

**SKRIPSI**

**ANALISIS BIAYA OPERASIONAL KOMBINASI METODE KONVENSIONAL  
DAN ZEBRA PADA AKTIVITAS PEMBERSIHAN PERMUKAAN BATUBARA  
DI *PIT E SITE* BINSUA PT BUMA KALIMANTAN TIMUR**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**M. RIDZUAN  
D111 19 1024**



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

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

## ANALISIS BIAYA OPERASIONAL KOMBINASI METODE KONVENSIONAL DAN ZEBRA PADA AKTIVITAS PEMBERSIHAN PERMUKAAN BATUBARA DI *PIT E SITE* BINSUA PT BUMA KALIMANTAN TIMUR

Disusun dan diajukan oleh

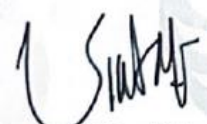
**M. RIDZUAN**  
**D111 19 1024**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 11 Desember 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT.  
NIP. 197010052008012026

Rizki Amalia, ST., MT.  
NIP. 199205042019016001

Ketua Program Studi,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT.  
NIP. 197010052008012026

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Ridzuan  
NIM : D111191024  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Biaya Operasional Kombinasi Metode Konvensional dan Zebra pada  
Aktivitas Pembersihan Permukaan Batubara di *Pit E Site* Binsua PT BUMA  
Kalimantan Timur

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, 11 Desember 2023

Yang Menyatakan



M. Ridzuan

## ABSTRAK

**M. RIDZUAN.** *Analisis Biaya Operasional Kombinasi Metode Konvensional dan Zebra pada Aktivitas Pembersihan Permukaan Batubara di Pit E Site Binsua PT BUMA Kalimantan Timur* (dibimbing oleh Dr. Aryanti Virtanti Anas dan Rizki Amalia)

Aktivitas pembersihan permukaan batubara dengan metode konvensional di PT Bukit Makmur Mandiri Utama *Job Site* Binsua menyebabkan target produksi *coal getting* tidak tercapai sehingga digunakan kombinasi metode konvensional dan zebra agar mencapai target produksi. Metode konvensional pada aktivitas pembersihan permukaan batubara adalah metode pembersihan seluruh permukaan batubara dari pengotor sedangkan metode zebra adalah metode pada aktivitas pembersihan permukaan batubara secara selang siling untuk mempercepat pengukuran volume batubara pada siang hari karena adanya keterbatasan alat ukur untuk memperoleh data di malam hari. Metode zebra menerapkan interpolasi berdasarkan jarak, target luasan yang harus dibersihkan, dan jumlah unit yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung produktivitas, biaya operasional, dan jumlah alat yang tepat pada aktivitas pembersihan permukaan batubara pada masing-masing metode konvensional dan zebra. Produktivitas alat pembersihan permukaan batubara untuk menghasilkan batubara yang dapat diukur pada metode konvensional dan zebra masing-masing sebesar 441,69 m<sup>2</sup>/jam dan 1.166,05 m<sup>2</sup>/jam. Berdasarkan kombinasi metode konvensional dan zebra yang disimulasikan pada aktivitas pembersihan permukaan batubara yaitu Z0, Z1, Z2, Z3, dan Z4 menghasilkan batubara yang siap ditambang pada masing-masing kombinasi yaitu 6.928,55 m<sup>2</sup>/hari, 9.769,20 m<sup>2</sup>/hari, 12.609,86 m<sup>2</sup>/hari, 12.280,71 m<sup>2</sup>/hari, dan 9.824,57 m<sup>2</sup>/hari sehingga kombinasi yang menghasilkan batubara yang siap ditambang tertinggi yaitu kombinasi Z2. Biaya operasional pada aktivitas pembersihan permukaan batubara dengan melakukan kombinasi Z2 yaitu sebesar USD44.608,31/bulan dengan biaya perawatan dan perbaikan sebesar USD12.153,22/bulan serta biaya penggunaan bahan bakar sebesar USD32.455,09/bulan sehingga *cost reduction* yang dapat diperoleh dengan kombinasi metode konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara yaitu sebesar USD4.051,07/bulan.

Kata Kunci: Pembersihan permukaan batubara, Metode Konvensional, Metode Zebra, Biaya, Kombinasi

## ABSTRACT

**M. RIDZUAN.** *Operational Cost Analysis of the Combination of Conventional and Zebra Methods in coal clean up Activities in E Pit Binsua Site at PT BUMA East Kalimantan* (supervised by Dr. Aryanti Virtanti Anas and Rizki Amalia)

Coal clean up activities with conventional methods at PT Bukit Makmur Mandiri Utama Job Site Binsua caused the coal getting production target not to be achieved so that a combination of conventional and zebra methods was used to achieve production targets. The conventional method of coal clean up activities is a method of cleaning the entire coal surface from impurities while the zebra method is a method of coal clean up by ceiling intervals to speed up coal volume measurements during the day due to limited measuring instruments to obtain data at night. The zebra method applies interpolation based on distance, target area to be cleared, and number of units used. This study aims to calculate productivity, operational costs, and the right number of tools in coal clean up activities in each conventional and zebra method. The productivity of coal clean up equipment to produce coal that can be measured on conventional and zebra methods is respectively 441.69 m<sup>2</sup>/hour and 1,166.05 m<sup>2</sup>/hour. Based on a combination of conventional and zebra methods simulated in coal clean up activities, namely Z0, Z1, Z2, Z3, and Z4 produce coal that is ready to be mined in each combination of 6,928.55 m<sup>2</sup>/day, 9,769.20 m<sup>2</sup>/day, 12,609.86 m<sup>2</sup>/day, 12,280.71 m<sup>2</sup>/day, and 9,824.57 m<sup>2</sup>/day so that the combination that produces the highest ready-to-mine coal is the Z2 combination. Operating costs in coal clean up activities by combining Z2 amounted to USD44,608.31/month with maintenance and repair costs of USD12,153.22/month and fuel consumption costs of USD32,455.09/month so that the cost reduction that can be obtained by combining conventional and zebra methods in coal clean up activities is USD4,051.07/month.

Keywords: Coal Clean Up, Zebra Method, Conventional Method, Cost, Combination

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....                           | i    |
| PERNYATAAN KEASLIAN.....                                 | ii   |
| ABSTRAK .....  | iii  |
| ABSTRACT .....   | 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 .....                                | 2    |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                              | 3    |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                             | 3    |
| 1.5 Ruang Lingkup.....                                   | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                             | 5    |
| 2.1 Sistem Penambangan Batubara.....                     | 5    |
| 2.2 <i>Joint Survey</i> .....                            | 9    |
| 2.3 Pengupasan Lapisan Penutup.....                      | 13   |
| 2.4 Pembersihan Permukaan Batubara.....                  | 19   |
| 2.5 Produktivitas Alat .....                             | 20   |
| 2.6 Biaya Operasional .....                              | 23   |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                           | 26   |
| 3.1 Lokasi Penelitian.....                               | 26   |
| 3.2 Variabel Penelitian.....                             | 27   |
| 3.3 Instrumen Penelitian .....                           | 28   |
| 3.4 Teknik Pengumpulan Data.....                         | 30   |
| 3.5 Teknik Analisis Data.....                            | 32   |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                        | 59   |
| 4.1 Luas Area Pembersihan Permukaan Batubara .....       | 59   |
| 4.2 Produktivitas <i>Excavator</i> .....                 | 60   |
| 4.3 Analisis <i>Use of Availability Excavator</i> .....  | 70   |
| 4.4 Biaya Operasional .....                              | 74   |
| 4.5 Analisis Jumlah Alat dan <i>Cost Reduction</i> ..... | 75   |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....                          | 79   |
| 5.1 Kesimpulan .....                                     | 79   |
| 5.2 Saran.....   | 79   |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                     | 81   |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1. <i>Conventional contour mining</i> .....  | 7  |
| Gambar 2. <i>Tripod</i> sebagai dudukan <i>total station</i> .....  | 11 |
| Gambar 3. Prisma sebagai target tembakan .....  | 12 |
| Gambar 4. <i>Stick</i> sebagai dudukan prisma .....   | 12 |
| Gambar 5. <i>Bench Mark</i> sebagai titik ikat.....   | 13 |
| Gambar 6. <i>Wheel loader</i> .....   | 14 |
| Gambar 7. <i>Backhoe</i> .....  | 15 |
| Gambar 8. Pola pemuatan pada pengupasan lapisan penutup.....  | 16 |
| Gambar 9. Pola pemuatan material menggunakan <i>single back up</i> .....  | 17 |
| Gambar 10. Pola pemuatan material menggunakan <i>double back up</i> .....   | 17 |
| Gambar 11. Pola pemuatan material menggunakan <i>triple back up</i> .....   | 18 |
| Gambar 12. Pola pemuatan material menggunakan <i>frontal cut</i> .....  | 18 |
| Gambar 13. Pola pemuatan material menggunakan <i>parallel cut with drive by</i> ....  | 19 |
| Gambar 14. Lokasi penelitian. ....  | 26 |
| Gambar 15. Metode konvensional .....  | 27 |
| Gambar 16. Metode zebra.....  | 27 |
| Gambar 17. <i>Stopwatch</i> .....   | 28 |
| Gambar 18. Pengukuran volume batubara menggunakan <i>total station</i> .....  | 29 |
| Gambar 19. <i>Roll meter</i> .....  | 29 |
| Gambar 20. (a) Observasi, (b) Pengukuran lebar area <i>cleaning</i> , (c) Pengukuran panjang bukaan, (d) Pengukuran <i>cycle time</i> , (e) Pengukuran ketebalan sisa <i>overburden</i> ..... | 30 |
| Gambar 21. <i>Excavator</i> Komatsu PC-200.....   | 31 |
| Gambar 22. Kombinasi <i>excavator</i> (alat pembersihan permukaan batubara) .....   | 32 |
| Gambar 23. Bagan alir penelitian.....   | 35 |
| Gambar 24. Kondisi lapangan dengan metode zebra.....  | 61 |
| Gambar 25. Histogram produktivitas <i>excavator</i> pada masing-masing metode ....  | 65 |
| Gambar 26. Histogram perbandingan area <i>cleaning</i> yang belum terukur .....   | 68 |
| Gambar 27. Histogram perbandingan area yang dapat diukur oleh tim survei.....   | 68 |
| Gambar 28. Histogram perbandingan area yang dapat ditambang .....   | 69 |
| Gambar 29. Histogram perbandingan UA alat <i>coal getting</i> .....   | 73 |
| Gambar 30. Histogram perbandingan UA alat <i>coal getting</i> .....   | 76 |
| Gambar 31. Histogram perbandingan biaya operasional <i>excavator</i> .....  | 77 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1. Target produksi batubara per bulan pada tahun 2023 .....   | 59 |
| Tabel 2. Ketebalan <i>seam</i> di area penelitian.....              | 60 |
| Tabel 3. Parameter <i>excavator</i> .....                           | 61 |
| Tabel 4. Parameter batubara.....                                    | 61 |
| Tabel 5. <i>Cycle time excavator</i> pada metode konvensional ..... | 62 |
| Tabel 6. <i>Cycle time excavator</i> pada metode zebra.....         | 62 |
| Tabel 7. Data parameter <i>excavator</i> .....                      | 63 |
| Tabel 8. Area bukaan permukaan batubara.....                        | 66 |
| Tabel 9. Batubara yang terukur.....                                 | 67 |
| Tabel 10. Batubara siap tambang .....                               | 67 |
| Tabel 11. Spesifikasi Komatsu PC-400 dan Hitachi EX-1200 .....      | 70 |
| Tabel 12. Kebutuhan area Komatsu PC-400 dan Hitachi EX-1200.....    | 71 |
| Tabel 13. Perbandingan UA Komatsu PC-400 .....                      | 71 |
| Tabel 14. Perbandingan UA Hitachi EX-1200 .....                     | 72 |
| Tabel 15. Biaya penggunaan bahan bakar <i>excavator</i> .....       | 74 |
| Tabel 16. Biaya perawatan dan perbaikan <i>excavator</i> .....      | 74 |
| Tabel 17. Batubara siap tambang .....                               | 75 |



## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

| Lambang/Singkatan | Arti dan Keterangan             |
|-------------------|---------------------------------|
| BT                | Bujur Timur                     |
| CTM               | <i>Cycle Time</i>               |
| Km                | Kilometer                       |
| Kb                | Kapasitas baket                 |
| L                 | Jangkauan                       |
| LS                | Lintang Selatan                 |
| M                 | meter                           |
| MoHH              | <i>Machine On Hand Hour</i>     |
| N                 | Jumlah unit                     |
| PA                | <i>Physical of Availability</i> |
| Pty               | Produktivitas alat gali-muat    |
| Qm                | Jumlah produksi alat gali-muat  |
| R                 | Jumlah jam perbaikan            |
| S                 | Jumlah jam alat tidak digunakan |
| T                 | Waktu                           |
| UA                | <i>Use of Availability</i>      |
| W                 | Jumlah jam kerja alat           |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1 <i>Cross section of coal seam</i> .....                   | 60 |
| Lampiran 2 Total area siap tambang pada masing-masing kombinasi..... | 64 |
| Lampiran 3 <i>Fuel consumption</i> bulan Januari 2023.....           | 68 |
| Lampiran 4 <i>Fuel consumption</i> bulan Februari 2023.....          | 74 |
| Lampiran 5 <i>Fuel consumption</i> bulan Maret 2023.....             | 81 |
| Lampiran 6 <i>Fuel consumption</i> bulan April 2023.....             | 88 |

## KATA PENGANTAR



*Assalamua'laikum Warohmatullahi wabarokatuh.*

Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala*, karena atas limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nyalah, kita masih diberikan kesehatan dan kesempatan sehingga Skripsi dengan judul “Analisis Biaya Operasional Kombinasi Alat Metode Konvensional dan Zebra pada Aktivitas Pembersihan Permukaan Batubara di *Pit E Site* Binsua PT BUMA Kalimantan Timur” dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-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 Dede Bayu Irawan, ST selaku *Manager Engineering* serta Bapak Tengku Giovanni P, ST., Ardian Adkhan S., dan Izaku Mike Annam selaku *Mineplan Engineering* sekaligus *buddy* dan pembimbing selama kegiatan magang dan penelitian yang penulis lakukan di PT Bukit Makmur Mandiri Utama yang telah memberikan saran, motivasi, dan ide-ide serta izin untuk penulis melakukan kegiatan magang dan penelitian di lingkup kerja *engineering*.

Ucapan terimakasih pula penulis sampaikan kepada dosen pembimbing skripsi Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., MT. dan Ibu Rizki Amalia, ST., MT. yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing, memberi masukan, serta memberi semangat kepada penulis selama menyusun skripsi, kepada Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT. dan Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT. selaku dosen penguji. Terimakasih kepada dosen di Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang, Ibu Dr. Eng. Rini Novrianti Sutardjo T., S.T., M.BA., M.T dan seluruh dosen serta staf Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Terima kasih untuk seluruh saudara seperjuangan IGNEOUZ 2019 yang selalu ada dan teman-teman Anggota Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang yang telah memberikan masukan dan semangat dalam kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan laporan Tugas Akhir. Tidak lupa tentunya ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua saya, Ayahanda Ambotuo dan Ibunda Erniati, serta kedua saudara saya, Kakanda Nur Aminah dan Dewi Sri Nuralam atas segala doa, nasihat dan arahan, serta semangat yang diberikan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan wawasan dan pengetahuan mengenai aspek biaya operasional dan kegiatan pembersihan permukaan batubara pada industri penambangan batubara.

Gowa, November 2023

M. Ridzuan

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kegiatan penambangan merupakan kegiatan yang membutuhkan perencanaan yang matang dari tahap satu ke tahap lainnya. Salah satu kegiatan yang penting dilakukan dalam penambangan batubara adalah pengukuran volume batubara. Pengukuran volume batubara dapat dilakukan menggunakan metode *truck count* dan *joint survey*. Metode *truck count* adalah perhitungan volume batubara dengan menghitung hasil perkalian antara jumlah ritasi dengan besar target muatan tiap rit pada suatu periode penambangan tertentu. Metode *joint survey* merupakan salah satu metode analisis perhitungan volume yang dilakukan oleh kontraktor dan *owner* untuk menghasilkan kesepakatan volume dari aktivitas penambangan dalam periode tertentu melalui pengukuran menggunakan alat survei seperti *total station* atau *laser scanner* (Tulloh dkk, 2021).

Pengukuran volume batubara dengan metode *joint survey* dapat dilakukan setelah pengupasan material lapisan penutup batubara (*waste removal*) dan pembersihan lapisan permukaan batubara (*coal clean up*) telah selesai. Pembersihan permukaan batubara adalah proses pembersihan sisa lapisan penutup batubara baik *overburden* atau *interburden* yang masih terdapat di atas permukaan batubara setelah kegiatan pengupasan lapisan penutup (*waste removal*) dilakukan sehingga didapatkan batubara yang benar-benar bersih dan siap untuk ditambang (Wulandari dan Octova, 2018).

PT Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) menggunakan empat unit *excavator* Komatsu PC-200 sebagai alat pembersihan permukaan batubara. Aktivitas pembersihan permukaan batubara yang dilakukan secara konvensional (biasa) yaitu menempatkan alat untuk membersihkan permukaan batubara secara keseluruhan dengan tujuan untuk memisahkan antara batubara dengan pengotor yang masih tersisa di atas lapisan permukaan batubara. Setelah lapisan permukaan batubara bersih dilakukan pengukuran volume batubara, namun volume batubara yang diukur oleh *surveyor* tidak mencapai target produksi. Batubara yang terukur dengan metode konvensional pada aktivitas pembersihan permukaan batubara

sebesar 14.591,52 ton/hari sementara target produksi sebesar 70.211,63 ton/hari. Hal ini terjadi karena pengukuran volume batubara hanya dilakukan pada siang hari yang disebabkan oleh faktor keamanan dan ketelitian alat ukur untuk memperoleh data di malam hari terbatas. Untuk memperoleh data volume batubara pada saat survei agar mencapai target produksi dan mencegah terjadinya waktu tunggu oleh alat gali muat batubara atau *coal loss* data akibat adanya batubara yang diambil sebelum pengukuran volume maka diperlukan metode yang efisien untuk melakukan pembersihan permukaan batubara sehingga perusahaan menerapkan metode zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara.

Metode zebra adalah metode pembersihan lapisan batubara dengan menerapkan interpolasi berdasarkan jarak, target luasan yang harus dibersihkan, dan jumlah unit yang digunakan. Penerapan metode zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara yaitu memposisikan *excavator* untuk membersihkan permukaan batubara dimana permukaan batubara tidak dibersihkan secara keseluruhan (konvensional) tetapi selang-seling dengan jarak spasi tertentu untuk menghasilkan permukaan batubara yang bersih dan siap untuk diukur oleh *surveyor* sehingga dapat mempercepat pengukuran volume batubara. Penerapan kombinasi alat metode konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara berpengaruh terhadap biaya operasional karena perusahaan tidak perlu mengeluarkan biaya untuk menambah *excavator* agar mencapai target produksi sehingga perlu dilakukan analisis biaya untuk mengetahui efisiensi kombinasi alat yang tepat untuk melakukan aktivitas pembersihan permukaan batubara dengan menggunakan metode konvensional dan zebra di PT Bukit Makmur Mandiri Utama.

## 1.2 Rumusan Masalah

Batubara yang dapat ditambang adalah batubara yang bersih dan telah diukur volumenya oleh oleh tim survei. Pengukuran volume batubara yang telah siap ditambang hanya dapat dilakukan pada *shift* siang sehingga memerlukan metode yang dapat mempercepat proses pengukuran batubara yang akan dimuat. Salah satu metode yang dapat diterapkan yaitu dengan menggunakan kombinasi metode

konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara sehingga rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana produktivitas alat pembersihan permukaan batubara dengan kombinasi metode konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara.
2. Berapa jumlah alat yang tepat pada masing-masing kombinasi metode konvensional dan zebra untuk mencapai target produksi pembersihan permukaan batubara.
3. Berapa biaya operasional kombinasi metode konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghitung produktivitas alat pembersihan permukaan batubara dengan kombinasi metode konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara.
2. Menentukan jumlah alat yang tepat pada masing-masing kombinasi metode konvensional dan zebra untuk mencapai target produksi pembersihan permukaan batubara.
3. Menganalisis biaya operasional kombinasi metode konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan evaluasi dan rekomendasi pada aktivitas pembersihan permukaan batubara dengan menerapkan metode yang efisien serta memberikan suatu solusi bagi perusahaan dalam mencegah *coal loss* data pada saat pengukuran, khususnya ditinjau dari aspek produktivitas unit, target material yang perlu dibersihkan, dan waktu kerja serta unit yang tersedia sehingga dapat meminimalkan biaya operasional yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan dengan melakukan kombinasi metode konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara.

## 1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini berfokus untuk menghitung produktivitas alat pembersihan permukaan batubara, biaya operasional, dan volume batubara yang terukur oleh tim survei sebelum dan sesudah menerapkan kombinasi metode konvensional dan zebra pada aktivitas pembersihan permukaan batubara. Biaya operasional pada aktivitas pembersihan permukaan batubara dalam penelitian ini terdiri dari biaya perbaikan dan perawatan alat serta biaya penggunaan bahan bakar atau *fuel consumption* namun tidak memperhitungkan biaya operator.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Penambangan Batubara**

Sistem penambangan batubara dirancang untuk mengambil batubara dari batuan klastik induknya dan memisahkan batubara yang berkualitas tinggi serta membuang batuan dan batubara kualitas rendah atau buruk melalui proses pengurangan bahan-bahan padat dari satu ukuran partikel ke ukuran yang lebih kecil dengan cara peremukan atau penggerusan. Sistem penambangan batubara terbagi menjadi tiga yaitu penambangan terbuka, bawah tanah, dan menggunakan *auger* (Suarez and Crelling, 2008).

Batubara sebagian besar ditambang menggunakan metode tambang terbuka. Tambang terbuka (*open pit mining*) juga disebut dengan *open cut mining* adalah metode penambangan yang dipakai untuk menggali batubara yang ada pada suatu batuan dan merupakan salah satu metode penambangan yang segala kegiatan atau aktivitasnya dikerjakan di atas atau relatif lebih dekat dengan permukaan bumi, dimana pekerjaannya berhubungan langsung dengan udara luar atau udara bebas. Secara umum penambangan terbuka terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut (Fadli, 2015):

1. Pembersihan lahan (*land clearing*).
2. Pengupasan tanah pucuk dan menyimpannya di tempat tertentu.
3. Penggalian tanah penutup (*overburden*) baik dengan bahan peledak atau tanpa bahan peledak.
4. Membawa dan memindahkan *overburden* ke *disposal area*.
5. Penggalian bahan galian dan membawa ke *stockpile* untuk diolah dan dipasarkan serta melakukan reklamasi lahan bekas tambang.

Pengelompokan jenis-jenis tambang terbuka batubara didasarkan pada letak endapan dan alat-alat mekanis yang dipergunakan. Teknik penambangan batubara pada umumnya dipengaruhi oleh kondisi geologi dan topografi daerah yang akan ditambang. Penambangan batubara dengan cara tambang terbuka dapat dilakukan dengan metode sebagai berikut:



1. *Strip mining*

*Strip mining* merupakan pertambangan kupas atau pertambangan baris yang secara khusus merupakan sistem tambang terbuka atau tambang permukaan untuk batubara. Sistem penambangan ini pada dasarnya terbagi dua, yaitu tambang area dan tambang kontur. Pertambangan kupas merupakan operasi pengupasan tanah atau batuan penutup lapisan batubara dengan bentuk pengupasan baris-baris sejajar. *Strip mining* pada umumnya digunakan untuk endapan batubara yang memiliki kemiringan endapan (*dip*) kecil dimana sistem penambangan yang lain sulit untuk diterapkan karena keterbatasan jangkauan alat-alat. Selain itu endapan batubaranya harus tebal, terutama bila lapisan tanah penutupnya juga tebal. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan perbandingan yang masih ekonomis antara jumlah tanah penutup yang harus dikupas dengan jumlah batubara yang dapat digali (*economic stripping ratio*).

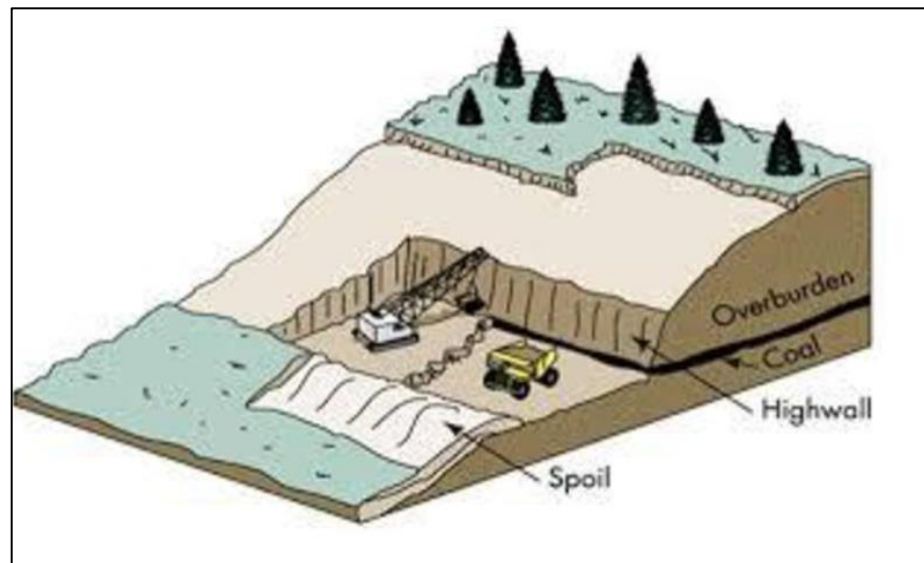
2. *Contour mining*

Sistem penambangan dengan *contour mining* biasanya diterapkan untuk cadangan batubara yang tersingkap di lereng pegunungan atau bukit. Kegiatan penambangan diawali dengan pengupasan tanah penutup di daerah singkapan (*outcrop*) di sepanjang lereng mengikuti garis kontur, kemudian diikuti dengan penggalian endapan batubaranya. Penggalian kemudian dilanjutkan ke arah tebing sampai mencapai batas penggalian yang masih ekonomis, mengingat tebalnya tanah penutup yang harus dikupas untuk mendapatkan batubara. Keterbatasan daerah yang biasanya digali menyebabkan daerah menjadi sempit tetapi panjang sehingga memerlukan alat-alat yang mudah berpindah-pindah. Kekurangan sistem ini seperti umur tambang biasanya pendek dengan terbatasnya jumlah cadangan yang ekonomis untuk ditambang karena tebalnya tanah penutup yang harus dikupas, tempat kerja sempit, dan mudah terjadi longsor pada timbunan tanah buangan (timbunan tanah penutup). Menurut Robert Meyers (2004), *contour mining* dibagi menjadi beberapa metode yaitu:

a. *Conventional contour mining*

Tahapan metode *conventional contour mining* dimulai dengan melakukan penggalian awal yang dibuat sepanjang sisi bukit pada daerah

singkapan batubara. Pemberaian lapisan tanah penutup dilakukan dengan peledakan dan pemboran atau menggunakan *dozer* dan *ripper* serta alat muat *front end loader*, kemudian langsung didorong dan ditimbun di daerah lereng yang lebih rendah. Pengupasan dengan *contour stripping* akan menghasilkan jalur operasi yang bergelombang, memanjang, dan menerus mengelilingi seluruh sisi bukit yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Conventional contour mining* (Meyers, 2004)

b. *Block-cut contour mining*

Penambangan *block-cut contour mining* merupakan metode penambangan yang melakukan pembagian dengan cara membuat blok-blok penambangan yang bertujuan untuk mengurangi timbunan tanah buangan pada saat pengupasan tanah penutup di sekitar lereng. Pada tahap awal blok 1 digali sampai batas tebing (*highwall*) yang diijinkan tingginya. Tanah penutup tersebut ditimbun sementara dan batubaranya diambil. Setelah itu lapisan blok 2 digali kira-kira setengahnya dan ditimbun di blok 1. Sementara batubara blok 2 siap digali, maka lapisan tanah penutup blok 3 digali dan berlanjut ke siklus penggalian blok 2 dan menimbun tanah buangan pada blok awal. Pada saat blok 1 sudah ditimbun dan diratakan kembali, maka lapisan tanah penutup blok 4 dipindahkan ke blok 2 setelah batubara pada blok 3 tersingkap semua. Lapisan tanah penutup blok 5 dipindahkan ke blok 3, kemudian lapisan

tanah penutup blok 6 dipindahkan ke blok 4 dan seterusnya sampai selesai. Penggalian berurutan ini akan mengurangi jumlah lapisan tanah penutup yang harus diangkut untuk menutup *final pit*.

c. *Haulback contour mining*

Metode *haulback* ditunjukkan merupakan modifikasi dari konsep *block-cut* yang memerlukan suatu jenis angkutan *overburden*, bukan langsung langsung melakukan penimbunan. Metode ini membutuhkan perencanaan dan operasi yang teliti untuk melakukan penggalian serta pengangkutan batubara dan *overburden* secara efektif.

d. *Box-cut contour mining*

Metode *box-cut contour mining* merupakan penambangan dengan menimbun lapisan tanah penutup yang sudah digali pada daerah yang sudah rata di sepanjang garis singkapan hingga membentuk suatu tanggul-tanggul yang rendah yang akan membantu menyangga porsi terbesar dari tanah timbunan.

3. *Area mining*

Sistem penambangan dengan *area mining* pada umumnya diterapkan untuk endapan batubara yang letaknya kurang lebih horizontal (mendatar) serta daerahnya juga merupakan dataran. Kegiatan penambangan dimulai dengan pengupasan tanah penutup dengan cara membuat paritan besar yang biasanya disebut *box cut* dan tanah penutup dibuang ke daerah yang tidak ditambang. Setelah endapan batubara dari galian pertama diambil, kemudian disusul dengan pengupasan berikutnya yang sejajar dengan pengupasan pertama dan tanah penutupnya ditimbun atau dibuang ke tempat bekas penambangan atau penggalian yang pertama (*back filling digging method*). Penggalian yang terakhir akan meninggalkan lubang memanjang yang di satu sisi lainnya oleh tanah penutup yang tidak digali. Seirama dengan kemajuan penambangan, secara bertahap timbunan tanah penutup juga diratakan. Terdapat tiga cara penambangan *area mining* yaitu:

a. *Conventional area mining method*

*Conventional area mining method* merupakan penggalian yang dimulai pada daerah penambangan awal sehingga penggalian lapisan tanah

penutup dan penimbunannya tidak terlalu mengganggu lingkungan. Kemudian lapisan tanah penutup ini ditimbun di belakang daerah yang sudah ditambang.

b. *Area mining with stripping shovel*

*Area mining with stripping shovel* merupakan penambangan yang digunakan untuk batubara yang terletak 10–15 m di bawah permukaan tanah. Penambangan dimulai dengan membuat bukaan berbentuk segi empat. Lapisan tanah penutup ditimbun sejajar dengan arah penggalian, pada daerah yang sedang ditambang. Penggalian sejajar ini dilakukan sampai seluruh endapan tergali.

c. *Block area mining*

Penambangan pada cara ini hampir sama dengan *conventional area mining method*, tetapi daerah penambangan dibagi menjadi beberapa blok penambangan. Cara ini terbatas untuk endapan batubara dengan tebal lapisan tanah penutup maksimum 12 m. Blok penggalian awal dibuat dengan *bulldozer*. Tanah hasil penggalian kemudian didorong pada daerah yang berdekatan dengan daerah penggalian.

4. *Box cut mining*

*Box cut* adalah suatu lubang galian awal pada daerah yang efektif datar yang tidak memiliki daerah pembuangan tanah penutup, sehingga tanah penutup terpaksa dibuang ke samping lubang galian awal. Kemudian lubang galian awal ini dikembangkan menjadi kawasan penambangan yang lebih baik dengan berbagai cara (*advance benching system*). Bila tanah penutupnya lunak, maka dapat dipakai *dragline* atau *backhoe* sebagai alat gali sehingga *box cut*-nya dapat diperluas menjadi medan kerja (*front*) yang memanjang. Batubara yang telah terkupas kemudian ditambang dengan peralatan khusus, misalnya dengan pemboran, peledakan, dan pengerukan (*ripping*), kemudian dimuat ke alat angkut untuk dibawa keluar tambang.

## 2.2 *Joint Survey*

Kegiatan survei lapangan dalam industri pertambangan adalah aktivitas pendukung yang berperan penting, baik dalam tahap persiapan, selama aktivitas

operasional, maupun saat penutupan tambang (Zaky dan Anarta, 2022). Survei yang dilakukan pada saat operasional penambangan seperti pengukuran situasi penambangan, pengukuran luas wilayah penambangan, pengukuran elevasi permukaan air dalam area tambang, dan pengukuran volume material baik material *overburden* maupun volume batubara. Survei pada pengukuran volume batubara bertujuan untuk mengevaluasi kemajuan tambang sehingga dapat diketahui volume batubara yang telah ditambang dan volume sisa cadangan batubara (Suhairi dkk, 2018).

Pengukuran volume batubara dalam dunia pertambangan batubara yang proses pengukuran dan perhitungannya dilakukan bersama-sama antara kontraktor dan *owner* tambang untuk keperluan pembayaran oleh *owner* ke kontraktor disebut dengan istilah *joint survey*. Parameter pembayaran oleh *owner* kepada kontraktor dalam *joint survey* adalah volume bersih batubara atau *coal mineable* (Tulloh dkk, 2021). Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran volume batubara (Hasvah dan Maiyudi, 2021):

1. *Total station*

Alat yang digunakan pada aktivitas *joint survey* biasanya adalah *total station* yaitu suatu alat yang dapat membaca sudut vertikal, horizontal, dan jarak. Saat ini *total station* telah banyak menggunakan *microprocessor* sehingga mampu melakukan berbagai macam operasi perhitungan matematis seperti merata-ratakan *output* sudut dan jeda yang berukuran sama, memilih ketinggian objek, menghitung koordinat, menghitung jeda antara objek-objek yang diamati, dan koreksi indera serta koreksi atmosfer. Prosedur pengukuran menggunakan *total station* memiliki beberapa tahapan yang harus dilakukan antara lain (Zaky dan Anarta, 2022):

- a. *Centering*

Tahap pertama hal yang harus dilakukan adalah *centering* atau pengaturan alat *total station* agar sesuai dengan prosedur seperti pengaturan *nivou bullseye* dan *nivou* tabung.

- b. *Setup total station*

Tahap berikutnya yaitu setup atau pengaturan pada alat *total station* untuk pengambilan data yang terdiri dari *link* penyimpanan STN, pengaturan

penyimpanan data pengukuran, pengukuran tinggi alat, pengaturan *back sight point*, dan *stake out point*.

c. Pengambilan data

Pengukuran pada proses pengambilan data ukuran berupa *point*, *northing*, *easting*, *zenit*, *description* (PNEZD) atau x, y, dan z. Pemberian kode saat pengukuran harus sesuai dengan data yang diambil. Kode berfungsi sebagai keterangan *input* data di alat dan *software* sehingga memudahkan pada saat *editing* dan proses analisis yang dihasilkan sesuai dengan aktual di lapangan.

2. *Tripod*

*Tripod* merupakan alat yang digunakan sebagai kedudukan alat *total station* pada saat pengukuran di lapangan. Alat ini memiliki tiga kaki sebagai tumpuan dan dapat diatur ketinggiannya sesuai dengan kondisi lapangan pada saat pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Tripod* sebagai kedudukan *total station* (Hasvah dan Maiyudi, 2021)

3. Prisma

Prisma adalah sebuah alat bantu dari *total station* untuk mengetahui titik koordinat dari suatu daerah yang berfungsi untuk memudahkan melihat

target. Prisma dipasang pada stik sebagai titik target dan ada juga yang dipasang pada *tripod* sebagai titik BM atau BS seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Prisma sebagai target tembakan (Hasvah dan Maiyudi, 2021)

4. *Stick* prisma

*Stick* prisma adalah alat yang digunakan sebagai tempat dudukan prisma yang berbentuk batang silinder dengan ketinggian yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengukuran seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. *Stick* sebagai dudukan prisma (Hasvah dan Maiyudi, 2021)

### 5. *Bench Mark (BM)*

*Bench mark* merupakan titik tetap yang diketahui ketinggiannya terhadap suatu bidang referensi tertentu. Bentuk dari *bench mark* terbuat dari pilar beton dengan tanda di atas atau di samping sebagai titik ketinggiannya yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Bench Mark* sebagai titik ikat (Hasvah dan Maiyudi, 2021)

## 2.3 Pengupasan Lapisan Penutup

Kegiatan pengupasan lapisan penutup yaitu penggalian suatu lapisan tanah atau batuan yang berada di atas bahan galian, agar bahan galian tersebut dapat dimanfaatkan. Lapisan penutup (*waste*) yang telah dikupas akan diletakkan di daerah yang cukup luas dan tidak jauh dari area penambangan (Sun *et al.*, 2023). Lapisan penutup batubara terdiri dari *top soil*, *overburden*, dan *interburden*. Pengupasan lapisan penutup pada kegiatan penambangan batubara dapat menggunakan *loader* seperti *wheel loader* dan *backhoe*.

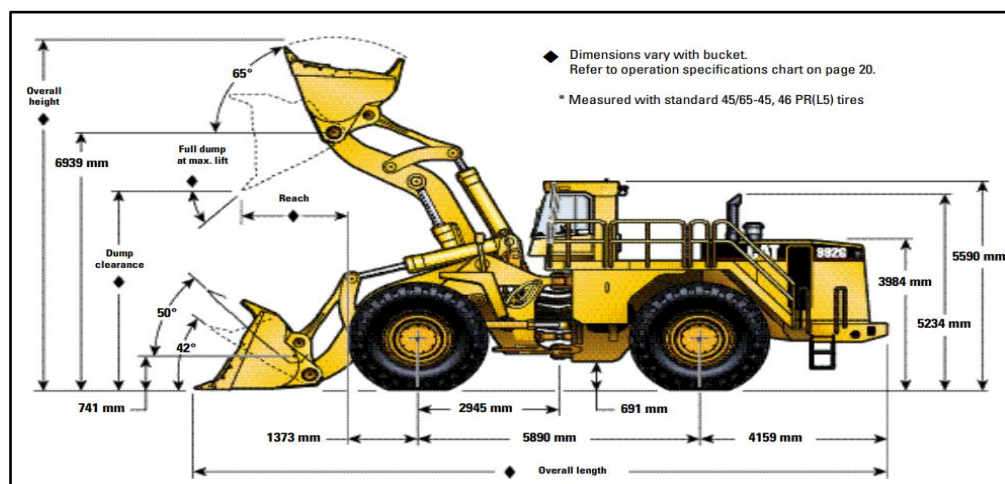
### 1. *Wheel loader*

*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. Kedua alat ini memiliki perbandingan keahlian serta pemanfaatan yang berbeda. *Wheel loader* biasa digunakan dalam memindahkan bahan material ke dalam truk ataupun ke tempat lain. Saat *loader* difungsikan untuk 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 untuk digunakan pada wilayah kerja yang rata, kering serta kuat karena 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).

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 6.

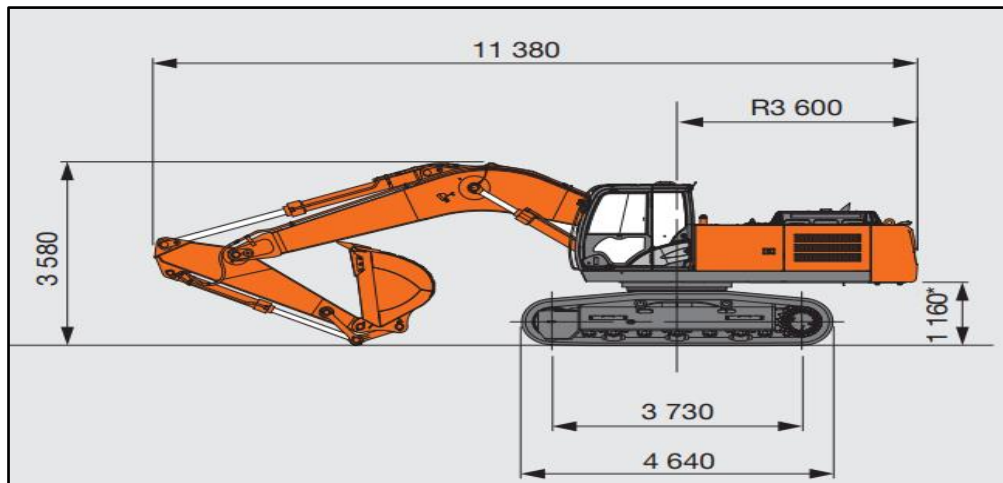


Gambar 6. *Wheel loader* (Handbook Caterpillar 992G)

## 2. *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 *bucket* yang merupakan komponen yang sangat penting pada *backhoe* (Khedkar *et.al*, 2022). *Backhoe* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *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 kriteria penting agar pemuatan aman adalah dorongan penggalian dari aktuator harus lebih besar daripada gaya resistif yang diberikan oleh material yang akan digali karena jumlah beban resistif yang berlebihan mengakibatkan terjadinya efek buruk pada bagian *bucket* dan mungkin rusak selama operasi penggalian sehingga 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 (Khedkar *et.al*, 2022).

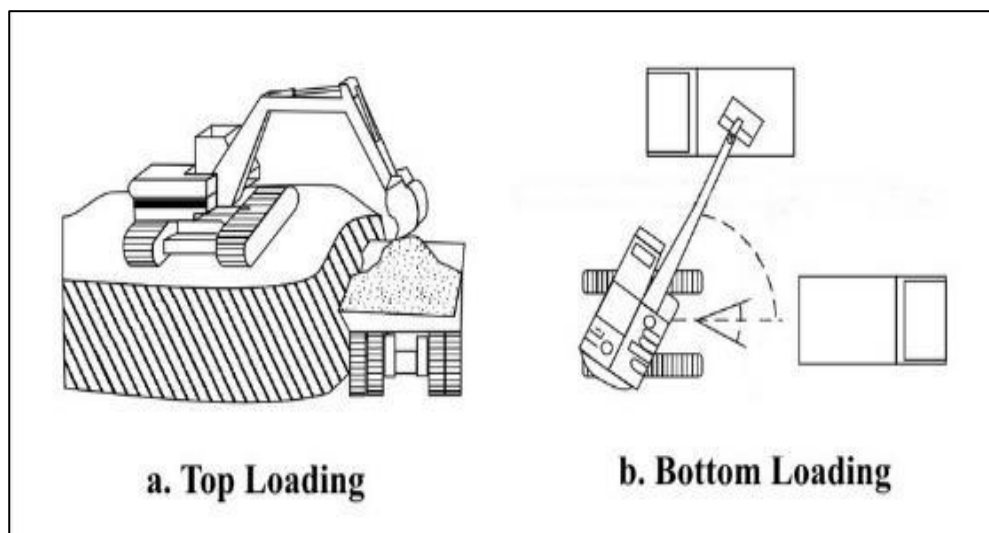
Terdapat beberapa pola pemuatan dalam pengupasan lapisan penutup yaitu (Winarno dkk, 2018):

### 1. *Top loading*

*Backhoe* melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya di atas jenjang atau posisi *dump truck* berada di satu level dibawah *backhoe*. Cara ini hanya dipakai pada alat muat *excavator backhoe*. Selain itu keuntungan yang diperoleh yaitu operator lebih leluasa untuk melihat bak dan menempatkan material (Gambar 8).

### 2. *Bottom loading*

Posisi truk dan *backhoe* berada pada satu level (sama-sama di atas jenjang) merupakan pola pemuatan *bottom loading* yang mana kedudukan alat muat sejajar dengan kedudukan alat angkut (posisi alat muat sama tingginya dengan alat angkut). Cara ini dipakai pada alat muat *power shovel* (Gambar 8).



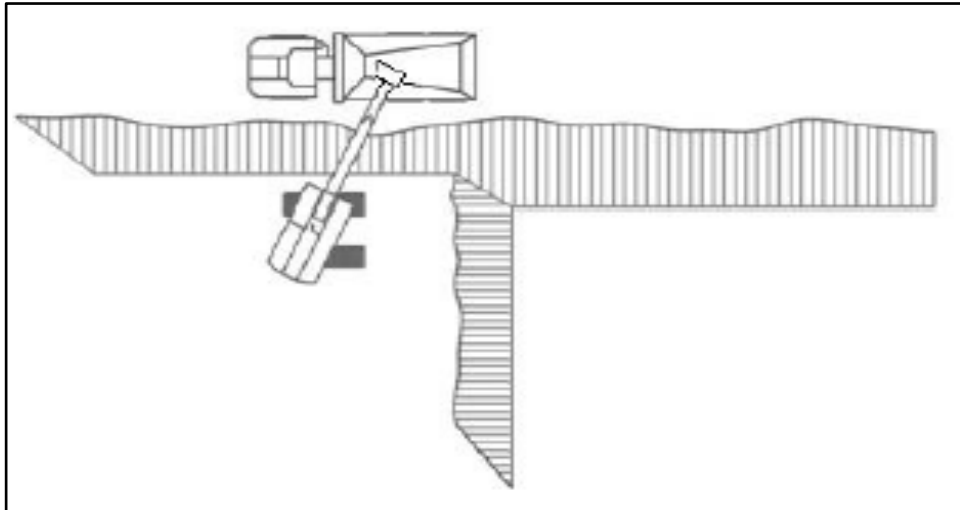
Gambar 8. Pola pemuatan pada pengupasan lapisan penutup (Winarno dkk, 2018)

Selain pola pemuatan secara *top loading* dan *bottom loading* terdapat pola pemuatan yang dapat dilihat dari beberapa keadaan alat gali muat dan angkut yaitu (Rochmanhadi, 1992):

### 1. Pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan pemuatan terdiri dari:

#### a. *Single back up*

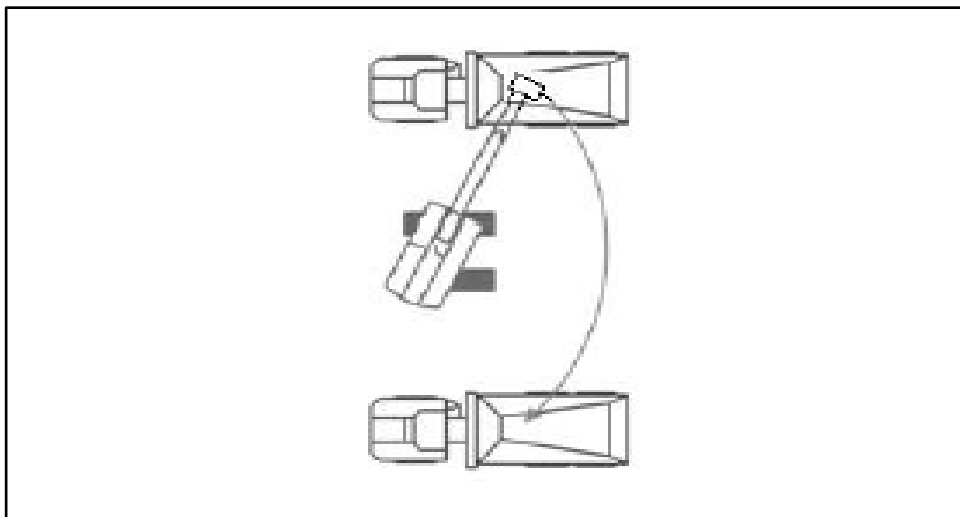
*Single back up* yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuati pada satu tempat sedangkan alat angkut berikutnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh. Setelah alat angkut pertama berangkat alat angkut kedua memposisikan diri untuk dimuati sedangkan truk ketiga menunggu dan begitu seterusnya. Pola pemuatan *single back up* dapat dilihat pada Gambar 9.



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

b. *Double back up*

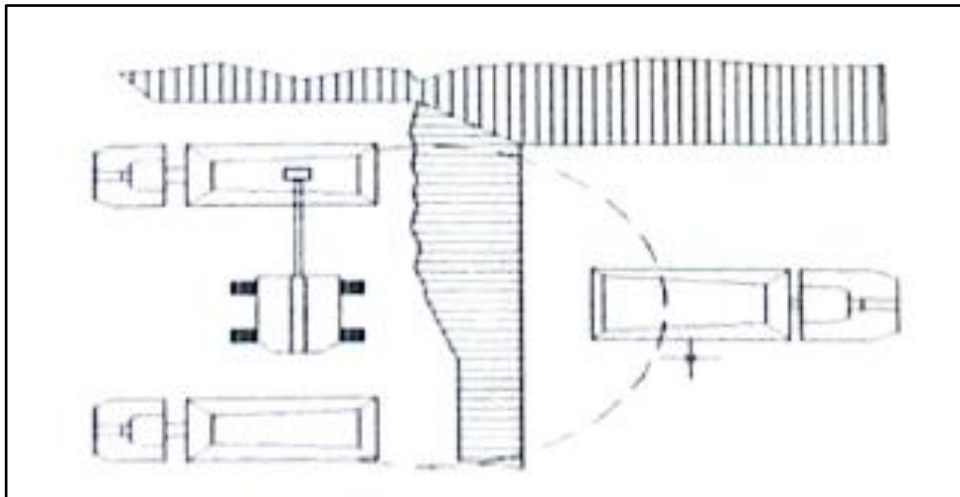
*Double back up* yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuati pada dua tempat, kemudian alat gali muat mengisi salah satu alat angkut sampai penuh setelah itu mengisi alat angkut kedua yang sudah memposisikan diri. Saat alat angkut kedua diisi, alat angkut ketiga memposisikan diri di tempat yang sama dengan alat angkut pertama dan seterusnya. Pola pemuatan *double back up* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pola pemuatan material menggunakan *double back up* (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 11.

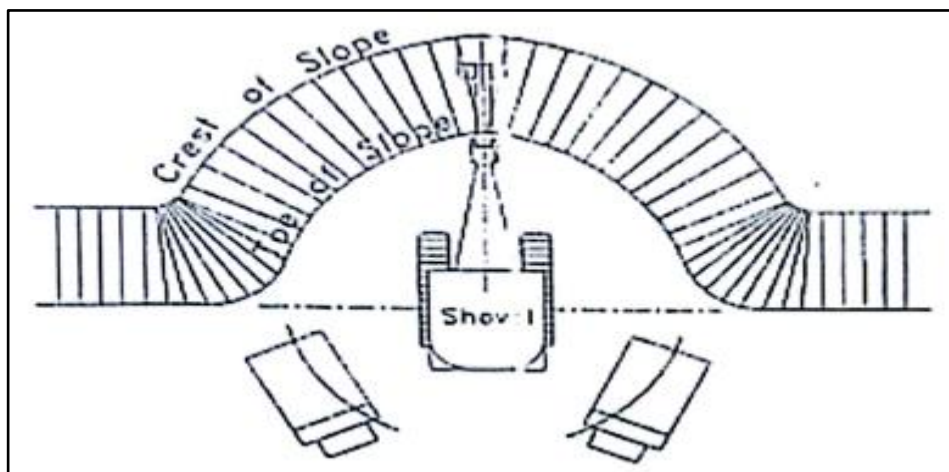


Gambar 11. Pola pemuatan material menggunakan *triple back up* (Winarno dkk, 2018)

2. Pola pemuatan berdasarkan cara pemuatan material terdiri dari:

a. *Frontal cut*

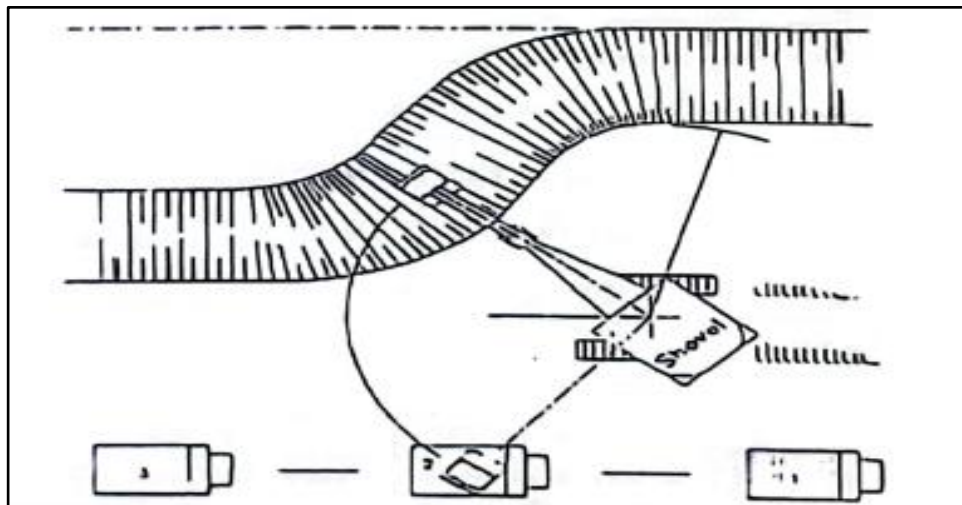
Alat gali muat berhadapan dengan muka jenjang atau area penggalian. Pola ini alat muat memuat pertama kali pada alat angkut sebelah kiri hingga penuh, kemudian dilanjutkan pemuatan pada alat angkut sebelah kanan. Pola pemuatan *frontal cut* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pola pemuatan material menggunakan *frontal cut* (Nichols and Day, 2010)

b. *Parallel cut with drive by*

Eskavator 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 13.



Gambar 13. Pola pemuatan material menggunakan *parallel cut with drive by* (Nichols and Day, 2010)

## 2.4 Pembersihan Permukaan Batubara

Pembersihan permukaan batubara (*coal clean up*) adalah salah satu kegiatan penambangan batubara untuk membersihkan sisa pengotor yang masih ada di atas permukaan batubara menggunakan alat berat seperti *excavator* (Irfandy dkk, 2021). Material sisa tersebut berupa material sisa tanah penutup yang masih tertinggal dengan ketebalan kurang dari 20 cm dari aktivitas pengupasan tanah penutup, serta pengotor lain seperti agen pengendapan seperti air permukaan, air hujan, dan longSORAN (Vo *et.al*, 2020). Pembersihan permukaan batubara perlu dilakukan sebelum dilakukannya aktivitas *coal getting* untuk memastikan permukaan batubara yang akan ditambang telah bersih dari pengotor yang masih tersisa setelah dilakukannya *waste removal*. Kegiatan pembersihan permukaan batubara dapat dilakukan dengan metode konvensional (biasa) yaitu membersihkan secara keseluruhan permukaan batubara yang akan ditambang dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pisahkan *overburden* yang tersisa dari lapisan atas batubara.
2. Bersihkan bagian atas atau *top* batubara, gunakan *cutting edge* dan pastikan posisi unit pembersihan permukaan batubara dalam keadaan stabil.
3. Setelah bagian atas dibersihkan selanjutnya arahkan unit untuk turun ke bagian samping lapisan batubara untuk membersihkan bagian samping batubara.

4. Bersihkan bagian lapisan samping batubara pastikan menggunakan *cutting edge* serta buang material pengotor menjauhi lapisan batubara.
5. Selanjutnya arahkan unit untuk turun ke bagian bawah lapisan batubara untuk membersihkan bagian bawah batubara, pastikan membuang material pengotor menjauhi batubara.
6. Pastikan bagian permukaan ekspose batubara harus bersih dan antara batubara dengan OB harus terlihat jelas.

Setelah pembersihan permukaan batubara dilakukan selanjutnya dilakukan kegiatan *coal getting* hingga pemuatan ke alat angkutnya. *Coal getting* adalah proses pengambilan dan pengisian batubara ke alat angkut (*hauler*) untuk selanjutnya dibawa ke tempat penyimpanan sementara atau ROM atau *run of mine* (Wulandari dan Octova, 2018). Untuk lapisan batubara yang keras, maka terlebih dahulu dilakukan *ripping* atau penggaruan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Arahkan unit ke atas lapisan batubara yang akan di-*ripping*.
2. Lakukan proses *ripping* batubara, dengan arah tegak lurus arah kemiringan lapisan batubara. Atur kedalaman *ripper* sesuai ketebalan batubara dan atur juga jarak antar *ripping*- an agar ukuran batubara yang dihasilkan tidak besar.
3. Lakukan kegiatan *ripping* batubara dengan memberi jarak 2 meter dari batas batubara yang paling akhir yang sudah dibersihkan.
4. Arahkan unit untuk turun dari lapisan batubara dan pastikan tidak ada material pengotor di batubara yang tercampur dengan hasil *ripping* batubara.

## 2.5 Produktivitas Alat

Produktivitas alat adalah kemampuan alat dalam melakukan suatu pekerjaan dalam waktu tertentu. Perhitungan produktivitas alat (misalnya *excavator*) adalah tantangan utama dalam kegiatan penambangan maupun pekerjaan tanah di lokasi proyek infrastruktur (Kassem *et.al*, 2021). Produktivitas alat gali muat dinyatakan dalam m<sup>2</sup>/satuan waktu seperti m<sup>2</sup>/jam, m<sup>2</sup>/hari, atau m<sup>2</sup>/bulan dan lain sebagainya. Kemampuan *excavator* untuk berproduksi dipengaruhi oleh produktivitas alat, ketersediaan alat (*Physical of Availability*), ketersediaan penggunaan alat (*Use of Availability*), waktu kerja yang tersedia, dan jumlah alat yang digunakan.

Produktivitas *excavator* dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 (Hustrulid and Kuchta, 1995).

$$Q_m = MOHH \times P_{ty} \times PA \times UA \times N \quad (1)$$

dimana,

$P_{ty}$  = produktivitas alat gali-muat (ton/jam),

MOHH = waktu kerja yang tersedia (jam),

PA = *physical of Availability* (%),

UA = *use of Availability* (%),

N = jumlah alat (unit),

#### 2.4.1 Produktivitas *Excavator* ( $P_{ty}$ )

Produktivitas *excavator* untuk alat pembersihan permukaan batubara bergantung pada kapasitas alat, jangkauan unit, efisiensi alat dan waktu edar alat. Produktivitas *excavator* dapat dinyatakan dalam Persamaan 2 (Tak dan Yusuf, 2022).

$$P_{ty} = \frac{60}{C_{tm}} \times K_b \times L \quad (2)$$

dimana,

$P_{ty}$  = produktivitas *excavator* (lcm/jam),

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

$K_b$  = kapasitas (lebar) *bucket excavator* (m),

L = jangkauan unit (m),

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas alat, diantaranya:

##### 1. Waktu edar (*cycle time*)

Waktu edar *excavator* terdiri dari waktu menarik material yakni waktu yang diperlakukan *excavator* untuk menarik bahan galian menggunakan *bucket*, waktu maju yakni waktu yang diperlukan *excavator* untuk menggerakkan lengannya tanpa muatan dan maju secara bersamaan, serta waktu *travel* yakni waktu yang diperlukan *excavator* untuk berpindah posisi. Waktu edar *excavator* dapat dinyatakan dalam Persamaan 3 (Tak dan Yusuf, 2022).



$$C_{tm} = T_{ex} + T_{swl} + T_{du} + T_{swe} \quad (3)$$

dimana,

$C_{tm}$  = *cycle time* gali muat (detik),

$T_{ex}$  = waktu tarik bermuatan (detik),

$T_{swl}$  = waktu maju tak bermuatan (detik),

$T_{du}$  = waktu *travel* (detik),

## 2. 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 beberapa hal yaitu (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

### 2.4.2 *Physical of Availability* (PA)

*Physical of Availability* merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan atau angka kesediaan alat untuk bekerja dengan memperhitungkan waktu hilang. *Physical of Availability* dapat dinyatakan dengan Persamaan 4 (Silalahi dkk, 2018).

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \quad (4)$$

dimana,

PA = ketersediaan fisik (%),

W = jumlah jam kerja alat (jam),

R = jumlah jam untuk perbaikan (jam),

S = jumlah jam alat tidak digunakan (jam),

### 2.4.3 *Use of Availability* (UA)

*Use of Availability* (UA) merupakan kesediaan penggunaan yang menunjukkan berapa persen (%) waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan. *Use of Availability* dapat dinyatakan dengan Persamaan 5 (Silalahi dkk, 2018).

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

dimana,

UA = ketersediaan fisik (%),

W = jumlah jam kerja alat (jam),

S = jumlah jam alat tidak digunakan (jam),

## 2.6 Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh pengguna alat berat saat alat berat tersebut digunakan atau dioperasikan. Biaya operasional berdasarkan objek atau sesuatu yang dibiayai dibagi menjadi dua yaitu (Alex dan Haryadi, 2014):

### 1. Biaya Langsung

Biaya langsung merupakan biaya yang terjadi disebabkan karena adanya sesuatu yang dibiayai atau berpengaruh langsung terhadap sesuatu kegiatan. Biaya langsung mudah diidentifikasi dengan sesuatu yang dibiayai. Biaya operasional langsung terdiri dari biaya bahan bakar dan upah langsung.

### 2. Biaya Tidak langsung

Biaya Tidak Langsung adalah biaya yang tidak mempengaruhi secara langsung sesuatu kegiatan. Biaya tidak langsung dalam hubungannya dengan produk disebut dengan istilah biaya produksi tidak langsung atau biaya overhead pabrik (factory overhead cost). Biaya ini mudah diidentifikasi dengan produk tertentu.

Menurut Assauri tujuan dari biaya operasional adalah (Ernawati, 2015):

1. Mengkoordinasikan dan mengendalikan arus masukan (*input*) dan keluaran (*output*), serta mengelola penggunaan sumber-sumber daya yang dimiliki agar kegiatan dan fungsi operasional dapat lebih efektif.

2. Mengambil keputusan, akuntansi biaya menyediakan informasi biaya masa yang akan datang (*future cost*) karena pengambilan keputusan berhubungan dengan masa depan. Informasi biaya masa yang akan datang tersebut jelas tidak diperoleh dari catatan karena memang tidak dicatat, melainkan diperoleh dari hasil peramalan.

Seluruh biaya penambangan akan terdiri dari banyak komponen biaya yang merupakan akibat dari masing-masing tahapan kegiatan pada suatu operasional penambangan. Besar kecilnya biaya penambangan akan tergantung pada perencanaan teknis sistem penambangan, jenis, dan jumlah alat yang digunakan. Agar mencapai biaya penambangan yang sekecil mungkin, maka dalam merancang sistem penambangan perlu diperhatikan pemilihan alat yang dapat memberikan biaya produksi serendah mungkin pemilihan alat (jenis dan merek) sebaiknya tidak dilakukan semata-mata karena besar kecilnya produksi atau kapasitas alat tersebut, dan juga diperlukan perhitungan biaya pengeluaran secara teratur agar tidak melebihi rencana biaya operasional penambangan supaya target produksi dapat tercapai. Biaya operasional akan meningkat ketika alat yang dimiliki sedang beroperasi (Keatley, 2014).

Pada dasarnya aspek teknis dan ekonomis tidak dapat dipisahkan karena keduanya akan saling mempengaruhi. Perkiraan biaya investasi alat akan tergantung pada jumlah alat yang digunakan dan kapasitas alat yang dipilih demikian pula biaya produksi merupakan fungsi dari kapasitas alat yang dipakai. Dapat disimpulkan bahwa biaya penambangan yang rendah akan dapat dicapai jika rancangan teknis dapat dioptimasi dengan memperhatikan pemilihan dan jumlah alat yang digunakan. Ada enam hal yang diperhitungkan dalam biaya operasional yaitu (Ardianti dan Prabowon, 2020):

1. Bahan bakar (*fuel*)

Biaya bahan bakar merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengoperasikan alat berat, masing-masing jenis alat berat memiliki *fuel consumption* yang berbeda-beda.

2. *Oil, grease* dan *filters*

Setiap unit yang dioperasikan tentunya membutuhkan perawatan, baik itu perawatan apabila terjadi kerusakan, maupun perawatan rutin setiap waktu

penggunaan tertentu. Perawatan rutin biasanya meliputi penggantian oli, pelumasan dengan *grease* (gomok), penggantian saringan, dan beberapa perawatan rutin lainnya. Untuk setiap unit yang berbeda tentunya juga memiliki kebutuhan terhadap oli dan gomok yang berbeda.

3. Ban (*tires*)

Salah satu komponen penting dari alat berat, terutama alat pengangkutan adalah komponen ban karena menjadi tumpuan dari beban yang diangkut oleh alat. Usia pakai dari ban itu sendiri juga dapat diperhitungkan, menyesuaikan dengan kondisi permukaan jalan yang dilalui.

4. Biaya perbaikan (*repair cost*)

Selain perawatan berkala seperti pergantian oli, saringan oli, saringan minyak, dan perawatan rutin lainnya, kerusakan pada unit juga sering terjadi. Untuk itu biaya perbaikan (*repair cost*) juga harus diperhitungkan.

5. *Special items*

Selain perawatan berkala seperti pergantian oli, saringan oli, saringan minyak, dan perawatan rutin lainnya, kerusakan pada unit juga sering terjadi untuk itu biaya perbaikan (*repair cost*) juga harus diperhitungkan.

6. Gaji operator

Gaji operator menjadi salah satu hal yang harus diperhitungkan dalam perhitungan biaya produksi alat berat. Biasanya operator digaji berdasarkan jam kerja mereka, namun di beberapa perusahaan operator alat berat menjadi karyawan tetap, sehingga gaji operator dibayarkan.