik yang telah mencapai banyak perhatian dalam dua dekade terakhir. OEE merupakan parameter pengukuran yang menggabungkan beberapa aspek ketersediaan, kinerja dan kualitas peralatan untuk mengukur efektivitas peralatan dalam industri manufaktur. Menurut Williamson (2006), OEE merupakan alat pengukur kinerja alat (*complete, inclusive, whole*), bahwa suatu alat dapat bekerja seperti seharusnya atau bekerja maksimal. Tujuan penggunaan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* yaitu untuk mengukur kinerja alat loader dan alat hauler di pertambangan yang diharapkan dapat bekerja seperti seharusnya atau maksimal yang nantinya akan berpengaruh pada nilai produktivitas alat loader dan alat hauler tersebut.

#### 2.1.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang membahas produktivitas alat loader dan alat hauler seperti pada penelitian Brillyant (2018) untuk meningkatkan produktivitas alat loader dan alat hauler menggunakan kombinasi antara alat loader dan alat hauler sehingga mendapatkan keserasian, beberapa faktor yang dianalisis adalah kapasitas produksi per jam, *cycle time excavator* dan *dump truck*, jumlah alat yang digunakan serta kapasitas alat hauler dan alat loader. Kekurangan dalam penelitian Brillyan (2018) adalah tidak mencari solusi untuk perbaikan *match factor* pada *front* penambangan tidak serasi atau masih dibawah 1 sehingga working time

efektif masih terlalu kecil. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Fitri (2020) menganalisis produktivitas penggunaan alat berat *excavator* dan *dump truck* pada pergantian jembatan sungai bregas, dapat menggunakan metode mengumpulkan data dari produksi per siklus, waktu siklus, produktivitas *excavator* dan *dump truck*, serta biaya operasional *excavator* dan *dump truck* sehingga dapat diketahui berapa biaya untuk sewa alat dalam pengerjaan proyek tersebut. Kekurangan pada penelitian Fitri (2020) adalah tidak menghitung lamanya waktu *standby* alat berat *excavator* dan *dump truck* yang digunakan pada pergantian jembatan berengas sehingga dalam perhitungan harga sewa alat selama 1 jam tidak dipotong dengan waktu *standby* alat tersebut. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Qariatullailiyah dan Retno Indryani (2013) penggunaan alat berat pada pelaksanaannya harus diperhitungkan agar penggunaannya dapat optimal, yaitu dengan mencapai biaya minimum tanpa mengabaikan target waktu pengerjaan. Biaya minimum dapat dikerjakan dengan Teknik pemrograman matematik yaitu program linier yang menggunakan metode simpleks. Kekurangan pada penelitian Qariatullailiyah dan Indryani (2013) tidak dapat memastikan apakah biaya minimum yang dikeluarkan tersebut mampu menyelesaikan proyek grand island karena dalam perhitungan dengan program linier, variable keputusan yang digunakan adalah *dump truck*, serta *bulldozer*. Sedangkan alat yang digunakan adalah beberapa jenis dari *dump truck*, *bulldozer* dan *excavator*. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nuryono (2015) dalam proses peningkatan produktivitas alat hauler dipengaruhi oleh beberapa factor, diantaranya terkait dengan waktu siklus alat hauler dan jumlah produksi yang diangkut alat hauler. Penyelesaian masalah yang terjadi dilakukan dengan menggunakan metode *Quality Control Circle*. Kekurangan dalam penelitian oleh Nuryono (2015) terdapat pada metode yang digunakan. Karena menggunakan metode *Quality Control Circle* dapat memakan waktu yang lama, karena simulasi untuk mencari solusi harus benar - benar dilakukan di lapangan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Atika (2020) optimalisasi produktivitas alat hauler tambang pasir di kabupaten lumajang dengan menghitung *cycle time* dan factor keserasian alat yang digunakan, yaitu *Excavator Changlin ZG3210-9* dan *Dumptruck Hino Dutro 130 HD*. Hasil yang didapat adalah tidak tercapainya target produksi dari *dumptruck Hino Dutro 130*. Kekurangan penelitian yang dilakukan oleh Atika (2020) adalah tidak memperhatikan kondisi hauling road yang dilalui oleh *dumptruck* yang digunakan. Yang dihitung hanya *cycle time* alat tersebut, mulai

dari waktu loading terdapat 3 bagian yaitu pemasangan *screen*, *loading*, dan pengambilan *screen*, kemudian *Hauling* terdapat 2 bagian yaitu pemasangan terpal dan *Hauling*, kemudian *dumping* terdapat 3 bagian yaitu *manuver*, pelepasan terpal, dan *dumping*, yang terakhir adalah return terdapat 2 bagian yaitu penutupan *vessel* dan *return*. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nasuhi (2017) Optimalisasi dan produktivitas Alat gali dan muat dan alat hauler tambang batu granit di kabupaten Bengkulu menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hasil yang didapat adalah penggunaan alat loader dan alat hauler belum sepenuhnya maksimal. *Match factor* yang dihasilkan oleh satu unit *excavator Kobelco SK 200-8* dengan empat DT Hino ranger FM JD 260 tidak lebih dari 1, berarti adanya waiting time sebesar 1,64 menit untuk alat gali – muat. Kekurangan pada penelitian yang dilakukan oleh Nasuhi (2017) adalah tidak menunjukkan cara mereka melakukan perbaikan waktu edar dari 2063,84 detik menjadi 1463,84 detik. Penelitian terakhir dilakukan oleh Purwoko (2018) Kajian Teknis Produktivitas Alat gali Muat dan Alat hauler Pada Pertambangan Batu Granit di Kalimantan Barat menunjukkan target produksi yang diharapkan perusahaan sebesar 18.000 BCM/ bulan belum tercapai. Sama dengan penelitian yang dibahas sebelumnya yaitu *factor kesererasian* tidak sampai 1 terhadap alat loader dan alat hauler. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian tersebut adalah metode kuantitatif dengan tujuan mengetahui produksi actual dan mengkaji penyebab tidak tercapainya produksi, serta upaya perbaikan agar produktivitas alat loader dan alat hauler dapat meningkat. Pada penelitian yang dilakukan oleh Purwoko (2018) sudah menunjukkan beberapa alternatif perbaikan namun kekurangannya adalah tidak menunjukkan alternatif perbaikan mana yang efektif dilakukan pada perusahaan tersebut.

Ada 4 kunci yang menjadi *factor* untuk meminimalkan biaya produksi: pertama adalah meningkatkan produktivitas, kedua meningkatkan jam operasi, ketiga meningkatkan jumlah produksi alat loader, dan keempat mengurangi jumlah equipment atau alat hauler. Ketersediaan alat dan pemanfaatannya adalah *indicator* utama dari suatu kegiatan produksi (Arumugham, 2015). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Atika dan Putri (2020)) optimalisasi produktivitas alat, maka harus mengetahui beberapa data yang digunakan sebagai parameter yaitu *cycle time* dari alat tersebut yang didapat dari jenis alat, jam kerja, serta *availability*. Tahap selanjutnya adalah memperoleh faktor kesererasian alat yang digunakan dan menuju tahapan pengoptimalan produktivitas dengan cara

memperkecil hambatan yang ada. Produktivitas alat adalah kemampuan alat untuk melakukan suatu pekerjaan dalam satuan waktu tertentu. satuan produktivitas alat dinyatakan dalam bcm/satuan waktu. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas alat hauler, waktu edar alat dan efisiensi kerja alat (Tenriajeng, Andi Tenrasukki. 2011). *Cycle time* adalah waktu yang diperlukan sebuah alat untuk menyelesaikan satu kali putaran kerja. Semakin besar *cycle time* suatu alat kerja, maka semakin kecil kemampuan produksi alat tersebut sehingga mengakibatkan produktivitas alat tersebut rendah. (Shtub & Cohen, 2016)

### 2.1.2 Perbandingan Penelitian

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Penulis	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode	Hasil
1	Brillyant (2018)	PT Fontana Resources Indonesia, Kalimantan Tengah	Penggunaan kombinasi 1 Excavator dan 4 Ariculated Dump truck untuk produksi Overburden tidak tercapai	Menghitung seluruh unsur geomorfologi, struktur geologi dan mengamati siklus produksi alat.	Produksi melebihi target.
2	Fitri (2020)	Proyek Penggantian Jembatan Sungaiiberan gas	Analisis produktivitas, biaya dan waktu penggunaan alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek penggantian jembatan	Metode deskriptif	Dengan volume total excavation 618,34 m <sup>3</sup> , produksi excavator per jam sebesar 44,64 m <sup>3</sup> /jam, dump truck sebesar 6,68 m <sup>3</sup> / jam dengan

					biaya operasional excavator Rp. 316.295 per jam dan dump truck sebesar Rp. 117.150,18 per jam
3	Qariatullah dan Retno Indryani (2013)	Proyekg Rand Island Surabaya	belum ditentukan perhitungan biaya minimum yang digunakan untuk pekerjaan pengangkutan dan penimbunan	Program linier metode simpleks	Biaya minimum untuk pengangkutan material kapur sebesar Rp. 61.411.547.565,94 untuk pengangkutan sirtu sebesar Rp. 72.998.010.635,29 untuk pengangkutan paras sebesar Rp. 66.448.466.086,83 dan untuk pekerjaan penimbunan sebesar Rp.8.271.827.597,23.

4	Nuryono (2015)	PT Riung Mitra Lestari	Kinerja off high truck menunjukkan pencapaian produktivitas dibawah standar	Quality Control Circle (QCC)	Peningkatan produktivitas sebelumnya 57,3 % meningkat sebesar 22,8 %.
5	Atika (2020)	Tambang Pasir Kabupaten Lumajang	Waktu hauling kurang optimal, pemasangan terpal dan pada waktu dumping saat manuver, pelepasan terpal dan dumping	Menghitung Cycle time dan Availability.	produksi meningkat menjadi 226,232 m3/bulan
6	Nasuhi (2017)	PT Vitrama Properti Desa Air Mesu	Tidak efisiennya penggunaan alat mekanis	Deskriptif kuantitatif	Perbaikan waktu edar dari 2063,84 detik menjadi 1463,84 detik, peningkatan efisiensi kerja dalam kegiatan gali dan muat dari 46,57% menjadi 66,88% dan kegiatan pengangkutan dari 40,51%

					menjadi 61,55%
7	Purwoko (2018)	PT Hansido Mineral Persada Sungai Pinyuh.	Target produksi sebesar 18.000 BCM/bulan yang diharapkan perusahaan belum tercapai	Metode kuantitatif	Tercapainya target produksi dari 15.924,23 BCM/bulan menjadi 26.272,30 BCM/bulan

### 2.1.3 Penelitian Sekarang

Penelitian yang akan dilakukan yaitu untuk menghitung tingkat produktivitas alat mekanis, serta menganalisis faktor apa saja yang menyebabkan target produksi mekanis tidak tercapai. Alat mekanis yang dimaksud adalah alat loader dan alat hauler. Setelah mengetahui faktor penyebab, kemudian mencari solusi untuk meningkatkan kemampuan produksi dari alat hauler dan alat loader supaya target produksi telah ditentukan perusahaan dapat tercapai serta dapat digunakan sebagai solusi alternatif bagi perusahaan.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Definisi Pertambangan

Undang-Undang nomor 3 tahun 2020 menjelaskan bahwa pertambangan adalah suatu tahapan dari penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengelolaan dan pemurnian hasil tambang, kemudian dijual serta kegiatan pasca tambang seperti penghijauan dan penanaman kembali. Eksploitasi hanya dapat dilaksanakan ketika pemiliki lahan memiliki Ijin Usaha Pertambangan (IUP) operasi produksi.

Undang-Undang Dasar 1945, Pasal 33, Ayat (3) disebutkan, bumi dan laut serta kekayaan didalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan semaksimal mungkin untuk kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Di dalam pasal tersebut tersirat kekayaan alam diantaranya adalah bahan galian industri. Agar semua bahan galian tersebut dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk kemakmuran rakyat Indonesia. Kegiatan penambangan bahan galian tanpa terkecuali dan termasuk bahan galian industri akan mengubah keadaan lingkungan sekitar area tambang. Oleh karena itu kegiatan tersebut diusahakan agar dapat

memperhatikan keseimbangan alam yang dilaksanakan dengan kesadaran dari diri sendiri dan tidak perlu diawasi terus menerus. Berkaitan dengan hal tersebut seorang pengusaha bahan galian diwajibkan memahami sebaik mungkin konsep pengelolaan sumber daya alam. (Sukandarrumidi, 2009)

### **2.2.2. Sumber Daya Mineral**

Mineral merupakan sumber daya alam yang proses pembentukannya memakan waktu jutaan tahun dan sifat utamanya bukan energi terbarukan. Mineral pada tujuannya dimanfaatkan untuk kebutuhan industri dalam produksi suatu produk (Sukandarrumidi, 2009). Dalam hal ini mineral lebih dikenal dengan istilah bahan galian. Karena sangat penting kedudukan bahan galian di Indonesia maka melalui PP No. 27 tahun 1980 bahan galian dibagi menjadi 3 golongan yaitu bahan galian strategis, bahan galian vital, dan bahan galian non vital dan non strategis. Berikut penjelasan tentang golongan bahan galian.

1. Bahan galian strategis merupakan bahan galian golongan A yang terdiri dari: timah, kobalt, nikel, radio aktif, lilin beku, antrasit, gas alam, bitumen dan yang lainnya
2. Bahan galian vital merupakan bahan galian golongan B. terdiri dari: mangan, molibden, khrom, timbal, besi, seng, tembaga, emas, air raksa, perak, antimon, arsen, korundum, kristal kuarsa, zircon, fluorspar, yodium, barit, belerang, brom, khlor, perak, platina dan logam – logam langka lainnya.
3. Bahan galian golongan C yaitu bahan galian non strategis dan bukan bahan galian vital. Terdiri. dari: nitrit, fosfat, garam batu, nitrat, yarosit, tawas, batu permata, pasir kuarsa, gypsum, tanah liat, granit, kalsit, trakhit, pasir sepanjang bahan galian tersebut tidak mengandung unsur yang terdapat pada bahan galian A dan B.

Pada penelitian yang akan dilakukan, peneliti melakukan pengamatan pada bahan galian golongan B yaitu sumber daya mineral bauksit.

### **2.2.3. Fleet Management**

Fleet management merupakan suatu konsep manajemen yang biasa digunakan pada industri pertambangan. konsep untuk mengontrol setiap aktivitas yang ada dalam penambangan yang berorientasi terhadap pencapaian keuntungan yang maksimal disebut juga Fleet management. Produktivitas alat hauler dan alat loader yang optimal dapat meningkatkan produksi serta dapat mengurangi biaya operasional alat yang digunakan. (Knights, 2011)



Konsep *fleet management* meliputi:

a. Produktivitas

Produktivitas merupakan suatu kata yang diserap dari bahasa Inggris yaitu "*productivity*". *Productivity* merupakan gabungan dari dua kata yaitu *product* dan *activity*, dapat diartikan sebagai suatu kegiatan untuk menghasilkan sesuatu, berupa jasa atau barang. Produktivitas adalah kemampuan yang dimiliki suatu objek berupa orang, sistem, ataupun mesin untuk menghasilkan sesuatu yang telah direncanakan dengan menggunakan sumber daya seefektif dan seefisien mungkin.

Produktivitas memiliki beberapa faktor penting, yaitu:

1. Efektivitas merupakan ukuran dari ketepatan dalam pemilihan cara untuk melakukan sesuatu agar target dapat tercapai.
2. Efisiensi merupakan ukuran dari ketepatan ketika melakukan sesuatu dengan meminimalkan penggunaan sumber daya yang ada.
3. Kualitas merupakan kriteria pernyataan baik buruk suatu spesifikasi, persyaratan serta harapan yang berasal dari konsumen.

Tabel 2.2 Definisi Produktivitas Menurut Para Ahli

No	Menurut	Definisi Produktivitas
1	Herjanto, Eddy (2001)	Produktivitas merupakan suatu ukuran untuk menyatakan bagaimana baiknya sumber daya diatur serta dimanfaatkan sebaik mungkin untuk mencapai hasil yang optimal.
2	Umar, H (2002)	Produktivitas merupakan perbandingan hasil yang dicapai dengan sumber daya yang digunakan.
4	Sinungan, M (2008)	Produktivitas adalah hubungan antara hasil aktual dengan masukan target.

Rumus produktivitas adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Produksi}}{\text{Waktu}}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

#### b. Utilisasi Alat

Utilisasi berarti working time efektif alat yang dapat dihitung dalam satuan waktu. Utilisasi adalah ukuran waktu perangkat benar-benar melakukan aktivitas sesuai fungsinya dan dinyatakan sebagai persentase. (Pratama et al., 2017)

Utilisasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Utilisasi = \frac{Jumlah\ Jam\ Operasi\ Mesin}{Jam\ yang\ Tersedia} \times 100\ %$$

Jam operasi mesin adalah total working time mesin bekerja dalam satuan waktu tertentu. Jam yang tersedia adalah waktu yang tersedia bagi operator untuk menggunakan mesin dalam working time yang telah ditentukan.

#### c. Physical Availability

Physical Availability merupakan perhitungan hilangnya working time alat yang diakibatkan oleh faktor diluar kerusakan mekanis, seperti hujan, jalan licin dan faktor lain yang diakibatkan oleh alam (Sudrajad et al., n.d.)

Physical Availability dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Physical\ Availability = \frac{wt + wstb}{(wt + wr + wstb)} \times 100\%$$

Keterangan:

Wt = total waktu operasional unit

Wstb = waktu standby unit

Wr = lost time diakibatkan kerusakan unit

#### d. Safety and Health

Kesehatan adalah keadaan dimana seseorang terbebas dari penyakit fisik, mental dan sosial, sehingga dapat melakukan aktivitas dengan lebih baik di rumah atau di tempat kerja. Kesehatan sangat berpengaruh terhadap tempat kerja, karena pada saat pekerja sakit maka pekerjaannya menjadi sulit dan menjadi sangat sulit untuk bekerja dengan baik dan menyelesaikan pekerjaannya. Program Kesehatan dan keselamatan karyawan harus menjadi prioritas utama dalam suatu perusahaan agar karyawan dapat bekerja dengan baik, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya. Program Kesehatan dan keselamatan ini harus menekankan keterlibatan karyawan, pemantauan lanjutan dan Kesehatan secara menyeluruh. Oleh karena itu, Kesehatan dan keselamatan kerja ditujukan untuk menciptakan kondisi, kemampuan, dan kebiasaan yang memungkinkan pekerja dan perusahaan untuk melaksanakan pekerjaan secara efisien (Katunge et al., 2016)

#### **2.2.4. Bauksit**

Bauksit merupakan anggota mineral aluminium hidroksida seperti gipsit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), boehnit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), diaspor ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) memiliki warna putih sedikit kekuningan dalam keadaan murni, serta bewarna merah atau coklat apabila terkontaminasi oleh besi oksida atau bitumen. Di Indonesia persebaran bauksit terdapat di Pulau bintan, Pulau Bangka, dan Kalimantan Barat (Sukandarrumidi, 2009). PT Aneka Tambang merupakan salah satunya perusahaan tambang yang melakukan penambangan bauksit di daerah Kalimantan barat. Lokasi penambangan dilakukan oleh PT Aneka Tambang UBP Bauksit Dusun piasak, Desa pedalaman, Kecamatan Tayan Hilir, Kabupaten sanggau, Kalimantan Barat. Kegunaan bijih bauksit adalah sebagai bahan baku utama pembuatan logam aluminium hidroksida dan bahan dasar industri kimia *refractory*.

#### **2.2.5. Loading dan Hauling**

Dalam penelitian yang dilakukan difokuskan pada proses loading bijih bauksit, pengangkutan dan pembuangan (*dumping*) atau lebih dikenal dengan istilah *loading* dan *hauling* bijih bauksit.

Pekerjaan tersebut meliputi:

##### **a. *Excavating* atau Excavation**

Excavation merupakan proses pengambilan material dibawah permukaan tanah dengan menggunakan alat berat, kemudian di buang atau dimanfaatkan kedalam bentuk lainnya. Aktivitas excavation terdiri dari aktivitas digging, swing isi, loading dan swing kosong.

- Digging adalah aktivitas alat loader mengisi bucket dengan cara kerja kerja dianalogikan dengan sistem kerja cangkul.
- Swing isi adalah aktivitas alat loader saat mengayunkan bucket yang berisi material kearah alat hauler.
- Loading adalah proses pemindahan material dari bucket alat loader kedalam bak alat hauler dengan cara ditumpahkan.
- Swing kosong adalah proses alat loader mengayunkan lengan bucket ke dari arah alat loader ke material yang akan diambil dengan bucket dalam keadaan kosong.

#### b. Loading / loading

Loading adalah proses pemindahan material menggunakan alat berat seperti wheel loader, excavator kedalam alat pengangkut seperti rear dump truck, articulated dump truck dan lain – lain.

#### c. Pengangkutan / hauling

Pengangkutan adalah proses pengangkutan material seperti *waste material* atau *ore* oleh alat hauler dari tempat front penambangan menuju *waste dump* atau *stockpile*. Faktor yang perlu diperhatikan dalam kegiatan pengangkutan adalah hauling road (geometri hauling road dan pemeliharaan hauling road). Proses hauling terdiri dari waiting 1, manuver 1, Loading, hauling isi, waiting 2, manuver 2, dumping dan hauling kosong.

- Waiting 1 adalah kegiatan alat hauler mengantri untuk pengisian material kedalam bak alat hauler oleh alat loader.
- Manuver 1 adalah kegiatan alat hauler untuk mengambil posisi sebelum proses loading dilakukan. Tujuan pengambilan posisi tersebut adalah agar alat loader dapat dengan mudah mengisi bak alat hauler
- Loading adalah proses pengisian material oleh alat loader terhadap alat hauler.
- Hauling isi adalah proses pemindahan material oleh alat hauler dari front menuju washing plant.
- Waiting 2 adalah proses mengantri untuk dumping material di area wp atau ETO.
- Manuver 2 adalah proses pengambilan posisi alat hauler sebelum melakukan proses dumping. Pengambilan posisi tersebut sesuai dengan arahan dari pengawas.
- Dumping adalah kegiatan penumpahan material oleh alat hauler ke tempat yang telah ditentukan.
- Hauling kosong adalah proses alat hauler Kembali ke front untuk mengantri pengisian material.

#### 2.2.6. Pola Loading

Pola loading merupakan faktor yang penting yang mempengaruhi kecepatan produksi suatu pertambangan. Alat loader akan melakukan kegiatan excavation material, ketika bucket alat loader kondisi kosong, maka material dalam bucket siap ditumpahkan ke alat hauler. Setelah terisi penuh, maka alat hauler tersebut harus meninggalkan lokasi loading dan diganti dengan alat hauler yang masih

kosong atau yang sudah mengantri. Pola loading dapat diklasifikasi menurut beberapa persepsi, yaitu: (Hustrulid et al., n.d.)

a. Pola loading berdasarkan posisi alat loader terhadap alat hauler

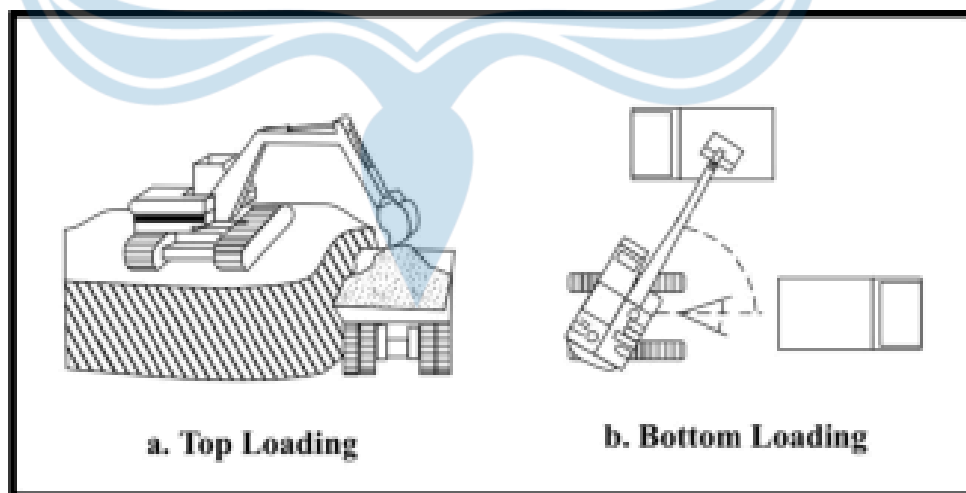
Pola loading secara umum dibedakan dengan posisi kedudukan antara alat hauler dan alat loader. Perbedaan posisi antara kedua alat dapat dibedakan berdasarkan perbedaan ketinggian penempatan level kerja antara alat loader dan alat hauler. Posisi antara alat loader dan alat hauler dapat berada pada level yang sama atau berbeda. Posisi antara alat hauler dan loader dapat dilihat pada gambar 2.1.

1. *Top loading*

*Top loading* merupakan posisi pemutan alat loader lebih tinggi dari posisi alat hauler (alat loader berada dibagian atas jenjang alat hauler). Posisi ini memiliki kelebihan yaitu waktu loading material akan lebih cepat dibandingkan posisi *bottom loading*, namun tidak semua tempat loading dapat menggunakan *top loading* karena menyesuaikan dengan kondisi struktur tanah.

2. *Bottom loading*

*Bottom loading* merupakan elevasi alat loader berada dan alat hauler berada pada posisi yang sama saat proses loading. Posisi ini memiliki kelebihan yaitu kemudahan dalam mengambil material dan memasukkan material kedalam alat hauler yang mudah.



Gambar 2.1 *Top Loading* Dan *Bottom Loading*  
(Nichols et al., 2005)

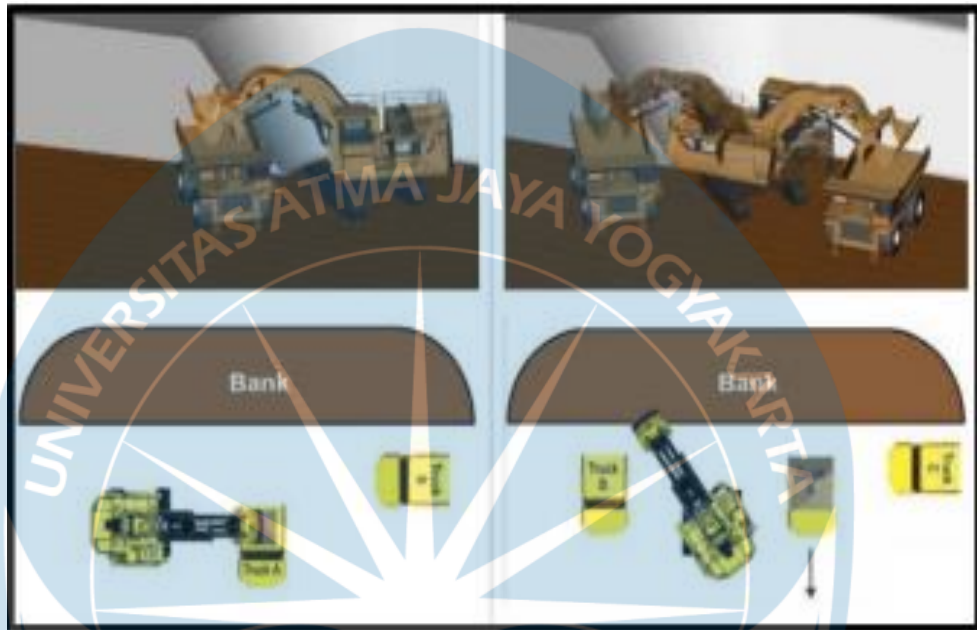
b. Pola loading peletakan loader terhadap jumlah hauler.

1. *Single – side loading*

*Single - side loading* yaitu pola loading dimana alat loader berada di salah satu sisi alat hauler.

2. *Double - side loading*

*Double - side loading* yaitu pola loading dimana alat hauler mengambil posisi loading darri kedua sisi alat loader.



Gambar 2.2 Pola Loading penempatan alat loader terhadap jumlah alat hauler (Caterpillar, 2015)

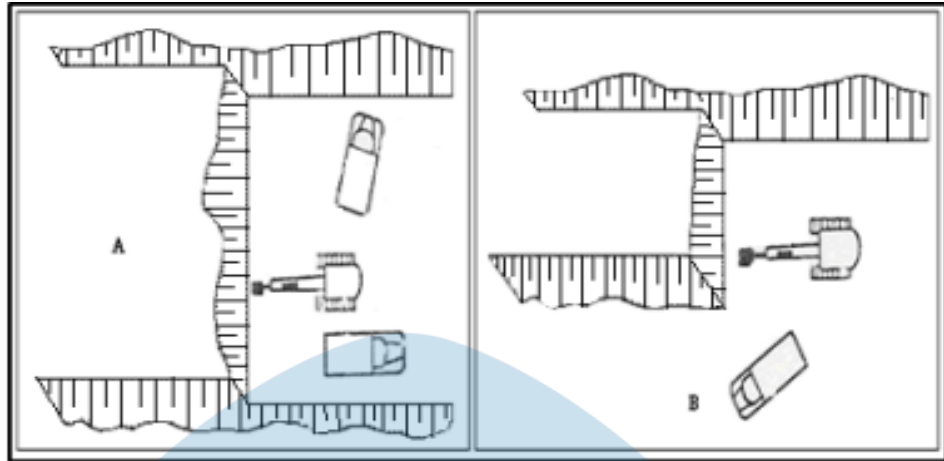
c. Pola loading berdasarkan manuver dari alat loader berdasarkan muka jenjang pola loadingnya.

1. *Parallel cut with drive by.*

Loading terjadi sejajar dengan bagian depan alat loader. Pada model ini posisi alat hauler adalah dua arah, dengan sudut putaran alat loader lebih besar dari sudut putaran ke depan. Pada metode ini, alat hauler tidak perlu mengatur posisi terhadap alat loader, sehingga penempatan posisi akan lebih mudah.

2. *Frontal cut*

*Frontal cut* merupakan pola loading yang menunjukkan letak alat loader berhadapan langsung dengan muka jenjang. Proses *excavation* yang dilakukan oleh alat loader dilakukan ke arah depan kemudian ke samping dari letak alat loader. Untuk penempatan posisi alat hauler digunakan pola *double side loading* yang didahului pada satu sisi dan dilanjutkan sisi lainnya.



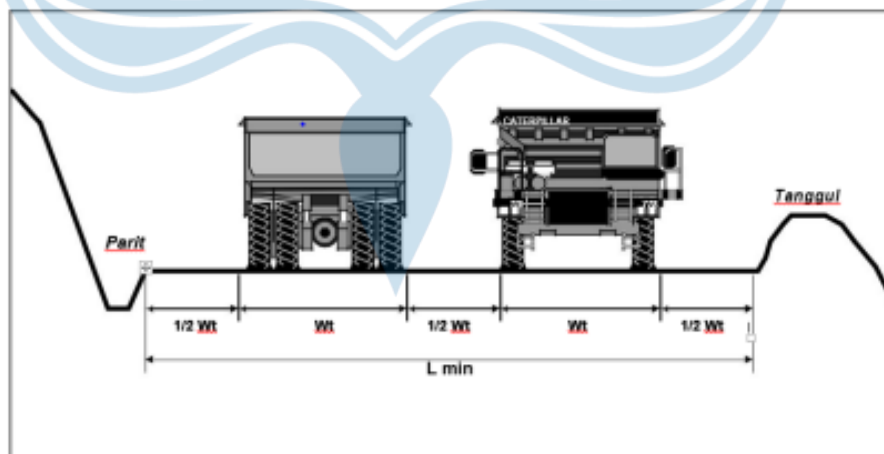
Gambar 2.3 Pola Loading Berdasarkan Cara Manuvernya (Hustrulid et al., 2014.)

### 2.2.7. Geometri Hauling road

Fungsi dari hauling road dalam pertambangan adalah untuk menunjang kelancaran pengangkutan material yang ada di tambang. Penggunaan hauling road tersebut harus memperhatikan geometri hauling road yang disesuaikan dengan spesifikasi alat, sehingga tidak menimbulkan hambatan atau gangguan dalam kegiatan pertambangan.

#### a. Lebar hauling road pada *track* lurus

Pengukuran hauling road minimum yang dipakai untuk track lurus dapat dilihat pada gambar 2.4 adalah:



Gambar 2.4 Lebar Hauling road Dua Jalur (Kaufman et al., n.d.)

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

Keterangan:

- L = Lebar hauling road minimum (m)
- n = jumlah jalur angkut
- Wt = Lebar alat hauler (m)

b. Lebar hauling road pada tikungan

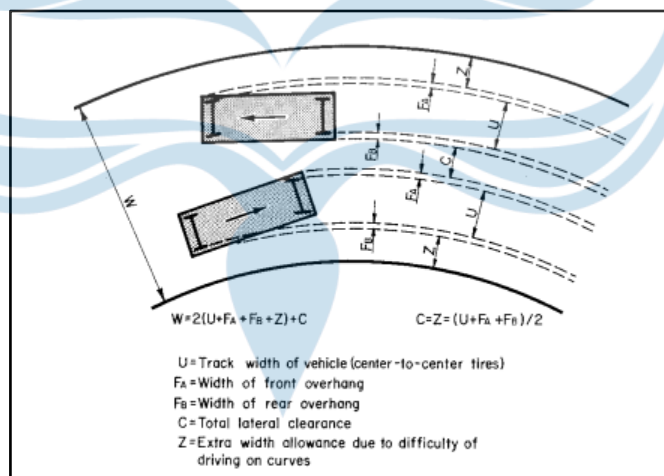
Lebar jalur penarik pada jalur menikung selalu lebih besar dari lebar jalur penarik pada jalur lurus. Untuk menghitung lebar jalur penarik pada jalur belok dapat menggunakan rumus dibawah ini:

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

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

Keterangan :

- W = Lebar jalan angkut pada tikungan, (m)
- n = Jumlah jalur
- U = Jarak jejak roda kendaraan (m)
- Fa = Lebar jantai depan (m), ( jarak as depan dengan bagian depan x sinus sudut penyimpangan roda )
- Fb = Lebar jantai belakang (m), ( jarak as belakang dengan bagian belakang x sinus sudut penyimpangan roda )
- C = Jarak antara dua dump truck yang akan bersimpangan, (m)
- Z = Jarak sisi luar dump truck ke tepi jalan, (m)



Gambar 2.5 Lebar Hauling road Untuk Dua Jalur Pada Tikungan (Kaufman et al., n.d.)

c. Kemiringan jalan

Kemiringan hauling road penting untuk diperhatikan pada area pertambangan. Kemiringan hauling road dapat mempengaruhi kinerja alat hauler yang menggunakan jalan tersebut. Kemiringan jalan dinyatakan dalam satuan persentase. Contoh: kemiringan jalan 1 % berarti dalam Panjang jalan sejauh



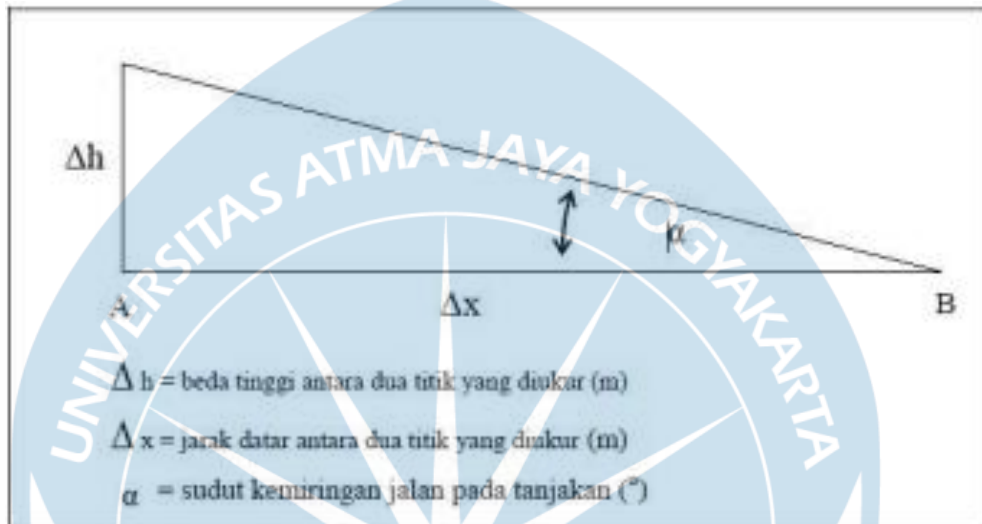
100 meter, jalan tersebut naik atau turun sebesar 1 meter. Untuk menghitung kemiringan hauling road dapat menggunakan rumus dibawah:

$$\text{Grade } (G) = \frac{\Delta h}{\Delta x} (100\%)$$

Keterangan:

$\Delta h$  = beda tinggi antara titik A ke B yang diukur (m)

$\Delta x$  = panjang jalan antara titik A ke B yang diukur (m)



Gambar 2.6 Kemiringan Hauling road

d. Superelevasi

Superelevasi merupakan sudut elevasi yang terbentuk pada tikungan jalan dari batas tepi jalan bagian dalam dengan batas tepi jalan bagian luar karena perbedaan ketinggian antara 2 batas tersebut. Superelevasi digunakan untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja misalnya terguling, keluar berem dan mobil tergelincir. Superelevasi bertujuan untuk meminimalisir kecelakaan pada kendaraan. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung superelevasi:

$$e = \frac{v^2}{g \times R} - f$$

Keterangan:

$e$  = Superelevasi ( $\tan \theta$ )

$f$  = Koefisien gesekan

$g$  = gravitasi bumi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$R$  = radius/ jari - jari tikungan (m)

$v$  = Kecepatan kendaraan (m/s)

Nilai koefisien gesekan dapat diabaikan karena besar nilai gesekan pada jalan sangat kecil. Selain menggunakan rumus diatas, sudut superelevasi juga dapat ditentukan menggunakan tabel berikut.

Tabel 2.3 Angka Superelevasi yang Direkomendasikan (Tannant, 2001)

Jari-jari tikungan (m)	Kecepatan (km/jam)				
	24	32	40	48	>56
15	4%				
30	4%	4%			
45	4%	4%	5%		
75	4%	4%	4%	6%	
90	4%	4%	4%	4%	6%
180	4%	4%	4%	4%	4%
300	4%	4%	4%	4%	4%

### 2.2.8. Waktu Edar

Total waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk menyelesaikan satu siklus kerja disebut dengan waktu edar, sehingga semakin kecil waktu edar yang dibutuhkan oleh alat maka semakin produktif alat tersebut bekerja.

### 2.2.9. Waktu Edar Alat loader

Siklus kerja alat loader mulai dari digging material, *swing* isi material ke alat hauler, menumpahkan material dalam bucket, kemudian *swing* kosong. Jadi waktu edar dari alat loader adalah total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 1 siklus kerja dari digging material sampai swing kosong Kembali ke awal. Rumus untuk menghitung waktu edar alat loader adalah sebagai berikut: (Hustrulid et al., n.d.)

$$Ctm = Tm1 + Tm2 + Tm3 + Tm4$$

Keterangan:

Ctm = total waktu edar siklus loading (s)

Tm1 = waktu untuk digging material (s)

Tm2 = Waktu swing bucket bermuatan (s)

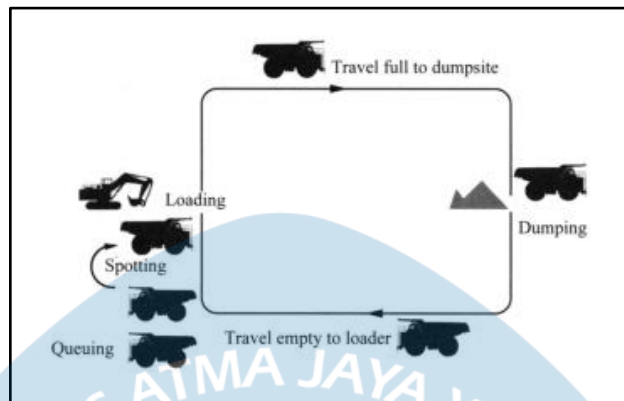
Tm3 = waktu untuk menumpahkan material (s)

Tm4 = waktu swing bucket kosong (s)

### 2.2.10. Waktu Edar Alat hauler

Siklus kerja dari alat hauler mulai dari mengambil posisi loading, proses loading, proses pengangkutan, mengambil posisi untuk *dumping*, proses dumping, kemudian kembali kosong untuk dimuat kembali. Sehingga waktu edar alat hauler yaitu total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan siklus tersebut.rumus

menghitung waktu edar alat hauler adalah sebagai berikut: (Burt & Caccetta, 2014a)



Gambar 2.7 Siklus Alat hauler

$$C_{ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4} + T_{a5} + T_{a6}$$

Keterangan:

- $C_{ta}$  = total waktu siklus pengangkutan material
- $T_{a1}$  = waktu mengambil posisi untuk pemuatan (manuver)
- $T_{a2}$  = waktu pemuatan
- $T_{a3}$  = Waktu mengangkut material
- $T_{a4}$  = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan (manuver)
- $T_{a5}$  = Waktu penumpahan
- $T_{a6}$  = waktu kembali dalam kondisi kosong

### 2.3. Produktivitas dan Produksi Alat Mekanis

#### 2.3.1. Produktivitas Alat loader

Produktivitas alat loader adalah kemampuan kemampuan alat loader untuk melakukan kegiatan loading material waktu tertentu. Satuan yang banyak digunakan adalah satuan jam. Persamaan produktivitas alat loader adalah:

$$p_{tm} = \frac{60}{C_{tm}} \times KB \times FF \times EK \times SF$$

Keterangan:

- $P_{tm}$  = Produktivitas alat loader ( $m^3$ /jam)
- $F_f$  = Faktor pengisian (%)
- $C_{Tm}$  = Waktu edar alat loader (menit)
- $E_K$  = Efisiensi kerja (%)
- $K_B$  = Kapasitas bucket ( $m^3$ )
- $S_F$  = *Swell Factor* (%)

### 2.3.2. Produktivitas Alat hauler

Proses pengangkutan merupakan proses pemindahan material dari kegiatan loading yang dilakukan alat loader kedalam alat hauler kemudian material yang diabwa akan ditumpahkan ke tujuan tertentu untuk diproses lebih lanjut, misalnya pencucian material, bongkar ke dalam tongkang untuk langsung di ekspor dan yang lainnya. Produktivitas alat hauler merupakan kemampuan alat hauler untuk memindahkan material yang akan diproses lebih lanjut dalam satuan ritase atau tonasedalam waktu tertentu. Semakin banyak material yang diangkut oleh alat hauler dalam waktu tertentu, maka semakin besar produktivitas alat hauler tersebut. Untuk menghitung produktivitas alat hauler, dapat menggunakan persamaan dibawah: (Hustrulid dan Kuchta, 2013):

$$Pa = \frac{60}{CTa} \times KBm \times FF \times EK \times SF$$

Keterangan:

- Pa = Produktivitas alat haulert (m<sup>3</sup>/jam)
- Ff = Faktor pengisian (%)
- CTa = Waktu edar alat hauler (menit)
- SF = Faktor Pengembangan (%)
- KBm = Kapasitas bak alat haulert (m<sup>3</sup>)
- FF = Faktor pengisian (%)

### 2.4. Bagian – Bagian Produksi

Untuk menghitung produksi, ada beberapa bagian produksi yang harus diperhitungkan, seperti Kapasitas alat, torsi kendaraan atau alat,waktu edar alat (*cycle time*) serta efisiensi kerja. Perpindahan material seperti bijih atau hasil tambang memiliki satuan ton, tonase.

#### 2.4.1. Kapasitas Alat

Kapasitas alat adalah jumlah material yang diisi, dimuat dan diangkut oleh alat hauler, kapasitas alat berkaitan dengan jenis material yang diisi.

##### a. Volume Material

Bentuk volume dipengaruhi oleh pemindahan material, keadaan material yang masih alami dari alam belum ada sentuhan manusia yang dikandungnya masih terkonsolidasi dengan baik memiliki satuan BCM (*bank cubic meter*). Material yang telah ter gali aakan mengembang dari bentuk BCM, hal tersebut disebabkan karena adanya penambahan rongga udara diantara butiran material sehingga volumenya akan lebih besar. Volume dalam bentuk ini

memiliki satuan LCM (*loose cubic meter*). Volume dalam keadaan padat dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan, hal tersebut terjadi karena adanya penyusutan rongga udara di antara butiran material. Satuan material dalam keadaan padat adalah CCM (*compact cubic meter*).

b. Faktor Pemberaian (*Swell Factor*)

Faktor Pemberaian adalah perbandingan volume material lepas untuk berat tertentu dengan volume asli untuk berat yang sama. Pemberaian dapat mengakibatkan bertambah atau berkurang jumlah material yang akan dipindahkan dari posisi kedudukan asli material tersebut.

Rumus pemberaian material adalah:

$$\% \text{ berai} = \frac{\text{volume lepas untuk berat tertentu}}{\text{volume asli untuk berat yang sama}}$$

$$\text{swell factor} = \frac{BCM}{LCM}$$

$$\text{bank volumme} = \frac{\text{loose volume}}{(1 + \% \text{ berai})}$$

$$\text{loose volume} = \text{volume asli} \times (1 + \% \text{ berai})$$

c. Faktor Muat

Sebanyak material 1 BCM dimuatkan kedalam bucket, maka materail yang terangkat oleh bucket tersebut akan kurang dari 1 BCM karena proses excavation terjadi pengurangan volume akibat adanya pemberaian. Faktor muar dapat dihitung sebagai berikut

$$\text{Load factor} = \frac{100\%}{100\% + \% \text{ berai}}$$

Jadi untuk mengestimasi muatan dengan kondisi BCM, kapasitas mangkok sudah dalam kondisi LCM harus dikaitkan dengan loose factor

$$BCM = LCM \times LF$$

Penciutan material (*shrinke*) merupakan perbandingan CCM dengan BCM biasa juga disebut *shrinke factor*.

$$SF = \frac{CCM}{BCM}$$

d. Masa Jenis (Densitas)

Massa jenis atau densitas adalah pengukuran massa per unit volume suatu material. Setiap material memiliki massa jenis atau densitas yang berbeda-beda. Perbedaan densitas tersebut dipengaruhi oleh sifat fisika masing – masing material densitas material dapat berubah yang dipengaruhi beberapa factor seperti excavation, penggusuran, serta pemadatan. Contoh pada kondisi

excavation densitas berubah dari kondisi bank menjadi loose. Massa jenis akan berkurang dari keadaan curam ke keadaan lepas, karena saat keadaan lepas material akan lebih tipis dan pori – pori udara menjadi lebih besar. Untuk mengonversi keadaan material dari *bank* ke keadaan *loose* dapat menggunakan rumus berikut:

$$\left( 1 + \% \text{berai} = \frac{\frac{Kg}{BCM}}{\frac{kg}{LCM}} \right)$$

e. Faktor Pengisian

Faktor pengisian merupakan perbandingan antara kapasitas aktual dengan kapasitas secara teoritis alat loader. Semakin besar faktor pengisian alat loader maka kemampuan pengisian alat tersebut semakin besar. Untuk menghitung factor pengisian dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FP = \left( \frac{Vb}{Vd} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

Fp : Faktor pengisian

Vb : kapasitas nyata alat loader

Vd : kapasitas teori alat loader

Tabel 2.4 Faktor Pengisian (Komatsu, 2005)

<i>Excavating Conditions</i>		<i>Bucket Fill Factor</i>
<i>Easy</i>	<i>Excavating natural ground of clayey soil clay, or soft soil</i>	<i>1,1 – 1,2</i>
<i>Average</i>	<i>Excavating natural ground of soil such as sandy soil, and dry soil</i>	<i>1,0 – 1,1</i>
<i>Rather Difficult</i>	<i>Excavating natural ground of sandy soil with gravel</i>	<i>0,8 – 0,9</i>
<i>Difficult</i>	<i>Loading of blasted rock</i>	<i>0,7 – 0,8</i>

**2.4.2. Torsi Kendaraan**

Setiap tambang memiliki tantangan medan kerja masing – masing, sehingga dalam pemilihan alat juga memiliki pertimbangan yang berbeda. Pemilihan alat tersebut harus mempertimbangkan torsi atau tenaga kendaraan yang dimiliki agar mampu mengatasi keadaan lokasi kerja dan material yang akan ditambang. Yang dimaksud dengan medan kerja adalah keadaan jalan saat menambang, misalnya

jalan tersebut lembek, becek ketika hujan, kering, keras dan berdebu, straight path, tikungan, serta naik turun bukit yang dapat mempengaruhi produktivitas kendaraan yang digunakan.

### 2.4.3. Waktu Edar

Waktu edar/siklus adalah total waktu yang dibutuhkan alat untuk menyelesaikan satu siklus. Semakin pendek waktu siklus, semakin tinggi produktivitas alat.

Total waktu yang dibutuhkan alat loader untuk

melakukan satu siklus dari mengisi bucket sampai menumpahkan material kedalam bak alat hauler dan kembali kosong disebut waktu edar alat loader.

$$Ctm = Am + Bm + Cm + Dm$$

Keterangan:

- Ctm : Total cycle time
- Am : Waktu untuk mengisi bucket
- Bm : Waktu *swing bucket* bermuatan
- Cm : Waktu untuk menumpahkan material yang dimuat
- Dm : Waktu *swing bucket* kosong

sedangkan waktu edar alat hauler dimulai dari waiting time alat hauler atau antri untuk dimuat, kemudian manuever, waktu mengisi muatan, *hauling*, *dumping*, kemudian kembali kosong untuk dimuat

$$Cta = Aa + Ba + Ca + Da + Ea + Fa$$

Keterangan:

- Cta : waktu edar alat angkut
- Aa : Waktu mengambil posisi pemuatan
- Ba : waktu pengisian muatan
- Ca : Waktu mengangkut muatan
- Da : waktu mengambil posisi *dumping*
- Ea : waktu *dumping*
- Fa : waktu kembali kosong

### 2.4.4. Efisiensi Kerja

Perbandingan working time aktual dengan working time yang tersedia merupakan definisi dari efisiensi kerja. Efisiensi kerja digunakan sebagai parameter melihat suatu kegiatan dilaksanakan dengan baik atau tidak. Ketika bekerja tidak semua working time yang ada dapat digunakan dengan maksimal karena pasti ada

hambatan di area atau lingkungan kerja. Working time efektif merupakan working time yang tersedia dikurangi dengan bottleneck time.

Berikut merupakan rumus untuk menghitung working time efektif :

$$We = Wt - (Wtd + Whd)$$

$$Ek = \left( \frac{We}{Wt} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

We : Waktu kerja efektif

Wt : Waktu kerja yang tersedia,

Whd : Waktu hambatan yang dapat dihindari,

Wtd : Waktu hambatan yang tidak dapat dihindari

Ek : Efisiensi kerja

#### 2.4.5. Faktor Keserasian

Faktor keserasian adalah perbandingan jumlah dan waktu kerja dari alat *loader* dan *alat hauler*. Factor keserasian disebut juga dengan *match factor* yang digunakan untuk menghitung keserasian kerja keserasian kerja antara perlengkapan. Berikut merupakan rumus untuk menilai factor keserasian antara alat loader dengan alat hauler: (Burt & Caccetta, 2014b)

$$MF = \frac{Na \times ctm}{Nm \times Cta}$$

Keterangan:

MF = *Match factor*

Na = jumlah alat angkut dalam kombinasi kerja

Nm = jumlah alat muat dalam kombinasi

N = jumlah bucket tiap satu alat angkut

Cta = waktu edar alat angkut

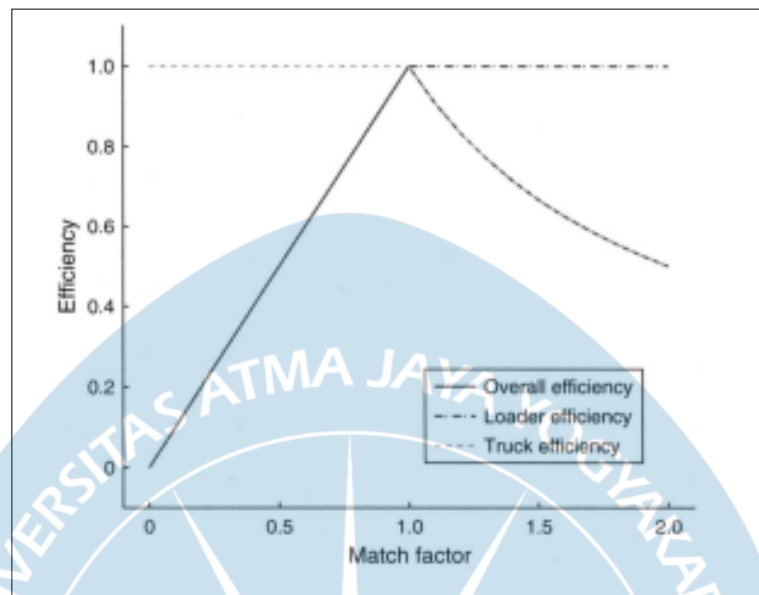
Ctm = waktu edar alat muat

Dari persamaan diatas, terdapat 3 kemungkinan yang akan terjadi, yaitu :

1.  $MF < 1$ , yaitu alat loader bekerja kurang dari 100%, sedangkan alat hauler bekerja 100%, sehingga menimbulkan *waiting time* untuk alat loader.
2.  $MF > 1$ , yaitu alat loader bekerja 100% sedangkan alat hauler bekerja kurang dari 100%, sehingga menimbulkan *waiting time* untuk alat hauler.
3.  $MF = 1$ , yaitu kedua alat bekerja 100%, sehingga tidak ada *waiting time* untuk kedua alat.



Keserasian kerja alat loader dan alat hauler dapat disajikan dalam grafik gambar yaitu:



Gambar 2.8 Keserasian Alat hauler Dan Alat loader  
(Burt & Caccetta, 2014a)

## 2.5. Overall Equipment Effectiveness

OEE adalah kombinasi metric atau pengukuran kinerja semua perangkat. Mengubah pedoman OEE menjadi suatu system yang membantu menentukan indicator produktivitas khususnya di bidang produksi, dalam pengoperasian alat kerja. OEE digunakan sebagai alat ukur untuk menerapkan pendekatan TPM (*Total Productive Maintenance*). OEE juga digunakan dengan tujuan mempertahankan kondisi ideal *equipment* dengan cara menghilangkan *six big losses* pada mesin atau peralatan yang digunakan untuk kerja (Nakajima, 1988). Faktor dari variable *six big losses* dibagi menjadi tiga seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.5 *Six Big Losses Category*

<i>Six Big Loss Category</i>	<i>OEE Loss Category</i>	<i>OEE Factor</i>
<i>Equipment Failure</i>	<i>Downtime Losses</i>	<i>Availability (A)</i>
<i>Setup and Adjustment</i>		
<i>Idling and Minor Stoppages</i>	<i>Speed Losses</i>	<i>Performance (P)</i>
<i>Reduced Speed</i>		
<i>Reduced Yield</i>	<i>Defect Losses</i>	<i>Quality (Q)</i>
<i>Quality Defects</i>		

### 2.5.1. Faktor Ketersediaan

Faktor ketersediaan adalah perbandingan antara *available time* dengan *Total Calender Time*. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung factor ketersediaan:

$$A = \frac{AT}{TT}$$

Keterangan

AT : *Available Time*

TT : *Total Calender Time*

### 2.5.2. Faktor Penggunaan

*Utilization Factor* adalah hasil dari pembagian antara *Planned cycle time* dengan *actual cycle time*. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung factor penggunaan:

$$S = \frac{CTp}{CTa}$$

Keterangan

CTp : *Planned Cycle Time*

CTa : *Actual Cycle Time*

### 2.5.3. Faktor Kecepatan

Faktor kecepatan diperoleh dari rasio perencanaan waktu peredaran dengan waktu aktual dilapangan. Faktor kecepatan dapat dihitung dengan persamaan:

$$S = \frac{CTp}{CTa}$$

Keterangan:

CTp : *Planned Cycle Time*

CTa : *Actual Cycle Time*

### 2.5.4. Faktor Pengisian

Faktor pengisian (*bucket fill factor*) adalah perbandingan rasio kapasitas penampungan actual dengan plan. Factor pengisian diperoleh dengan rumus:

$$B = \frac{Oac}{Opc}$$

### 2.5.5. OEE of Equipment

$$OEE = A \times U \times S \times B$$

Dari persamaan diatas didapatkan:

$$OEE = A \times \frac{AT}{TT} \times U \times \frac{CTp}{CTa} \times \frac{EOT}{UT} \times \frac{NOT}{EOT} = NOTT$$

### 2.5.6. Output Produksi

Berikut merupakan rumus untuk menghitung *output* produksi

$$OP = Opc \times TT \times \frac{3600}{CTp} \times OEE$$

Dari perhitungan diatas didapatkan O merupakan hasil dari produksi dalam periode waktu tertentu.

