

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI *DELAY CODE* 178 PADA *DISPATCH FLEET MANAGEMENT SYSTEM* TERHADAP PERFORMA ALAT GALI MUAT DI PT VALE INDONESIA TBK**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**FARHAN TRIYATNO  
D111 19 1029**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI *DELAY CODE* 178 PADA *DISPATCH FLEET MANAGEMENT SYSTEM* TERHADAP PERFORMA ALAT GALI MUAT DI PT VALE INDONESIA TBK**

Disusun dan diajukan oleh

**Farhan Triyatno**

**D111 19 1029**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 06 Oktober 2023. dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

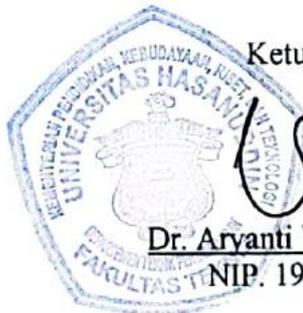
Pembimbing Pendamping,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T.  
NIP. 197010052008012026

Dr. Eng. Rini Novrianti Sutardjo Tui, S.T. M.BA., M.T  
NIP. 198311142014042001

Ketua Program Studi,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T.  
NIP. 197010052008012026

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Farhan Triyatno  
NIM : D111 19 1029  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### IMPLEMENTASI DELAY CODE 178 PADA DISPATCH FLEET MANAGEMENT SYSTEM TERHADAP PERFORMA ALAT GALI MUAT DI PT VALE INDONESIA TBK

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 6 Oktober 2023

Yang Menyatakan



Farhan Triyatno

## ABSTRAK

**FARHAN TRIYATNO.** *Implementasi Delay Code 178 pada Dispatch Fleet Management System Terhadap Performa Alat Gali Muat di PT Vale Indonesia Tbk* (dibimbing oleh Aryanti Virtanti Anas dan Rini Novrianti S. Tui)

*Delay code 178* merupakan suatu kode yang diterapkan pada *Dispatch Fleet Management System* yang menunjukkan status *delay* pada suatu alat gali muat dengan kategori *standby* dan alasan alat gali muat menunggu truk. Kode ini dibuat untuk mengatasi jarak yang cukup jauh antara *bowling* dengan WOS sehingga waktu menunggu alat gali muat tidak termasuk ke dalam perhitungan *working hours*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai produktivitas, UoA, konsumsi bahan bakar, emisi karbon yang dihasilkan, dan biaya bahan bakar yang dikeluarkan oleh alat gali muat SSP Petea sebelum dan setelah diterapkan *delay code 178*. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan dengan menggunakan *waterfall* dan diagram *pareto*, serta analisis produktivitas dan UoA pada alat gali muat dengan menggunakan data aktual di lapangan yang ter-*record* pada *server SQL*. Setelah itu juga dilakukan perhitungan konsumsi solar, emisi karbon, dan biaya bahan bakar yang dikeluarkan. Berdasarkan hasil dari perhitungan diperoleh nilai produktivitas alat gali muat setelah diterapkan kode 178 mengalami peningkatan sebesar 20,2% dari 502 ton/jam untuk setiap harinya menjadi 603 ton/jam setiap harinya, sedangkan nilai UoA alat gali muat setelah diterapkan kode 178 juga mengalami penurunan sebesar 16,7% dari 62% menjadi 51%. Untuk jumlah konsumsi solar pada alat gali muat setelah diterapkan kode 178 mengalami penurunan sebesar 29,3% dari 395 liter perhari menjadi 280 liter perhari. Jumlah emisi karbon yang dihasilkan oleh alat gali muat setelah diterapkan kode 178 mengalami penurunan sebesar 29,3% dari 1.153 kg perhari menjadi 816 kg perhari. Biaya bahan bakar alat gali muat yang dihasilkan setelah diterapkan kode 178 mengalami penurunan sebesar 29,3% dari \$434 perharinya menjadi \$307 perharinya.

Kata Kunci: *Delay code, Productivity, UoA, Alat gali muat, Waterfall, Pareto*

## ABSTRACT

**FARHAN TRIYATNO.** *Implementation of Delay Code 178 in the Dispatch Fleet Management System on the Performance of Wheel Loader at PT Vale Indonesia Tbk* (supervised by Aryanti Virtanti Anas dan Rini Novrianti S. Tui)

Delay code 178 is a code that is applied to the Dispatch Fleet Management System which indicates the delay status of a loader with a standby category and the reason why the loader is waiting for a truck. This code is made to overcome the considerable distance between the bowlring and the WOS, so the loading waiting time for the loader is not included in the working hours calculation. The purpose of this research was to compare the value of productivity, UoA, fuel consumption, carbon emissions produced, and fuel costs incurred by the SSP Petea loader before and after the implementation of delay code 178. The research method used was waterfalls and *pareto* diagrams and analysis of productivity and UoA on the loader using actual data in the field recorded on the SQL server. After that, the calculation of diesel fuel consumption, carbon emissions, and fuel costs was also carried out. Based on the calculation results, the productivity value of loader after implementing code 178 increased by 20.2% from 502 tons/hour for each day to 603 tons/hour per day. In comparison, the UoA value of loader after implementing code 178 also decreased by 16,7% from 62% to 51%. The fuel consumption in the loader after implementing code 178 decreased by 29.3% from 395 liters per day to 280 liters per day. The amount of carbon emissions produced by the loader after implementing code 178 decreased by 29.3% from 1.153 kg per day to 816 kg per day. The cost of fuel for loader produced after implementing code 178 decreased by 29.3% from \$ 434 per day to \$ 307 per day.

Keywords: Delay code, Productivity, UoA, Wheel loader, Waterfall, Pareto

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Alat Gali Muat.....	5
2.2 Produktivitas Alat Gali Muat .....	9
2.3 <i>Use of Availability</i> (UoA) Alat Gali Muat .....	17
2.4 Emisi Karbon.....	17
2.5 <i>Dispatch Fleet Management System</i> .....	19
2.6 Diagram <i>Waterfall</i> .....	21
2.7 Diagram <i>Pareto</i> .....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	27
3.2 Variabel Penelitian .....	29
3.3 Instrumen Penelitian.....	30
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	32
3.3 Teknik Analisis .....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
4.1 <i>Working hours</i> .....	42
4.2 Produktivitas Alat Gali Muat .....	45
4.3 <i>Use of Availability</i> Alat Gali Muat.....	46
4.4 Konsumsi Bahan Bakar Alat Gali Muat.....	47
4.5 Emisi Karbon yang Dihasilkan .....	51
4.6 Biaya Bahan Bakar Alat Gali Muat .....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Wheel loader (Handbook Caterpillar 992G)</i> .....	6
Gambar 2. <i>Power shovel (Komatsu, 2019)</i> .....	6
Gambar 3. <i>Dozer shovel (Caterpillar, 2023)</i> .....	7
Gambar 4. <i>Backhoe (Hitachi, 2022)</i> .....	8
Gambar 5. Pola pemuatan material menggunakan <i>top loading</i> (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018).....	12
Gambar 6. Pola pemuatan material menggunakan <i>bottom loading</i> (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018).....	12
Gambar 7. Pola pemuatan material menggunakan <i>single back up</i> (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018).....	13
Gambar 8. Pola pemuatan material menggunakan <i>double back up</i> (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018).....	14
Gambar 9. Pola pemuatan material menggunakan <i>triple back up</i> (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018).....	14
Gambar 10. Pola pemuatan material menggunakan <i>frontal cut</i> (Nichols and Day, 2010).....	15
Gambar 11. Pola pemuatan material menggunakan <i>parallel cut with drive by</i> (Nichols and Day, 2010) .....	15
Gambar 12. Skema <i>Fleet Management System</i> (Saghaei, 2016) .....	20
Gambar 13. Contoh Diagram <i>Waterfall</i> (Raisel, 1999) .....	22
Gambar 14. Contoh Diagram <i>Pareto</i> (Nasution, 2005) .....	23
Gambar 15. Peta lokasi penelitian.....	28
Gambar 16. Tempat penyimpanan SSP pada stasiun ( <i>bowling</i> ).....	29
Gambar 17. <i>Wet Ore Stockpile</i> (WOS) .....	29
Gambar 18. Pengaksesan <i>server SQL</i> .....	31
Gambar 19. Microsoft Excel .....	31
Gambar 20. Bagan alir penelitian.....	35
Gambar 21. Ruang kerja <i>dispatch fleet management system</i> .....	36
Gambar 22. Tampilan layar pada aplikasi <i>Dispatch Management System</i> .....	37
Gambar 23. Diagram <i>waterfall</i> produktivitas alat gali muat.....	42
Gambar 24. Diagram <i>waterfall working hours</i> alat gali muat .....	43
Gambar 25. Diagram <i>pareto operating hours</i> .....	43
Gambar 26. Perbandingan rata-rata <i>working hours</i> sebelum dan setelah diterapkan kode 178 .....	44
Gambar 27. Perbandingan rata-rata produktivitas alat gali muat sebelum dan sesudah kode 178 .....	46
Gambar 28. Perbandingan rata-rata UoA alat gali muat sebelum dan sesudah diterapkan kode 178 .....	47
Gambar 29. Perbandingan rata-rata konsumsi bahan bakar alat gali muat aktual sebelum dan sesudah diterapkan kode 178 .....	50
Gambar 30. Perbandingan rata-rata emisi karbon yang dihasilkan oleh alat gali muat sebelum dan sesudah diterapkan kode 178 .....	52
Gambar 31. Perbandingan rata-rata biaya bahan bakar alat gali muat yang dikeluarkan sebelum dan sesudah diterapkan kode 178.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Rincian status dari setiap alat .....	38
Tabel 2.	Hasil perhitungan produktivitas alat gali muat sebelum diterapkan kode 178 .....	45
Tabel 3.	Hasil perhitungan produktivitas alat gali muat setelah diterapkan kode 178 .....	45
Tabel 4.	Hasil perhitungan UoA alat gali muat sebelum diterapkan kode 178 .....	46
Tabel 5.	Hasil perhitungan UoA alat gali muat setelah diterapkan kode 178 ..	47
Tabel 6.	Jumlah konsumsi bahan bakar alat gali muat berdasarkan <i>working hours</i> sebelum kode 178.....	48
Tabel 7.	Jumlah konsumsi bahan bakar alat gali muat berdasarkan <i>working hours</i> setelah kode 178.....	48
Tabel 8.	Jumlah konsumsi bahan bakar alat gali muat berdasarkan <i>database</i> sebelum kode 178.....	49
Tabel 9.	Jumlah konsumsi bahan bakar alat gali muat berdasarkan <i>database</i> setelah kode 178.....	49
Tabel 10.	<i>Fuel rate</i> sebelum diterapkan kode 178 .....	49
Tabel 11.	<i>Fuel rate</i> setelah diterapkan kode 178 .....	50
Tabel 12.	Jumlah emisi karbon yang dihasilkan oleh alat gali muat sebelum diterapkan kode 178 .....	51
Tabel 13.	Jumlah emisi karbon yang dihasilkan oleh alat gali muat sebelum diterapkan kode 178 .....	51
Tabel 14.	Biaya bahan bakar sebelum kode 178 .....	52
Tabel 15.	Biaya bahan bakar setelah kode 178 .....	53

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
UoA	<i>Use of Availability</i>
WOS	<i>Wet Ore Stockpile</i>
SSP	<i>Screening Station Product</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
Qm	Produktivitas alat gali muat
Ctm	Waktu edar alat gali muat sekali pemuatan
Kb	Kapasitas <i>bucket</i>
Ff	<i>Fill Factor</i>
Ef	Efisiensi kerja
Cm	<i>Cycle time</i> alat gali muat
Tex	Waktu <i>excavating</i>
Tswl	Waktu <i>swing loaded</i>
Tdu	Waktu <i>dumping</i>
Tswe	Waktu <i>swing empty</i>
Vn	Volume Nyata
Vt	Volume Teoritis
W	Jam operasi
S	Jam <i>standby</i>
E	Emisi Gas Rumah Kaca
DA	Data Aktivitas
FE	Faktor Emisi
Kg	Kilogram
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksida
%	Persen
\$	Dolar

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Contoh laporan bulanan produktivitas alat .....	63
Lampiran B Contoh laporan status alat menurut kode .....	69
Lampiran C Contoh laporan muatan yang dimuat ke truk dengan <i>shovel</i> .....	75
Lampiran D Pembuatan diagram <i>waterfall</i> .....	81

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wata'ala*, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, kesehatan dan kesempatan dari-Nya kita masih diberikan kesehatan sehingga Skripsi dengan judul “Implementasi *Delay Code 178* pada *Dispatch Fleet Management System* Terhadap Performa Alat Gali Muat di PT Vale Indonesia Tbk” dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih pada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara moril maupun materil sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Agus Salim dan Bapak Angga Al Amin Husain, S.T., M.T. yang telah menjadi pembimbing selama penulis melakukan penelitian di PT Vale Indonesia Tbk. Terima kasih juga penulis haturkan kepada Bapak Suriadin Sazli, Bapak Ferdinand, Bapak Fajri Al Ghiffari, dan Bapak Dzul Fajrin selaku Dispatch Engineer yang selalu siap membantu dan juga banyak memberikan arahan dan masukan selama penelitian di PT Vale Indonesia Tbk..

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing Skripsi dari Departemen Teknik Pertambangan, Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T dan Ibu Dr. Eng. Rini Novrianti Sutardjo Tui, S.T., M.T., MBA. yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing, memberi masukan, serta memberi semangat dan motivasi kepada penulis selama menyusun Skripsi, kepada Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T dan Ibu Rizki Amalia, S.T., M.T selaku dosen penguji. Terimakasih untuk seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Terimakasih untuk seluruh saudara seperjuangan IGNEOUZ 2019 yang selalu ada dan kawan-kawan anggota Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang yang telah memberikan masukan dan semangat dalam kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan Skripsi.

Tidak lupa tentunya ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua saya, Ayahanda Suyatno dan Ibunda Yuniar, serta kedua saudara saya, Kakanda Arif Setyo Nugroho dan Kakanda Afifah Nur Wahyuni atas segala doa, nasihat dan arahan, serta semangat yang diberikan. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan wawasan dan pengetahuan mengenai ilmu teknik pertambangan khususnya *Fleet Management System*.

Gowa, 6 Oktober 2023

Farhan Triyatno

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

*Net Zero Emission* merupakan salah satu isu utama yang menjadi komitmen pemerintah untuk dapat diwujudkan dalam berbagai sektor khususnya sektor energi. Salah satunya adalah sektor pertambangan Indonesia yang menduduki peringkat pertama penghasil emisi karbon tingkat nasional sebesar 49% (Sugardiman, 2019). Aktivitas penambangan yang menggunakan bahan bakar solar pada alat berat yang digunakan menjadi salah satu sumber utama emisi karbon yang dihasilkan. *Working hours* pada alat berat yang tinggi akan berdampak pada tingginya konsumsi solar yang digunakan dan tentunya membuat produksi emisi karbon akan semakin besar (Ma *et al.*, 2015).

Salah satu faktor yang menyebabkan tingginya *working hours* pada alat berat adalah kurangnya pengoptimalan dan pengendalian arus lalu lintas alat berat pada area penambangan. *Dispatch Fleet Management System* pada PT Vale Indonesia Tbk diterapkan untuk mengoptimalkan dan mengendalikan arus lalu lintas alat berat (terutama alat muat dan alat angkut) secara otomatis yang memanfaatkan teknologi GPS (*Global Positioning System*) untuk pemantauan penyebaran alat angkut, posisi alat angkut dan alat muat di lapangan (Khumaini, 2020). Salah satu upaya untuk mengefisienkan kerja dari *dispatcher* adalah membuat kode untuk menunjukkan status dan kategori dari alat berat beserta alasannya.

Petea merupakan salah satu wilayah penambangan PT Vale Indonesia Tbk yang terletak di daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki jarak angkut material SSP (*Screening Station Product*) antara *bowling* stasiun 10 dan 12 dengan *Wet Ore Stockpile* (WOS) yang masing-masing berjarak 16,4 km dan 22,5 km. Jarak ini relatif lebih jauh dibandingkan dengan jarak *bowling* stasiun 11 yang berada di Sorowako ke WOS yang hanya 4,4 km. Hal ini menyebabkan alat gali muat akan *standby* untuk menunggu truk kembali ke *bowling* dengan menggunakan kode 219 (tidak ada/kurang truk) namun status *standby* ini tidak fleksibel digunakan karena truk tidak dapat ditugaskan ke alat gali muat. Truk dapat ditugaskan kepada alat gali muat yang sedang menunggu truk apabila menggunakan status *delay* dengan kode 113 (*shovel* menunggu truk)

namun akan berdampak pada waktu *delay* yang masuk ke dalam perhitungan *working hours*. Hal ini menyebabkan *working hours* menjadi tinggi, produktivitas rendah, dan UoA terlalu tinggi.

Produktivitas yang rendah membuat target produktivitas alat gali muat menjadi tidak tercapai sehingga dilakukan pendekatan dengan diagram *waterfall* untuk mengetahui faktor penyebab ketidaktercapaian target produktivitas alat gali muat (Rasiel, 1999). Diagram *waterfall* yang ada kemudian dijadikan patokan dalam pembuatan diagram *pareto* untuk mengetahui faktor yang memiliki kontribusi terbesar dalam memengaruhi nilai produktivitas alat gali muat. Diagram *pareto* adalah diagram yang menunjukkan masalah yang paling dominan yang diurutkan dari kiri ke kanan (Tisnowati *et al.*, 2008).

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Afri Sidinra, Andy Erwin Wijaya, dan Erry Sumarjono pada tahun 2021 dengan melakukan optimasi *Fleet Management System* yang berfokus pada perbaikan *habit* operator untuk mengurangi *idle time* yang ada namun tidak memerhatikan kekurangan yang ada pada sistem yang berjalan seperti status unit peralatan tambang. Upaya yang dilakukan untuk menjaga nilai produktivitas dan UoA alat gali muat adalah dengan membuat suatu kode yang menunjukkan status dan kategori suatu alat gali muat sehingga dapat ditugaskan dan waktu menunggu yang lama tidak masuk ke dalam perhitungan produktivitas. Kode tersebut adalah kode 178 (alat gali muat menunggu truk) dengan status *delay* dan kategori *standby* dimana kode ini dapat membuat alat gali muat dapat ditugaskan dan waktu menunggu yang lama termasuk ke dalam perhitungan waktu *standby* dan tidak termasuk ke dalam perhitungan waktu *delay*. Penurunan *working hours* yang terjadi karena adanya *delay code* 178 akan berdampak pada jumlah konsumsi solar yang digunakan semakin berkurang dan juga biaya bahan bakar yang dikeluarkan semakin rendah serta emisi karbon yang dihasilkan semakin rendah. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan nilai produktivitas dan UoA alat gali muat SSP Petea sebelum diterapkan kode 178 dengan setelah diterapkan kode 178. Selain itu juga dibandingkan penggunaan konsumsi solar pada alat gali muat, pengurangan emisi karbon yang dihasilkan oleh alat gali muat, dan penghematan biaya yang dikeluarkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Nilai produktivitas dan UoA alat gali muat akan memengaruhi produksi serta keuntungan perusahaan sehingga perlu diatur sedemikian rupa agar terus mengalami peningkatan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah membuat kode 178 agar dapat menurunkan *working hours* pada alat gali muat sehingga dapat meningkatkan produktivitas. Berdasarkan hal tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Faktor apa yang memengaruhi ketidaktercapaian produktivitas alat gali muat.
2. Berapa nilai produktivitas dan UoA alat gali muat sebelum dan setelah diterapkan kode 178.
3. Berapa jumlah konsumsi solar pada alat gali muat sebelum dan setelah diterapkan kode 178.
4. Berapa biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar alat gali muat sebelum dan setelah diterapkan kode 178.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi ketidaktercapaian target produktivitas alat gali muat.
2. Membandingkan nilai produktivitas dan UoA alat gali muat sebelum dan setelah diterapkan kode 178.
3. Membandingkan jumlah konsumsi solar pada alat gali muat dan emisi karbon yang dihasilkan sebelum dan setelah diterapkan kode 178.
4. Membandingkan biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar alat gali muat sebelum dan setelah diterapkan kode 178.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan produktivitas dan menekan emisi karbon yang dihasilkan oleh alat gali muat sehingga dapat berkontribusi dalam mewujudkan *Net Zero Emission* pada tahun 2060 sesuai yang tercantum pada *Paris Agreement*.

## 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup wilayah penelitian ini adalah wilayah penambangan Blok Petea di PT Vale Indonesia Tbk. Blok Petea dipilih karena alat gali muat yang beroperasi di wilayah Petea akan menunggu lebih lama truk yang mengangkut material SSP untuk kembali sehingga akan berpengaruh pada *working hours* alat gali muat. Waktu menunggu yang lama disebabkan karena jarak yang jauh antara stasiun dengan WOS (*Wet Ore Stockpile*).

Ruang lingkup materi (substansial) dari penelitian ini adalah berfokus pada perubahan *working hours* pada alat gali muat sebelum dan setelah diterapkan *delay code* 178. Perubahan *working hours* pada alat gali muat akan berdampak pada produktivitas dan konsumsi solar serta emisi karbon dan juga biaya bahan bakar yang dikeluarkan sehingga juga akan menjadi variabel yang diteliti.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Alat Gali Muat

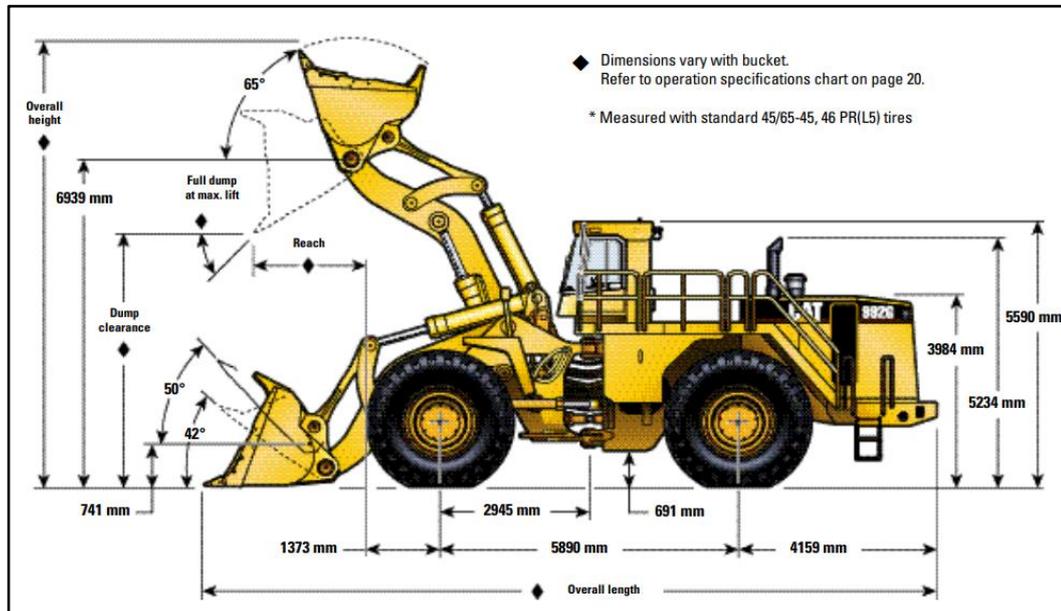
Alat gali muat merupakan alat yang digunakan untuk menggali material penutup (*overburden*) dan material berharga. Peralatan mekanis ini digunakan untuk menggali dan memuat material ke atas alat angkut, sebelumnya material telah mengalami penggemburan dengan *bulldozer* atau biasa dikenal dengan proses *ripping*. Kebutuhan akan jenis alat gali muat ini bergantung pada kondisi lapangan dan target produksi yang ingin dicapai. Beberapa jenis alat gali muat antara lain *wheel loader*, *power shovel*, *dozer shovel* dan *backhoe* yang masing-masing jenis tersebut memiliki fungsi dan kegunaan tertentu (Mustaqim, 2019).

#### 2.1.1 *Wheel Loader*

*Wheel loader* merupakan salah satu peralatan berat yang mirip dengan *buldozer*. Perbandingan sangat mencolok dari keduanya yaitu pada bagian roda, *wheel loader* memakai roda karet sebaliknya *dozer shovel* memakai roda rantai. Dengan demikian keahlian serta pemanfaatan dari keduanya pula memiliki perbandingan. *Wheel loader* biasa digunakan dalam memindahkan bahan material ke dalam truk ataupun ke tempat lain. Di kala *loader* difungsikan buat menggali, *bucket* diarahkan kemudian didorong ke material, bila *bucket* sudah penuh selanjutnya traktor akan mengangkat *bucket* berisi material ke atas kemudian mundur lalu dipindahkan. *Wheel loader* sangat sesuai serta efektif buat digunakan pada wilayah kerja yang rata, kering serta kuat sebab memakai roda karet sehingga mempunyai mobilitas yang besar. *Wheel loader* juga bergerak dengan roda yang bisa digerakkan dengan bebas ke arah tertentu semacam mobil sehingga membuat ruang gerak jadi fleksibel yang tidak sanggup dilakukan oleh *dozer shovel* (Rostiyanti, 2008). Sketsa *wheel loader* dapat dilihat pada Gambar 1.

Cara kerja *wheel loader* pada dasarnya sama seperti alat berat lainnya, dimana mesin penggerak utama menggunakan sistem penggerak hidrolik. Hal ini dikarenakan tenaga hidrolik dapat mengeluarkan *output* tenaga yang cukup besar, sehingga cocok untuk melakukan pekerjaan berat seperti mengeruk tanah atau memindahkan material. *Wheel loader* dapat melakukan beberapa gerakan dasar yakni *bucket* akan mengeruk dan mengangkat material untuk dipindahkan ke truk pengangkut. Gerakan pada *bucket* pada dasarnya adalah menurunkan *bucket* di

permukaan tanah, lalu mendorong ke arah depan, kemudian mengangkat *bucket*, setelah itu membawa dan menuang muatan (Rostiyanti, 2008). *Wheel loader* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Wheel loader* (Handbook Caterpillar 992G)

### 2.1.2 *Power Shovel*

*Power shovel* memiliki sekop besar yang mekanis yang digerakkan oleh mesin uap, diesel ataupun listrik. Dalam melakukan pekerjaannya (beroperasi) sudut *boom*-nya (*boom angle*) yaitu sudut yang dibuat antara *boom* dengan bidang datar menyudut sebesar  $45^{\circ}$ , pekerjaan yang dilakukan dapat sebagai alat gali (utamanya) maupun utamanya alat muat (Mustaqim, 2019). *Power shovel* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Power shovel* (Komatsu, 2019)

Ukuran besar/kecilnya suatu *power shovel* ditunjukkan oleh ukuran *dipper* yang dinyatakan dalam cu yd (*cubic yard*). Besar/kecilnya *power shovel* yang akan dipergunakan pada suatu pekerjaan, pemindahan tanah mekanis atau pada suatu kegiatan pertambangan juga bergantung dan ditentukan oleh ukuran kapasitas bak truk, apabila kapasitas bak truk kecil, misalnya truk 3 cu yd maka lebih baik memakai *power shovel* cu yd dibanding *power shovel* 1 ½ cu yd. Sebaliknya bila dipergunakan truk 15 cu yd maka *power shovel* yang dipergunakan adalah yang berukuran *dipper* 2 ½ cu yd (yang demikian ini, apabila *power shovel* berfungsi utamanya sebagai alat muat). Selain ukuran bak penentuan ukuran juga ditentukan apabila *power shovel* utamanya berfungsi sebagai alat gali dan hasil galiannya kemudian dimuatkan ke bak truk, maka untuk penggalian pada material keras, sebaiknya dipilih *power shovel* berukuran besar, begitu pula sebaliknya (Mustaqim, 2019).

### 2.1.3 *Dozer Shovel*

*Dozer shovel* sering disebut *loader*, dalam melakukan pekerjaan gali dan muat ke atas truk maka truk harus satu level dengan *dozer shovel*. *Dozer shovel* dapat dikatakan belum lama digunakan pada dunia konstruksi, *bucket* dipergunakan sebagai *attachment* yang lain pada traktor menggantikan *blade*, karena *bulldozer* hanya dapat mendorong material dan kelebihan material akan tercecer ke pinggir (Mustaqim, 2019). *Dozer shovel* dapat dilihat pada Gambar 3.

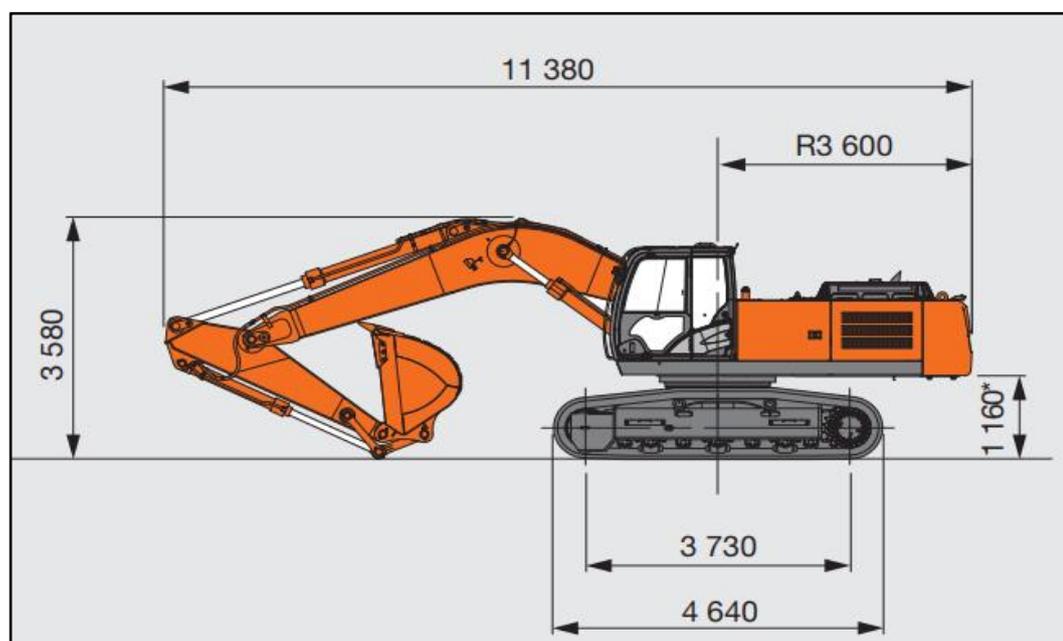


Gambar 3. *Dozer shovel* (Caterpillar, 2023)

*Dozer shovel* adalah alat yang digunakan untuk memuat material ke dalam alat angkut. Untuk menggali, *bucket* harus didorong pada material, jika telah penuh, traktor akan mundur dan *bucket*-nya akan diangkat ke atas untuk selanjutnya material ditumpahkan di tempat yang dikehendaki. *Dozer shovel* sangat cocok dipakai untuk membuat *basement*, mendorong material atau tanah kemudian dimuatkan pada truk, pekerjaan pengerukan atau penggalian yang bidang kerjanya satu level dengan *dozer shovel* itu sendiri, sangat baik dan ekonomis apabila *dozer shovel* ini digunakan untuk pekerjaan pemuatan pada truk dengan jarak onggokan dan *buck* tidak lebih dari 15 *feet* (mempersingkat waktu), sebaiknya *dozer shovel* jangan melayani pemuatan truk dengan melakukan pemutaran lebih dari 90°, semakin kecil sudut permutaran maka *body dozer shovel* akan semakin baik (Mustaqim, 2019).

#### 2.1.4 *Backhoe*

*Backhoe* adalah alat penggali yang cocok untuk menggali parit atau saluran-saluran. Gerakan *bucket* atau *dipper* dari *backhoe* pada saat menggali arahnya adalah ke arah badan *backhoe* itu sendiri. Jadi tidak seperti *power shovel*, dimana arah penggaliannya menjauhi badan *power shovel*. Macam-macam *backhoe* berdasarkan penggerak *dipper*-nya, terdiri dari *hydraulically operated hoe (crawler mounted hydraulically operated hoe* dan *wheel mounted hydraulically operated hoe*) dan *cable operated hoe*. *Backhoe* melakukan penggalian (*cutting*) dengan menempatkan dirinya di atas jenjang (*bench*) (Mustaqim, 2019). *Backhoe* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Backhoe* (Hitachi, 2022)

Setelah *dipper* terisi penuh, *boom* diangkat kemudian memutar (*swing*) ke arah truk yang menempatkan pada posisi untuk dimuati dan *dipper* menumpahkan galiannya pada bak truk. Untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan sasaran produksi maka pola pemuatan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi waktu edar alat. Pola pemuatan yang digunakan tergantung pada kondisi lapangan, operasi pengupasan serta alat mekanis yang digunakan dengan asumsi bahwa setiap alat angkut yang datang, mangkuk (*bucket*) alat gali muat sudah terisi penuh dan siap ditumpahkan. Setelah alat angkut terisi penuh langsung dilanjutkan dengan alat angkut lainnya sehingga tidak terjadi waktu tunggu pada alat angkut maupun alat gali muatnya (Mustaqim, 2019).

## 2.2 Produktivitas Alat Gali Muat

Produktivitas alat gali muat adalah kemampuan alat dalam melakukan suatu pekerjaan dalam hal ini mengangkut material ke *dump truck* ataupun lokasi pembuangan terdekat dalam waktu tertentu (Zauner *et al.*, 2020). Produktivitas merupakan suatu parameter penting dalam pemilihan alat (Dwiretnani dan Henriadi, 2019) karena produktivitas yang tinggi merupakan prasyarat untuk memaksimalkan pendapatan (Filla, 2012). Proses produksi dari berbagai tahapan perlu direncanakan dengan baik untuk mencapai produktivitas yang tinggi (Fattouh *et al.*, 2021). Salah satunya adalah pemilihan alat yang tepat akan meningkatkan kualitas dan efisiensi kerja perusahaan (Moradikhou *et al.*, 2022) dan memberikan hasil yang cepat dan akurat dengan biaya yang lebih rendah (Sheikh *et al.*, 2016). *Working hours* juga merupakan komponen dalam menentukan produktivitas alat gali muat (Kewilaa, 2015). Produktivitas harus selalu dipantau dan diperhatikan untuk mendapatkan operasi yang efisien (Rylander, 2014). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan produktivitas yang lebih tinggi adalah dengan melakukan pengembangan sistem yang gesit (Tripathi *et al.*, 2021). Produktivitas alat gali muat dinyatakan dalam LCM/satuan waktu, atau ton/satuan waktu misalkan LCM/jam, LCM/hari, LCM/bulan, ton/jam, ton/hari dan lain sebagainya.

Produktivitas alat gali muat bergantung pada faktor pengisian, efisiensi alat, waktu edar alat, dan kapasitas alat gali muat (Aoshima *et al.*, 2021). Kapasitas alat gali muat sangat berpengaruh terhadap target produksi yang dicanangkan oleh perusahaan (Husnita *et al.*, 2022). Kapasitas alat gali muat berpengaruh pada

produktivitas karena banyak dan cepatnya produksi ditentukan dari seberapa besar kapasitas alat gali muat yang ada (Manzone, 2017). Selain itu, produktivitas juga dipengaruhi oleh kondisi lapangan baik itu saat berdebu ataupun becek saat hujan (Hidayat *et al.*, 2019). Waktu *down* juga berpengaruh terhadap produktivitas, walaupun dengan nilai yang kecil tetap memiliki implikasi yang signifikan terhadap produktivitas (Obeti *et al.*, 2023). Hal ini disebabkan karena produktivitas didukung oleh kondisi alat yang baik dan tentunya disertai dengan pemeliharaan yang baik pula (Rizqika dan Mahbubah, 2022). Faktor lain menyebutkan bahwa keahlian dan pengalaman dari operator juga akan memengaruhi produktivitas (Kendrik, 2012). Produktivitas alat gali muat juga menjadi tolak ukur dalam melakukan penghematan biaya karena dari nilai produktivitas dapat dirumuskan berbagai strategi dalam mencapai target perusahaan (Berg *et al.*, 2018). Produktivitas alat muat dapat dinyatakan dalam Persamaan 1 (Tak dan Yusuf, 2022).

$$Q_m = 3600 / C_{tm} \times k_b \times F_f \times E_f \text{ (LCM/jam)} \quad (1)$$

dimana,

$Q_m$  = produktivitas alat gali muat (LCM/jam)

$C_{tm}$  = waktu edar alat gali muat sekali pemuatan (menit)

$K_b$  = kapasitas *bucket* alat gali muat ( $m^3$ )

$F_f$  = *bucket fill factor* (Faktor pengisian)

$E_f$  = efisiensi kerja (%)

Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas adalah segala sesuatu yang memungkinkan untuk mempengaruhi pengaruh kondisi kerja. Salah satu tolak ukur yang dapat dipakai untuk mengetahui baik buruknya hasil kerja (keberhasilan) suatu alat pemindahan tanah mekanis adalah besarnya produksi yang dapat dicapai oleh alat berat yang digunakan. Beberapa faktor yang memengaruhi produktivitas alat, diantaranya adalah waktu edar (*cycle time*), pola pemuatan, *bucket fill factor* dan efisiensi kerja (Yusuf dkk, 2018).

### 2.2.1 Waktu edar (*cycle time*)

Waktu edar alat gali muat terdiri dari waktu penggalian material yakni waktu yang diperlakukan *excavator* untuk memuat bahan galian, waktu *swing* isi yakni waktu yang diperlukan *excavator* untuk menggerakkan lengannya ke atas bak *dump truck* dengan kondisi *bucket* sedang terisi bahan galian, waktu menumpahkan muatan yakni waktu yang diperlukan *excavator* untuk mencurahkan bahan galian ke dalam bak *dump truck*, dan waktu *swing* kosong yakni waktu yang diperlukan

*excavator* untuk menggerakkan lengannya kembali ke tumpukan bahan galian dengan kondisi *bucket* kosong. Waktu edar alat gali muat dapat dinyatakan dalam Persamaan 2 (Tenriajeng, 2003; Adinda dan Dedi, 2020).

$$C_m = T_{ex} + T_{swl} + T_{du} + T_{swe} \quad (2)$$

dimana,

$C_m$  = *cycle time* gali muat (detik)

$T_{ex}$  = waktu *excavating* (detik)

$T_{swl}$  = waktu *swing loaded* (detik)

$T_{du}$  = waktu *dumping* (detik)

$T_{swe}$  = waktu *swing empty* (detik)

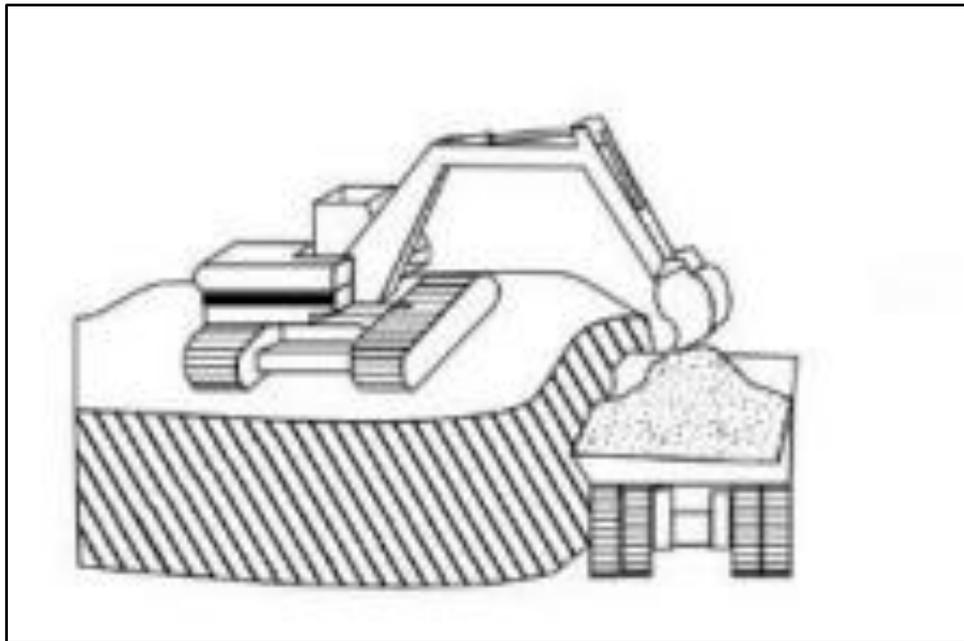
### 2.2.2 Pola Pemuatan

Pola pemuatan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi waktu edar alat untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan sasaran produksi. Pola pemuatan yang digunakan tergantung pada kondisi lapangan operasi pengupasan serta alat mekanis yang digunakan dengan asumsi bahwa setiap alat angkut yang datang, *bucket* alat gali muat sudah diisi penuh dan siap ditumpahakan (Fadly dan Yulhendra, 2018). Pola pemuatan dapat dilihat dari beberapa keadaan yang ditunjukkan alat gali muat dan angkut yaitu (Rochmanhadi, 1992):

#### 1. Pola pemuatan berdasarkan posisi pemuatan material

##### a. *Top Loading*

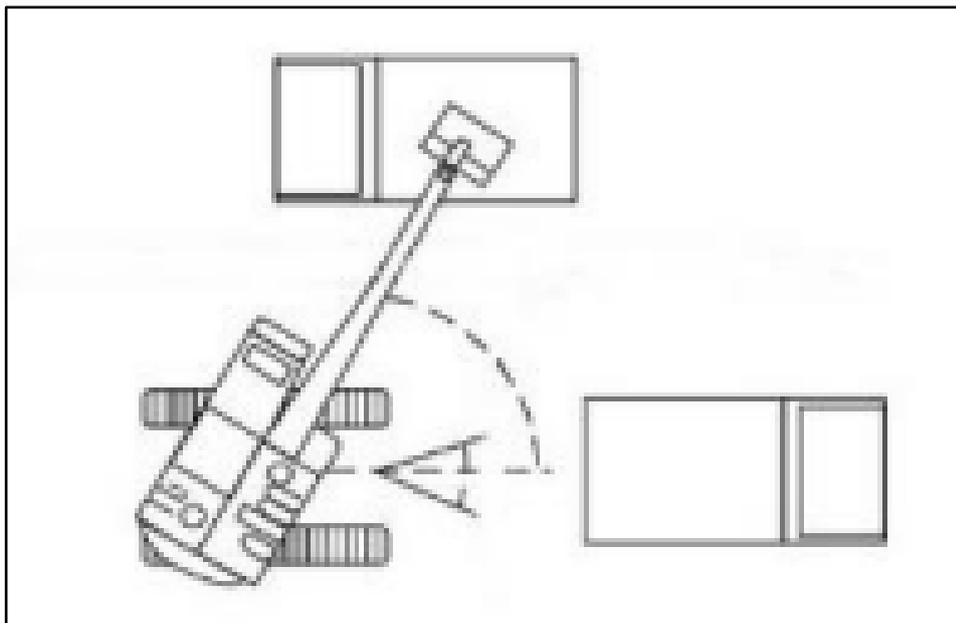
Alat gali muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya di atas jenjang atau posisi alat angkut berada di satu level di bawah alat gali muat. Cara ini hanya dipakai pada alat muat *excavator backhoe*. Selain itu keuntungan yang diperoleh yaitu operator lebih leluasa untuk melihat bak dan menempatkan material. Pola pemuatan *top loading* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola pemuatan material menggunakan *top loading* (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018)

b. *Bottom Loading*

Alat gali muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya berada di satu level dengan posisi alat angkut (sama-sama di atas jenjang). Pada pola pemuatan, kedudukan alat muat sejajar dengan kedudukan alat angkut (posisi alat muat sama tingginya dengan alat angkut). Cara ini dipakai pada alat muat *power shovel*. Pola pemuatan *bottom loading* dapat dilihat pada Gambar 6.

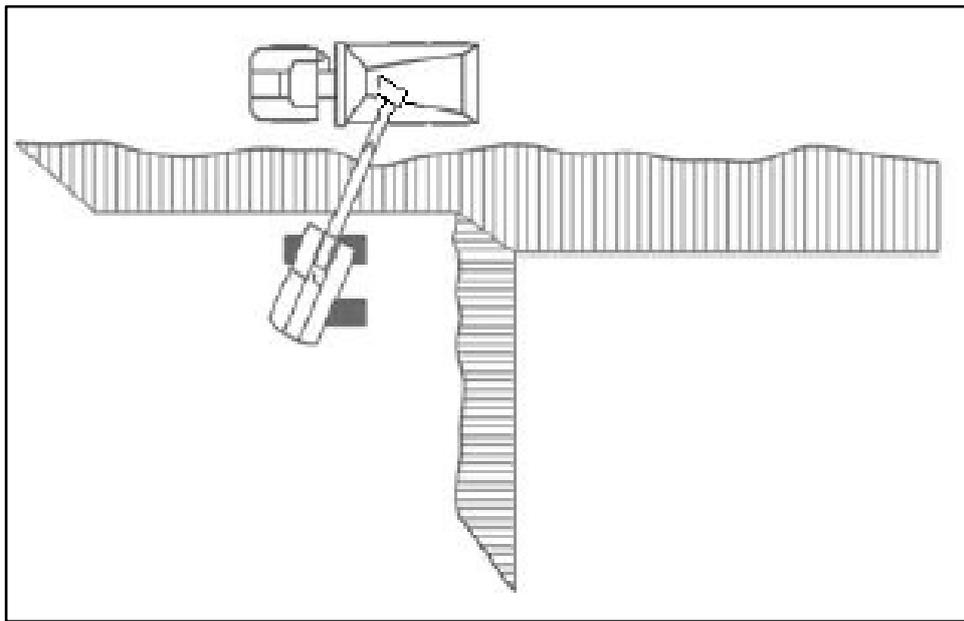


Gambar 6. Pola pemuatan material menggunakan *bottom loading* (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018)

2. Pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan pemuatan

a. *Single Back Up*

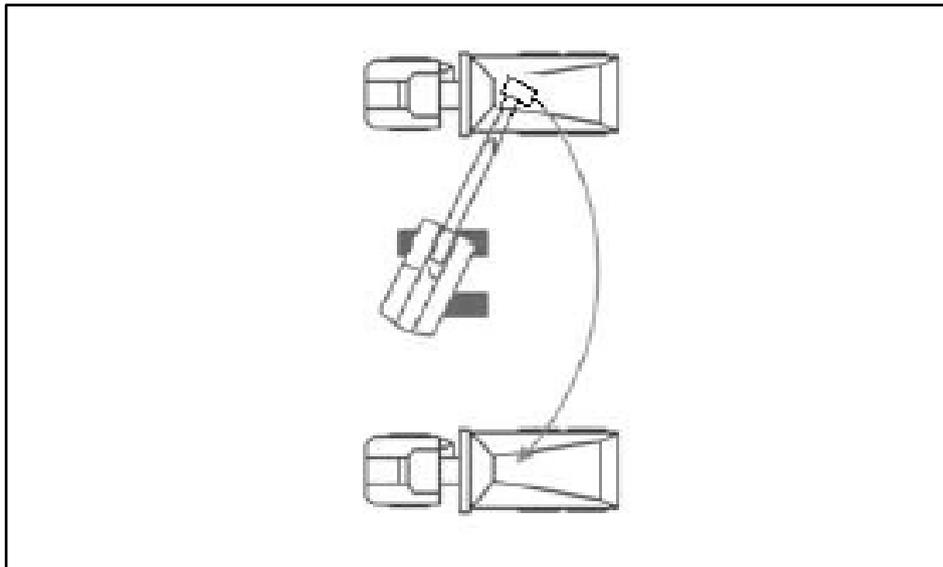
*Single back up* yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuati pada satu tempat sedangkan alat angkut berikutnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh. Setelah alat angkut pertama berangkat alat angkut kedua memposisikan diri untuk dimuati sedangkan truk ketiga menunggu dan begitu seterusnya. Pola pemuatan *single back up* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pola pemuatan material menggunakan *single back up* (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018)

b. *Double Back Up*

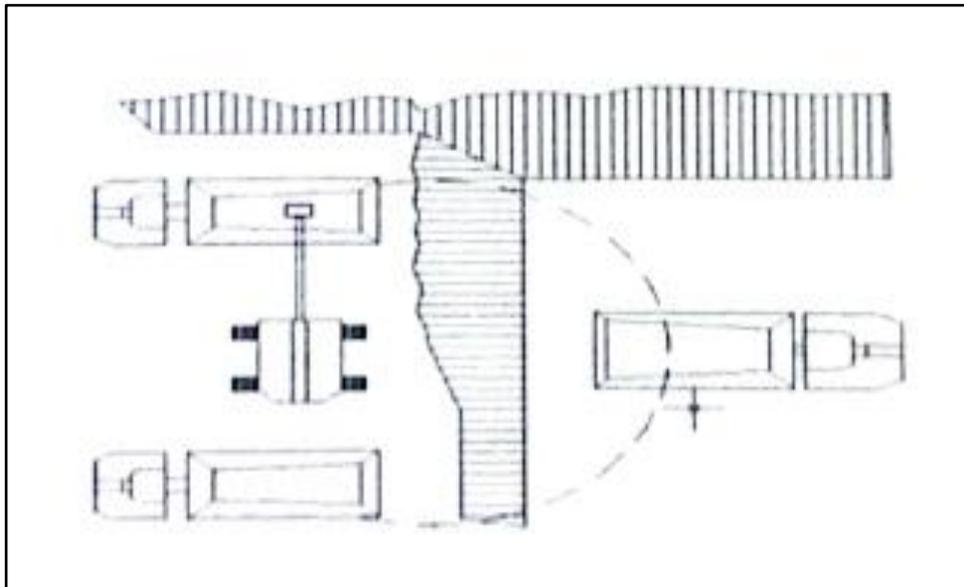
*Double back up* yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuati pada dua tempat, kemudian alat gali muat mengisi salah satu alat angkut sampai penuh setelah itu mengisi alat angkut kedua yang sudah memposisikan diri. Saat alat angkut kedua diisi, alat angkut ketiga memposisikan diri di tempat yang sama dengan alat angkut pertama dan seterusnya. Pola pemuatan *double back up* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pola pemuatan material menggunakan *double back up* (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018)

c. *Triple Back Up*

*Triple back up* yaitu pengisian material yang dilakukan terhadap alat angkut dengan menggunakan tiga alat gali muat. Pola pemuatan *triple back up* dapat dilihat pada Gambar 9.



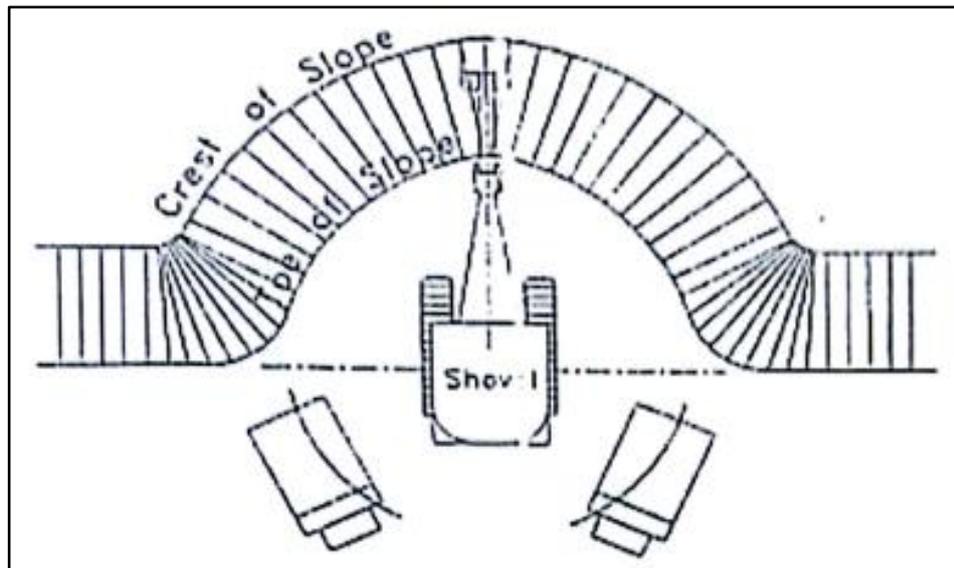
Gambar 9. Pola pemuatan material menggunakan *triple back up* (Nichols and Day, 2010; Winarno dkk, 2018)

3. Pola pemuatan berdasarkan cara pemuatan material

a. *Frontal Cut*

Alat gali muat berhadapan dengan muka jenjang atau area penggalian. Pola ini alat muat memuat pertama kali pada alat angkut sebelah kiri hingga

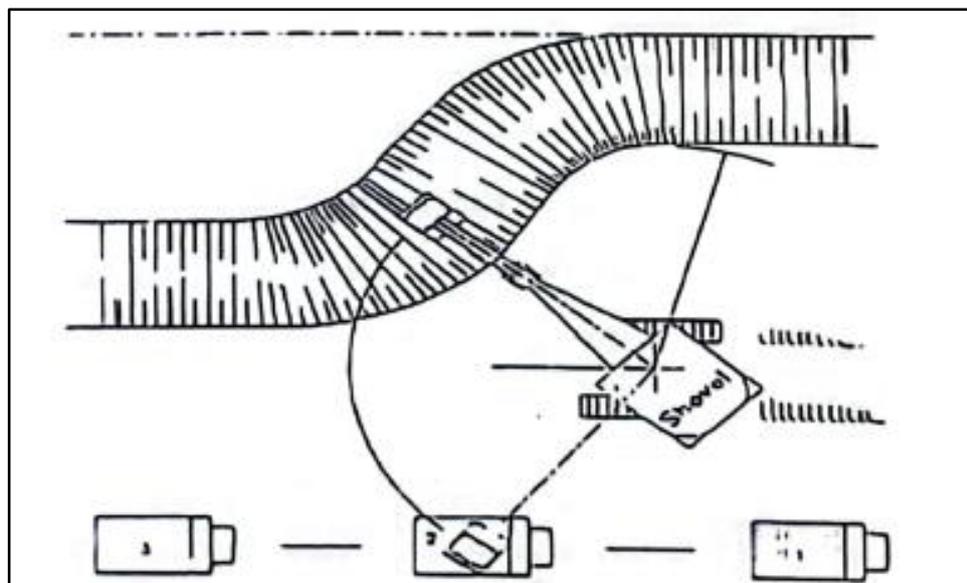
penuh, kemudian dilanjutkan pemuatan pada alat angkut sebelah kanan. Pola pemuatan *frontal cut* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pola pemuatan material menggunakan *frontal cut* (Nichols and Day, 2010)

b. *Parallel Cut With Drive By*

Ekskavator bergerak secara horizontal dan sejajar dengan area penggalian. Pola ini diterapkan apabila lokasi pemuatan memiliki dua akses dan berdekatan dengan lokasi penimbunan. Pola pemuatan *parallel cut with drive by* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Pola pemuatan material menggunakan *parallel cut with drive by* (Nichols and Day, 2010)

### 2.2.3 *Bucket Fill Factor*

*Bucket fill factor* merupakan perbandingan antara volume material nyata yang dimuat *bucket* dengan kapasitas munjung *bucket*. Faktor pengisian dari suatu alat gali muat dipengaruhi oleh kapasitas *bucket*, jenis dan sifat material yang ditangani dapat dinyatakan dalam Persamaan 3 (Anjar, 1997; Pratama, 2014; Tak dan Yusuf, 2022).

$$FF = V_n/V_t \times 100 \% \quad (3)$$

dimana,

FF = faktor pengisian (%)

$V_n$  = volume nyata ( $m^3$ )

$V_t$  = volume teoritis ( $m^3$ )

### 2.2.4 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan suatu ukuran pekerjaan dimana nilainya diketahui dengan membandingkan waktu kerja yang digunakan dengan waktu yang tersedia. Efisiensi kerja merupakan penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan yang tergantung dari berapa hal yaitu (Rosiyanti, 2002; Pratama, 2014; Tak dan Yusuf, 2022):

- a. Kondisi Tempat Kerja
- b. Faktor Manusia
- c. Waktu tunda yang terdiri dari:
  - 1) Hambatan yang dapat dihindari, seperti keterlambatan operator, pengisian BBM, istirahat terlalu awal, mulai bekerja terlalu lama setelah istirahat, dan lain sebagainya.
  - 2) Hambatan yang tidak dapat dihindari, seperti hambatan cuaca, kerusakan alat, dan lain sebagainya. Adanya hambatan yang terjadi selama jam kerja akan mengakibatkan waktu kerja efektif semakin kecil. Waktu kerja efektif dapat dinyatakan dalam Persamaan 4.

$$We = W_t - (W_{td} + W_{hd}) E_k = (We/W_t) \times 100\% \quad (4)$$

dimana,

$We$  = waktu kerja efektif (menit)

$W_t$  = waktu hambatan

$W_{hd}$  = waktu hambatan dapat dihindari

$W_{td}$  = waktu hambatan tidak dapat dihindari

$E_k$  = efisiensi kerja waktu edar (*cycle time*)

### 2.3 Use of Availability (UoA) Alat Gali Muat

UoA alat gali muat adalah persentase waktu yang digunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat digunakan. UoA alat gali muat dinyatakan dalam persen. UoA alat gali muat bergantung pada *working hours*, *delay*, *down*, *standby*, dan *waiting hours*. UoA alat gali muat dapat dinyatakan dalam Persamaan 5 (Istiqamah dan Gusman, 2020).

$$\text{UoA} = \frac{W}{W+S} \times 100\% \quad (5)$$

dimana,

UoA = Use of Availability alat gali muat (%)

W = Jam operasi (jam)

S = Jam *standby* (jam)

### 2.4 Emisi Karbon

Emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca yang menjadi faktor utama timbulnya fenomena pemanasan global. Produksi emisi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) erat kaitannya dengan aktivitas manusia (*anthropogenic activities*). Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), terdapat 5 sektor yang menjadi sumber utama emisi CO<sub>2</sub> yaitu penggunaan energi, proses industri dan penggunaan produk, PKPL (pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan), serta limbah (Labiba dan Pradoto, 2018).

Komponen utama dari emisi gas rumah kaca yaitu gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Perihal tersebut disebabkan jumlah gas CO<sub>2</sub> terus bertambah serta terakumulasi dalam jumlah yang besar sehingga mempunyai efek sangat besar dalam pemanasan global. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan gas natural yang ada di alam dengan jumlah yang sedikit serta toksisitas yang rendah. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) bisa diemisikan lewat beberapa metode secara natural lewat siklus karbon semacam karbon dioksida digunakan tumbuhan sepanjang proses fotosintesis dan pertukaran karbon dioksida antara atmosfer dan juga lautan serta lewat kegiatan manusia semacam pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas alam, serta batu bara), limbah padat, tumbuhan dan produk kayu, serta pula selaku akibat dari respon kimia lain (misalnya pembuatan semen). Karbon dioksida pula dilepaskan pada proses alami semacam pembusukan dari bagian tumbuhan (IPCC, 2007). Berdasarkan IPCC 1996, satu liter solar bisa menciptakan 2,92 kilogram emisi karbon. Secara umum, emisi gas rumah kaca merupakan perkalian antara data

aktivitas (konsumsi bahan bakar) dengan faktor emisi bahan bakar yang dapat dirumuskan pada Persamaan 6 (Sommeng, 2018).

$$E = DA \times FE \quad (6)$$

dimana,

E = emisi GRK (kg)

DA = data aktivitas/konsumsi bahan bakar (liter)

FE = faktor emisi (kg/liter)

Indonesia sebagai salah satu negara yang menandatangani Protokol Kyoto, telah meratifikasi Protokol Kyoto pada 3 Desember 2004 melalui UU No. 17 Tahun 2004 dalam rangka melaksanakan pembangunan berkelanjutan serta ikut serta dalam upaya menurunkan emisi GRK global. Terdapat 6 GRK yang ditargetkan penurunannya dalam Protokol Kyoto yaitu (CO<sub>2</sub>), (CH<sub>4</sub>), (N<sub>2</sub>O), (SF<sub>6</sub>), (PFC), dan (HFC) (Jannah, 2014). Emisi karbon didefinisikan sebagai pelepasan gas-gas yang mengandung karbon ke lapisan atmosfer bumi. Pelepasan terjadi karena adanya proses pembakaran terhadap karbon baik dalam bentuk tunggal maupun senyawa. Gas-gas ini dapat berbentuk CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs dan sebagainya (Kementerian Lingkungan Hidup, 2020).

Emisi karbon atau pun gas rumah kaca (*greenhouse gas*) berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi dua yaitu gas rumah kaca alami dan gas rumah kaca industri. Gas rumah kaca alami merupakan bagian dari siklus alam yang dapat dengan mudah dinetralisir oleh tumbuhan dan lautan. Gas rumah kaca alami menguntungkan bagi makhluk hidup karena dapat menjaga temperatur bumi tetap hangat dikisaran 6°C sedangkan gas rumah kaca industri berasal dari kegiatan industrial yang dilakukan oleh manusia (Martinez, 2005; Suhardi, 2015). Aktivitas manusia membuat kadar karbon dioksida menjadi lebih padat sehingga alam tidak dapat menyerap seluruh karbon dioksida yang tersedia dan terjadi kelebihan karbon (Kementerian Lingkungan Hidup, 2020).

Salah satu cara yang dapat ditempuh perusahaan untuk melegitimasi aktivitasnya adalah dengan melakukan pengungkapan ke publik. Transparansi dan akuntabilitas ditunjukkan oleh perusahaan dengan mengungkapkan informasi dalam laporan tahunannya. Informasi yang diungkapkan dalam laporan tahunan tersebut dikelompokkan menjadi dua yaitu *mandatory disclosure* dan *voluntary disclosure* (Suardi, 2015).

Secara umum, perusahaan akan mengungkapkan informasi jika informasi tersebut akan meningkatkan nilai perusahaan. Sebaliknya jika informasi itu dapat merugikan posisi atau reputasi perusahaan maka perusahaan akan menahan informasi tersebut. Pengungkapan mengenai aktivitas sosial dan lingkungan telah diatur oleh regulasi. Salah satunya yang dibuat oleh IAI yang tertuang dalam PSAK No. 1 (revisi 2009) (Pratiwi dan Vita, 2016).

*Carbon emission disclosure* merupakan salah satu contoh dari pengungkapan lingkungan yang merupakan bagian dari laporan tambahan yang telah dinyatakan dalam PSAK tersebut. Pengungkapan lingkungan mencakup intensitas GHG *emissions* atau gas rumah kaca dan penggunaan energi, *corporate governance* dan strategi dalam kaitannya dengan perubahan iklim, kinerja terhadap target pengurangan emisi gas rumah kaca, risiko dan peluang terkait dampak perubahan iklim (Jannah, 2014)

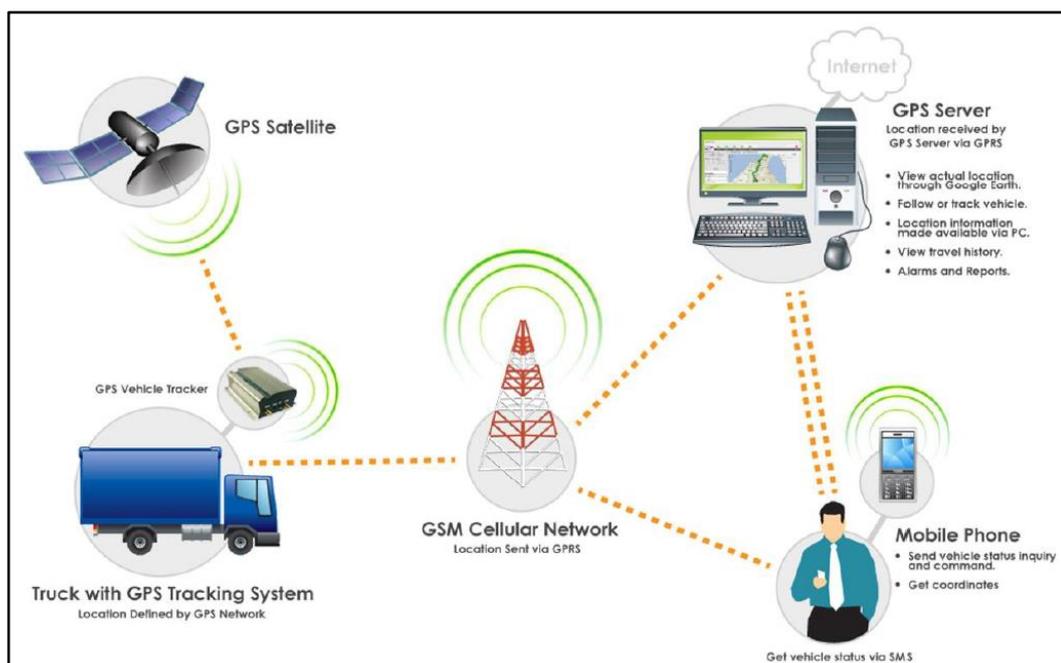
## **2.5 Dispatch Fleet Management System**

*Dispatch system* merupakan sistem yang memanfaatkan komputer untuk mengoptimalkan dan mengendalikan arus lalu lintas peralatan mekanis (terutama alat muat dan alat angkut) secara otomatis yang memanfaatkan teknologi GPS (*Global Positioning System*) untuk pemantauan penyebaran alat angkut, posisi alat angkut dan alat muat di lapangan. Fungsi FMS ini dapat mencakup lingkup yang beragam, mulai dari memelihara kendaraan, menghemat konsumsi bahan bakar, mengoptimalkan produktivitas kendaraan, hingga meningkatkan fungsi keselamatan bagi pengemudi dan kendaraan (Afrapoli dan Nasab, 2019). Fungsi-fungsi tersebut dikelola dalam suatu sistem manajemen informasi *fleet* terpadu, yang mana dengan sistem ini pengguna, yang merupakan pemilik bisnis transportasi, dapat melakukan pelacakan dan pemantauan hingga mendapatkan laporan secara *real time*. *Dispatch system* juga memiliki beberapa keuntungan dan beberapa kerugian. dikarenakan suatu sistem itu tidaklah bisa selalu berjalan dengan baik, pasti ada permasalahan (Riyandi dan Wibowo, 2020).

*Fleet management system* biasanya didukung oleh *device* yang berfungsi sebagai pengumpul data aktual yang dipasang di kendaraan. Salah satu *device* yang umum dikenal di kalangan masyarakat sebagai pengoleksi data guna pelacakan adalah *Global Positioning System* (GPS). GPS merupakan alat navigasi yang berbasis radio satelit, dengan mengirimkan informasi melalui jaringan radio pada

satelit, yang selanjutnya diolah dan dikirim ke *device* milik pengguna dalam bentuk informasi yang dapat dipahami dengan mudah (You dan Ritchie, 2018).

Sama halnya dengan konsep GPS, *Smart GPS Tracker* merupakan pengembangan konsep navigator berbasis radio satelit tersebut, yang mana GPS *Tracker* tersebut dipasang di setiap kendaraan atau armadanya. Pengguna akhir, atau yang bertugas melakukan pemantauan pada perusahaan penyedia transportasi, memiliki akun yang terdaftar pada *software* yang memuat *dashboard* informasi manajemen armada. Pada *dashboard* tersebut nantinya dapat memunculkan beragam informasi terkait kendaraannya, dimulai dari lokasi *real time* kendaraan, pemberitahuan keluar atau masuk rute, pemberitahuan durasi berhenti atau perjalanan kendaraan, pemberitahuan hidup atau matinya mesin, peringatan ketika sudah melebihi batas kecepatan yang ditentukan, serta dapat pemberian informasi dan peringatan jadwal pemeliharaan kendaraan. Dengan adanya informasi-informasi tersebut, suatu perjalanan dapat dipantau dan dikontrol, sehingga menjadi lebih efektif dan efisien. Cara kerja sistem manajemen armada ini adalah dengan menyampaikan informasi yang didapat dari unit kendaraan yang telah dipasang *GPS tracker* dengan menggunakan satelit. Kemudian sinyal tersebut diolah dengan didukung oleh adanya server dan diterjemahkan menjadi informasi yang dapat dibaca oleh *end user* atau penerima informasi, baik pemilik kendaraan maupun yang bertanggung jawab dalam memantau kendaraan tersebut. Skema *Fleet Management System* dapat dilihat pada Gambar 12 (Saghaei, 2016).



Gambar 12. Skema *Fleet Management System* (Saghaei, 2016)

Keuntungan dan kerugian *dispatch system* adalah (Riyandi dan Wibowo, 2020):

1. Keuntungan *dispatch system*
  - a. Akan membantu mengoptimalkan produksi, karena *dispatch* akan membantu penyebaran truk secara otomatis menyesuaikan kondisi operasi saat itu.
  - b. Mengamati perkembangan produksi tiap alat berdasarkan waktu nyata.
  - c. Data produksi yang dicatat dan dikumpulkan *dispatch*, dapat digunakan untuk menganalisis produksi, dan merencanakan operasi agar lebih optimal.
  - d. Adanya kemampuan *optimizer*, *controlling*, dan *monitoring* dari sistem, hal tersebut dapat mengurangi waktu kerja, sehingga produksi lebih cepat.
2. Kerugian *dispatch system* adalah apabila sistem mengalami gangguan maka penyebaran truk ke *shovel* tidak akan merata atau optimal.

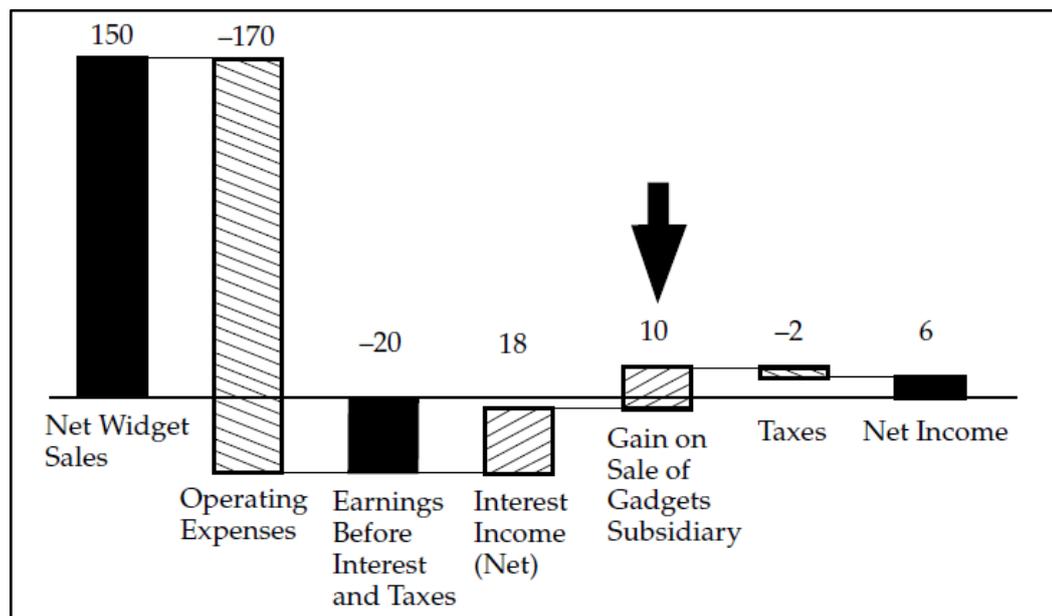
## 2.6 Diagram *Waterfall*

Diagram *waterfall* adalah bentuk visualisasi data yang membantu dalam memahami efek kumulatif dari nilai positif atau negatif yang ditampilkan secara berurutan. Nilai yang ada di antara data ini dapat berbasis waktu atau berbasis kategori. Diagram *waterfall* juga dikenal sebagai bagan batu bata terbang atau bagan Mario karena penangguhan kolom (batu bata) di udara. Seringkali di bidang keuangan disebut sebagai jembatan. Diagram *waterfall* dipopulerkan oleh perusahaan konsultan strategis McKinsey and Company dalam presentasinya kepada klien (Rasiel, 1999).

Kompleksitas dapat ditambahkan ke diagram *waterfall* dengan beberapa kolom total dan nilai yang melintasi sumbu. Kenaikan dan penurunan yang cukup ekstrim dapat menyebabkan total kumulatif jatuh di atas dan di bawah sumbu di berbagai titik. Subtotal perantara, digambarkan dengan seluruh kolom, dapat ditambahkan ke grafik di antara kolom mengambang. Diagram *waterfall* dikenal sebagai jembatan atau kaskade, bagan menggambarkan bagaimana nilai awal dipengaruhi oleh serangkaian nilai positif atau negatif yang juga mirip dengan grafik batang (Rasiel, 1999).

Diagram *waterfall* dapat digunakan untuk tujuan analitis, terutama untuk memahami atau menjelaskan transisi bertahap dalam nilai kuantitatif suatu entitas yang mengalami kenaikan atau penurunan. Seringkali, diagram *waterfall* atau

kaskade digunakan untuk menunjukkan perubahan pendapatan atau laba antara dua periode waktu. Diagram *waterfall* dapat digunakan untuk berbagai jenis analisis kuantitatif, mulai dari analisis inventaris hingga analisis kinerja. Diagram *waterfall* juga biasa digunakan dalam analisis keuangan untuk menampilkan bagaimana nilai bersih diperoleh melalui keuntungan dan kerugian dari waktu ke waktu atau antara jumlah aktual dan yang dianggarkan. Perubahan arus kas atau item baris laporan laba rugi juga dapat ditampilkan melalui diagram *waterfall*. Contoh diagram *waterfall* dapat dilihat pada Gambar 13 (Rasiel, 1999).



Gambar 13. Contoh Diagram *Waterfall* (Rasiel, 1999)

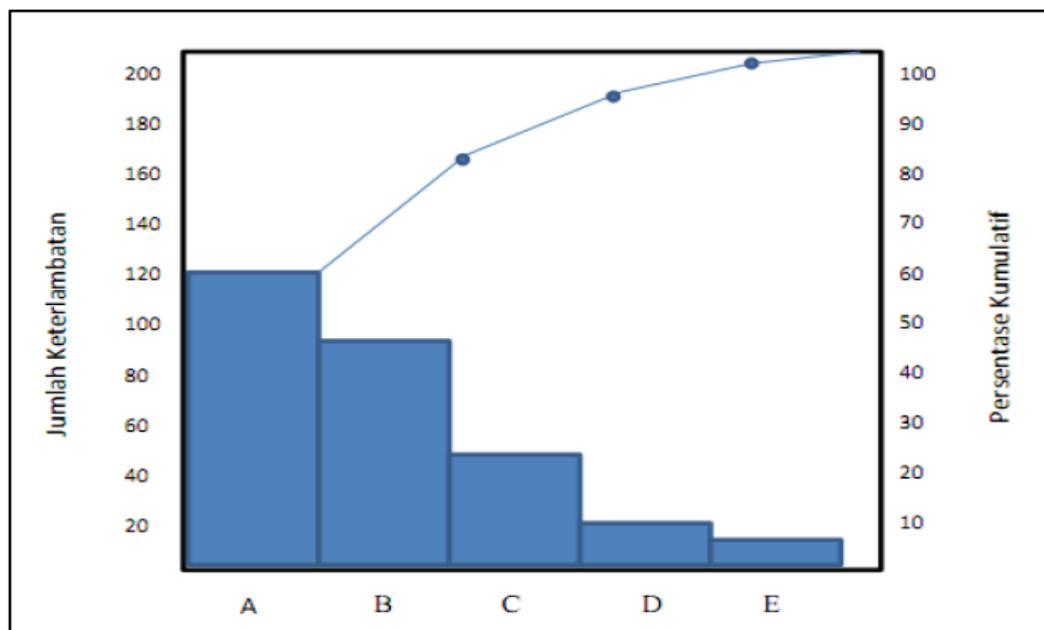
Diagram *waterfall* sebenarnya adalah tipe khusus bagan kolom *Excel*. Diagram ini biasanya digunakan untuk menunjukkan bagaimana posisi awal meningkat atau menurun melalui serangkaian perubahan. Kolom pertama dan terakhir dalam diagram *waterfall* tipikal mewakili nilai total. Kolom perantara tampak mengambang, dan menunjukkan perubahan positif atau negatif dari satu periode ke periode lainnya, berakhir dengan nilai total akhir. Biasanya, kolom ini diberi kode warna untuk membedakan nilai positif dan negatif (Bespalaya, 2023).

Diagram *waterfall* juga dikenal sebagai bagan jembatan *Excel* karena kolom mengambang membuat apa yang disebut jembatan yang menghubungkan titik akhir. Bagan ini sangat berguna untuk tujuan analitis. Contoh penggunaan diagram *waterfall* adalah saat mengevaluasi laba perusahaan atau pendapatan produk, membuat analisis inventaris atau penjualan, dan lain sebagainya (Bespalaya, 2023).

## 2.7 Diagram Pareto

Diagram *pareto* adalah diagram batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian. Setiap permasalahan diwakili oleh satu diagram batang. Masalah yang paling banyak terjadi akan menjadi diagram batang yang paling tinggi, sedangkan masalah yang paling sedikit akan diwakili oleh diagram batang yang paling rendah (Tisnowati *et al.*, 2008). Penggunaan diagram *pareto* dapat dilakukan dengan menggunakan lembar periksa atau *check sheet*. Lembar periksa (*check sheet*) adalah suatu alat bantu untuk memudahkan proses pengumpulan data. Data tersebut dapat membantu dalam menggunakan metode diagram *pareto* (Sunarto dan Nugroho, 2020).

Diagram *pareto* merupakan diagram yang digunakan untuk menentukan suatu prioritas kategori kejadian, sehingga dapat diketahui nilai yang paling dominan dilakukan dengan melihat nilai kumulatifnya. Prinsip *pareto* yang menyatakan dengan sebuah aturan 80/20 yang dapat diartikan bahwa 80% masalah kualitas dalam sebuah produk disebabkan oleh 20% penyebab kegagalan dari suatu produksi, sehingga dipilih jenis-jenis kegagalan/cacat dengan kumulatif mencapai 80% dengan asumsi bahwa dengan 80% tersebut dapat mewakili seluruh jenis cacat yang terjadi (Nir *et al.*, 2007). Contoh dari diagram *pareto* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 14. Contoh Diagram *Pareto* (Nasution, 2005)

Diagram *pareto* adalah diagram yang dikembangkan oleh seorang ahli ekonomi yang berasal dari Italian bernama Vilfredo Pareto pada abad ke-19 (1993).

Diagram *pareto* digunakan untuk memperbandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar di sebelah kiri ke yang paling kecil berada di sebelah kanan. Susunan tersebut akan membantu kita untuk menentukan pentingnya atau prioritas kategori kejadian-kejadian atau sebab-sebab kejadian yang dikaji atau untuk mengetahui masalah utama dalam prosesnya. Dengan bantuan diagram *pareto*, kegiatan akan lebih efektif dengan memusatkan perhatian pada sebab-sebab yang mempunyai dampak yang paling besar terhadap kejadian daripada meninjau berbagai sebab pada suatu ketika (Nasution, 2005).

Kegunaan diagram *pareto* ialah untuk menemukan atau mengetahui prioritas utama dari masalah yang dihadapi dan merupakan kunci dalam penyelesaian masalah yang dihadapi dan perbandingan terhadap keseluruhan. Kegunaan diagram *pareto* adalah (Nasution, 2005):

1. Menunjukkan prioritas sebab-sebab kejadian atau persoalan yang perlu ditangani.
2. Diagram *pareto* dapat membantu untuk memusatkan perhatian pada persoalan utama yang harus ditangani dalam upaya perbaikan.
3. Menunjukkan hasil upaya perbaikan.
4. Menyusun data menjadi informasi yang berguna

Prinsip *pareto* menyatakan bahwa dari sekian banyak kejadian, sekitar 80% daripada efeknya disebabkan oleh 20% dari penyebabnya (Koch, 1998). Hukum *pareto* sebenarnya dipopulerkan oleh Joseph M. Juran (ahli manajemen mutu) yang lebih bersifat universal. Juran meyakini bahwa konsep 80/20 tersebut dapat diterapkan dalam seluruh sendi kehidupan manusia mulai dari sosial-budaya, sosial-ekonomi, sosio-politik dan lain-lain. Roh matematik dari hukum *pareto* adalah 80% reaksi sebenarnya dihasilkan dari 20% aksi yang dilakukan (Juran and Godfrey, 1999).

Contoh dalam kehidupan sehari-hari yang menggunakan prinsip *pareto* antara lain (Sunarto dan Nugroho, 2020):

1. Dalam dunia produksi, 20% produk akan menghasilkan 80% nilai penjualan.
2. Dalam dunia kapitalis, 20% manusia/pengusaha mampu menguasai 80% uang di suatu negara.
3. Dalam dunia kampus, mahasiswa yang mampu menguasai 20% materi ujian, mereka akan mampu menghasilkan 80% nilai ujiannya berarti minimal mampu menghasilkan *grade* "b".

4. Dalam dunia kuliner, restoran setiap hari rata-rata hanya 20% menu yang sering terjual, uniknya dari 20% menu tersebut restoran memperoleh 80% total pendapatan.
5. Dalam dunia kepanitiaan suatu kegiatan, tidak dipungkiri bahwa 80% keberhasilan kegiatan diakibatkan kerja keras sekitar 20% anggota panitia.

Pendek kata, prinsip *pareto* secara efektif digunakan untuk memisahkan penyebab utama dari serangkaian banyaknya permasalahan atau akar masalah. Fokus prinsip *pareto* adalah mengatasi penyebab utama dari masalah yang dihadapi untuk efisiensi dan efektivitas. Prinsip *pareto* lebih mudah implementasinya bila kita telah memiliki data dari hasil pengamatan, yang kemudian data tersebut dianalisis dan diinformasikan hasilnya dalam bentuk diagram *pareto*. Beberapa implementasi prinsip 80-20 dalam diagram *pareto* antara lain (Sunarto dan Nugroho, 2020):

1. 80% keluhan datang dari 20% pelanggan
2. 80% kecurangan dalam ujian berasal dari 20% mahasiswa
3. 80% dari *output* yang dihasilkan berasal dari 20% masukan
4. 80% dari hasil berasal dari 20% dari usaha
5. 80% dari kesulitan dalam mencapai tujuan terletak pada 20% dari tantangan
6. 80% dari pendapatan berasal dari 20% pelanggan
7. 80% dari masalah datang dari 20% penyebab
8. 80% omset restoran berasal dari 20% menu yang terjual atau dipesan
9. 80% dari waktu mengunjungi situs internet digunakan untuk 20% situs yang tersedia
10. 80% pakaian yang tersimpan dalam almari hanya 20% pakaian saja yang dipakai setiap hari

Menurut prinsip *pareto* ini sebenarnya setiap manusia sebenarnya hidup dalam sebuah perbandingan 80/20. Konsep ini bisa juga tidak tepat seratus persen benar, namun berdasarkan fakta dan hasil pengamatan prinsip ini bisa digunakan di berbagai sendi kehidupan. Apabila kita bisa memprioritaskan 20% usaha sebagai daya ungkit, maka kita akan mendapatkan lebih banyak produktivitas dengan menggunakan waktu dan biaya yang sedikit (Sunarto dan Nugroho, 2020).

Meskipun dikenal dengan prinsip 80/20, namun prinsip *pareto* ini tidak harus dengan perbandingan 80:20 untuk setiap situasi. Perbandingan 80:20 belum tentu cocok untuk setiap masalah. Oleh karenanya diperlukan pengujian hasil

pengamatan dari berbagai permasalahan di setiap bidang kehidupan untuk menetapkan perbandingan tersebut. Di bidang komputer bisa menggunakan perbandingan 90:10, di dunia pendidikan bisa menggunakan perbandingan 75/25. Prinsip *pareto* tidak harus diaplikasikan 80:20 sehingga menjadi pas 100%. Penggunaan prinsip 80:20 yang telah terstandar dikarenakan (Sunarto dan Nugroho, 2020):

1. Perbandingan ini pertama dicetuskan oleh *pareto* berdasarkan hasil pengamatan, dipublikasikan dan diterima oleh kalangan akademisi.
2. Perbandingan 80:20 sering terjadi dan paling dominan dalam kehidupan.
3. Sejak dipublikasikan perbandingan 80:20 ditetapkan menjadi prinsip *pareto* karena sebagai dasar ilustrasi teori *pareto*.