

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Kegiatan Penambangan**

Kegiatan penambangan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk membebaskan dan mengambil bahan galian yang berada di kulit bumi, kemudian membawanya ke permukaan bumi agar dapat dimanfaatkan.

Pada umumnya kegiatan penambangan pada tambang tebruka secara garis besar meliputi kegiatan pembabatan, pengupasan tanah penutup, penambangan atau penggalian bahan galian.

##### **3.1.1 Pembabatan**

Adalah pembersihan daerah yang akan ditambang dari semak-semak, pepohonan, dan tanah maupun bongkah-bongkah batu yang menghalangi pekerjaan-pekerjaan selanjutnya. Tanah pucuk yang subur (humus) harus ditimbun di tempat tertentu, lalu ditanami rerumputan dan semak-semak agar tidak mudah tererosi, sehingga kelak dapat untuk reklamasi bekas tambang.

Pembabatan ini bisa dilakukan dengan tenaga manusia yang menggunakan alat-alat sederhana, seperti kapak, gergaji, arit, cangkul, dan juga menggunakan alat mekanis.

##### **3.1.2 Penggalian**

Penggalian adalah kegiatan yang meliputi pekerjaan untuk melepaskan batuan atau bijih dari batuan induknya. Selain menggunakan peledakan atau melepaskan batuan dari batuan induknya, dapat juga di digunakan dengan alat-alat

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Kegiatan Penambangan**

Kegiatan penambangan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk membebaskan dan mengambil bahan galian yang berada di kulit bumi, kemudian membawanya ke permukaan bumi agar dapat dimanfaatkan.

Pada umumnya kegiatan penambangan pada tambang tebruka secara garis besar meliputi kegiatan pembabatan, pengupasan tanah penutup, penambangan atau penggalian bahan galian.

##### **3.1.1 Pembabatan**

Adalah pembersihan daerah yang akan ditambang dari semak-semak, pepohonan, dan tanah maupun bongkah-bongkah batu yang menghalangi pekerjaan-pekerjaan selanjutnya. Tanah pucuk yang subur (humus) harus ditimbun di tempat tertentu, lalu ditanami rerumputan dan semak-semak agar tidak mudah tererosi, sehingga kelak dapat untuk reklamasi bekas tambang.

Pembabatan ini bisa dilakukan dengan tenaga manusia yang menggunakan alat-alat sederhana, seperti kapak, gergaji, arit, cangkul, dan juga menggunakan alat mekanis.

##### **3.1.2 Penggalian**

Penggalian adalah kegiatan yang meliputi pekerjaan untuk melepaskan batuan atau bijih dari batuan induknya. Selain menggunakan peledakan atau melepaskan batuan dari batuan induknya, dapat juga di digunakan dengan alat-alat

mekanis, akan tetapi tergantung dari jenis batuan yang akan dibongkar/digali.

Adapun jenis batuan dan alat mekanis yang digunakan untuk menggali adalah :

1. Batuan Sangat Keras Sekali

Batuan ini disebut juga "*massive rock*" yaitu semua formasi batuan yang kompak dan dalam bentuk yang sangat besar seperti granit, basalt dan diorit. Untuk batuan ini harus diledakkan terlebih dahulu dengan menggunakan bahan peledak *high explosive* dalam jumlah yang banyak. Kemudian digali dengan *ripper*.

2. Batuan Sangat Keras

Batuan ini disebut juga "*very hard rock*" yaitu semua batuan beku yang masih segar dan semua batuan metamorf yang masih segar seperti gneiss, schist dan grafit. Batuan ini harus diledakkan dengan bahan peledak *high explosive*. Kemudian digali dengan *ripper*.

3. Batuan Keras

Batuan ini antara lain, batuan pasir berpartikel besar-besar yang tersemen. Batuan ini dapat digali dengan *ripper*. Namun, terlebih dahulu batuan ini harus diledakkan dengan bahan peledak *high explosive* dalam jumlah yang sedikit atau bahan peledak *low explosive* dalam jumlah yang banyak.

4. Batuan Sedang

Batuan ini disebut juga *medium Hard Rock* yang antara lain adalah silt, batuan yang mudah lapuk, batuan yang banyak memiliki retakan-retakan (*joint, crack*). Batuan ini digali dengan menggunakan alat seperti *dragline*, *Power Shovel* dan *Back Hoe* tanpa dilakukan peledakan.

5. Batuan Sangat Lunak

Batuan ini disebut juga *very soft rock* yaitu batuan yang sedikit mengandung air atau tidak mengandung air, seperti pasir, kerikil, tanah liat

yang berpasir. Tetapi dapat juga batuan yang mengandung air seperti tanah atas (*soil*), tanah liat dan lumpur. Untuk menggali batuan jenis ini dapat digunakan alat mekanis seperti dragline, back hoe dan *power shovel* tanpa perlu dilakukan peledakan.

### 3.1.3 Pemuatan

Kegiatan pemuatan (*loading*) adalah serangkaian kegiatan atau pekerjaan yang dilakukan untuk mengambil dan memuat material bahan galian ke dalam alat angkut ke suatu tempat penampungan material *stock yard*, ataupun ke dalam suatu alat pengatur aliran material *hooper, bin, feeder* dan sebagainya.

Pada kegiatan pemuatan dikenal macam-macam alat muat yang biasa digunakan untuk tambang terbuka. Adapun jenis-jenis dari alat muat tersebut adalah sebagai berikut :

1. Excavator Power Shovel

Alat ini digunakan untuk menggali dan memuatkan batuan, khususnya untuk batuan lunak ke dalam alat angkut, seperti *truck*, lori dan belt conveyor. Kecepatan gerak *power shovel* sangat lambat.

2. Excavator Back Hoe

Alat ini termasuk grup *power shovel* dimana *dipper*-nya diganti dengan *back hoe* yang menggali ke belakang. *Back hoe shovel* ini disebut pula *back shovel* atau *pull shovel*. Alat ini cocok untuk menggali *trench, pits* dan cocok untuk pekerjaan-pekerjaan pada daerah yang miring. Kemampuan *back hoe* dinyatakan dalam ukuran *dipper*-nya yang bervariasi dengan panjang bom. *Excavator Back Hoe*, berfungsi:

- a. Melakukan penggalian *clay* secara *box-cut*.
- b. Memindahkan permukaan tanah di lokasi penggalian.

- c. Membantu mengupas lapisan tanah penutup yang tipis di permukaan lapisan batubara.
- d. Pembuatan saluran untuk keperluan penirisan.

### 3. Bulldozer

Alat ini umumnya digunakan sebagai alat gali. Tetapi alat ini dapat juga digunakan sebagai alat muat dalam keadaan tertentu dan memaksa karena tidak dimiliki alat muat yang lain. *Bulldozer*, berfungsi:

- a. Mengumpulkan material yang terjatuh saat penggalian.
- b. Membersihkan dan meratakan permukaan kerja alat tambang utama.
- c. Mengupas permukaan tanah tipis diatas lapisan batubara.
- d. Meratakan tumpukan batubara di *stock pile*.
- e. Meratakan permukaan tanah dan pemadatan di *dumping area*.
- f. Membantu pekerjaan *shifting* (pergeseran *belt conveyer*).

#### 3.1.4 Pengangkutan

Kegiatan pengangkutan adalah serangkaian pekerjaan yang dilakukan untuk mengangkut endapan bahan galian dari suatu operasi penambangan. Pengangkutan ini sangat mempengaruhi kegiatan penambangan, kadang-kadang untung dan rugi suatu perusahaan pertambangan terletak pada lancar atau tidaknya pengangkutan.

Dalam kegiatan pengangkutan tambang terbuka dikenal beberapa jenis alat angkut. Adapun jenis alat angkut tersebut antara lain :

1. Dump truck,
2. *Cable way transportation*,
3. *Power scraper*,
4. Pipa dan pompa,

5. Tongkang dan kapal tunda,
6. Kapal curah, dan lain-lain.

### **3.2 Faktor–Faktor yang Mempengaruhi Produksi Alat Muat dan Alat Angkut**

Salah satu tolak ukur yang dapat dipakai untuk mengetahui baik buruknya hasil kerja (keberhasilan) suatu alat muat dan alat angkut adalah besarnya produksi yang dapat dicapai oleh alat tersebut. Oleh sebab itu, usaha dan upaya untuk dapat mencapai produksi yang optimum selalu menjadi perhatian yang khusus. Adapun faktor yang mempengaruhi produksi dari alat muat dan alat angkut antara lain :

#### **3.2.1 Faktor Lapangan Atau Tempat Kerja**

Keadaan tempat kerja sangat mempengaruhi pada kemampuan produksi kerja alat muat dan alat angkut, karena kondisi kerja yang sesuai dengan alat muat dan alat angkut akan lebih menguntungkan.

Untuk memperkirakan dengan teliti produksi alat-alat mekanis perlu diketahui faktor-faktor yang langsung mempengaruhi hasil kerja alat-alat tersebut, diantaranya adalah sebagai berikut :

##### **3.2.1.1 Tahanan Gali**

Tahanan gali adalah tahanan yang dialami oleh alat-gali pada waktu melakukan penggalian tanah, tahanan ini disebabkan oleh :

1. Gesekan antara alat-gali dan tanah
2. Kekerasan tanah
3. Kekerasan dan ukuran butiran tanah

4. Adanya adhesi antara tanah dengan alat-gali
5. Berat jenis tanah

### 3.2.1.2 Tahanan Gulir

Tahanan gulir adalah segala gaya-gaya luar (*external forces*) yang berlawanan dengan gerak kendaraan yang berjalan di atas jalur jalan atau permukaan tanah, dengan sendirinya yang mengalami tahanan (*rolling resistance*) ini secara langsung adalah bagian ban.

Tahanan gulir ini tergantung dari banyak hal, diantaranya yang terpenting adalah :

1. Keadaan jalan, yaitu kekerasan dan kemulusan permukaan, semakin keras dan mulus atau rata jalan tersebut, semakin kecil tahanan gulirnya. Macamnya tanah atau material yang digunakan untuk membuat jalan tidak selalu berpengaruh.
2. Keadaan bagian kendaraan yang bersangkutan dengan permukaan jalan:
  - a. Kalau memakai ban karet yang akan berpengaruh adalah : ukuran ban, tekanan dan keadaan permukaan bannya, apakah masih baru atau sudah gundul, dan macam kembangan pada ban tersebut.
  - b. Jika memakai "crawler pull" maka keadaan dan macam "track" kurang berpengaruh, tetapi yang lebih berpengaruh adalah keadaan jalan.

Besarnya tahanan dalam "pounds" (*lbs*) dari "tractive pull" yang diperlukan untuk menggerakkan tiap "gross ton" berat kendaraan beserta isinya pada jalur jalan mendatar dengan kondisi jalur jalan tertentu.

### 3.2.1.3 Tahanan Kemiringan

Tahanan Kemiringan adalah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya, tahanan kemiringan tergantung pada dua faktor:

1. Besarnya kemiringan yang biasanya dinyatakan dalam persen (%)
2. Kemiringan 1 % berarti jalur itu naik atau turun 1 meter untuk setiap jarak mendatar sebesar 100 meter atau naik/turun 1 ft untuk setiap 100 ft jarak mendatar.
3. Berat kendaraan itu sendiri yang dinyatakan dalam gross ton.

### 3.2.1.4 Coefficient Of Traction atau Tractive Coefficient

Adalah suatu faktor yang menunjukkan berapa bagian dari seluruh berat kendaraan itu pada ban atau track yang dipakai untuk menarik dan mendorong. Coefficient of traction tergantung dari :

1. Keadaan ban, yaitu keadaan dan macam bentuk kembangan ban tersebut, untuk crawler track tergantung dari keadaan dan bentuk tracknya.
2. Keadaan permukaan jalur jalan, basah atau kering, keras atau lunak, bergelombang atau rata, dan lainnya.

### 3.2.1.5 Rimpul

Yaitu besarnya kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin suatu alat kepada permukaan roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalur jalan. Rimpull biasanya dinyatakan dalam *pounds (lbs)*.



### 3.2.1.6 Percepatan

Adalah waktu yang diperlukan untuk mempercepat kendaraan dengan memakai kelebihan rimpull yang tidak dipergunakan untuk menggerakkan kendaraan pada keadaan jalan jalur tertentu. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mempercepat kendaraan tergantung dari beberapa faktor yaitu :

1. Berat kendaraan : semakin berat kendaraan, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mempercepat kendaraan.
2. Kelebihan rimpull yang ada : semakin besar rimpull yang berlebihan, semakin cepat kendaraan itu dapat dipercepat.

### 3.2.2 Efisiensi Alat

Efisiensi alat sangat mempengaruhi hasil kerja yang diinginkan, karena biasanya untuk alat yang masih baru biasanya efisiensi kerja alat tersebut akan lebih besar sehingga hasil produksi yang diinginkan akan lebih besar, untuk meningkatkan efisiensi bisa dilakukan perbaikan (servis) terhadap alat-alat yang sudah mengalami penurunan, mengoptimalkan kerja operator dengan mengurangi waktu hambatan-hambatan yang dapat diindari, dan lain-lain dimana dengan upaya tersebut diharapkan efisiensi kerja dapat meningkat sehingga produksi juga dapat meningkat.

### 3.2.3 Faktor Pengisian

Faktor isian merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan alat. Hubungan antara faktor isian mangkuk dengan produksi peralatan mekanis yang dipakai adalah semakin besar faktor isian yang dapat dicapai suatu alat, berarti semakin besar produksi alat tersebut. Demikian sebaliknya, semakin kecil

faktor isian yang dicapai suatu alat, maka semakin kecil produksi yang dapat dicapai.

### 3.2.4 Faktor Keadaan Cuaca

Keadaan cuaca sangat berpengaruh terhadap kerja alat-alat mekanis yaitu :

1. Pada musim kemarau banyak debu berterbangan sehingga dapat mengganggu operator peralatan mekanis karena jarak pandang yang terbatas, akibat alat tidak dapat leluasa dalam bergerak dan waktu edar menjadi lebih lama dan mengurangi efisiensi kerja, untuk menjaga keselamatan kerja untuk operator *dump truck* diwajibkan menyalakan lampu unitnya.
2. Pada musim penghujan tempat kerja menjadi berlumpur sehingga alat mekanis menjadi terhambat dalam gerakannya. Dengan melihat hal itu faktor cuaca dapat mempengaruhi kerja alat mekanis.

### 3.2.5 Faktor Efisiensi Operator dan Alat Mekanis

Merupakan faktor manusia yang menggerakkan alat-alat yang sangat sukar untuk ditentukan efisiensinya secara tepat, karena selalu berubah-ubah dari hari ke hari bahkan dari jam ke jam, tergantung dari keadaan cuaca, keadaan alat yang dikemudikannya, suasana kerja, dll. Kadang-kadang suatu perangsang dalam bentuk upah tambahan (*incentive*) dapat mempertinggi efisiensi operator.

Sebenarnya efisiensi operator tidak hanya disebabkan karena kemalasan pekerja, tetapi juga karena keterlambatan dan hambatan-hambatan yang tidak mungkin dihindari, seperti melumasi kendaraan, mengganti yang aus, membersihkan bagian-bagian terpenting sesudah sekian jam dipakai, memindahkan

ke tempat lain; tidak adanya keseimbangan antara alat-alat angkut dan alat-alat muat, menunggu peledakan, perbaikan jalan, dll. Karena hal-hal tersebut di atas, jarang sekali selama satu jam itu operator betul-betul dapat bekerja selama 60 menit. Berdasarkan pengalaman, maka bila operator dapat bekerja selama 50 menit dalam satu jam, ini berarti efisiensi adalah 83%, maka hal ini di anggap baik sekali.

### 3.3 Effisiensi Kerja Alat–Alat Mekanis

Effisiensi kerja alat mekanis merupakan faktor yang sulit ditentukan, karena dipengaruhi oleh berbagai hal seperti keterampilan operator, perbaikan dan penyetelan alat, keterlambatan kerja dan sebagainya. Namun berdasarkan data-data serta pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan.

Dalam hubungan dengan efisiensi kerjanya, maka perlu juga diketahui mengenai kesediaan dan penggunaan alat mekanis. Karena hal ini mempunyai nilai kerja yang bersangkutan.

#### 3.3.1 Kesediaan Mekanis (Mechanical of Availability)

Merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan, dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$KM = \frac{J}{J + j} \times 100 \%$$

#### 3.3.2 Kesediaan Fisik (Physical of Availability)

Kesediaan fisik merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan. Kesediaan fisik pada umumnya selalu lebih besar daripada kesediaan mekanis, dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$KF = \frac{J + J}{J + J + J} \times 100 \%$$

### 3.3.3 Kesiediaan Penggunaan (Use of Availability)

Kesiediaan penggunaan menunjukkan berapa persen (%) waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan (tidak rusak), dinyatakan dengan persamaan :

$$KP = \frac{J}{J + J} \times 100 \%$$

### 3.3.4 Penggunaan Efektive (Effective of Utilization)

Penggunaan efektif menunjukkan berapa persen (%) dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dipergunakan untuk kerja produktif, dinyatakan dengan persamaan :

$$PE = \frac{J}{J + J + J} \times 100 \%$$

Keterangan :

JK = Jam kerja, yaitu waktu yang benar-benar digunakan untuk bekerja termasuk dari tempat kerja, dinyatakan dalam jam.

JR = Jam reparasi (waktu perbaikan), yaitu waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan, penggantian suku cadang, dinyatakan dalam jam.

JT = Waktu menunggu, yaitu waktu dimana suatu alat tersedia untuk dioperasikan, tetapi tidak digunakan karena alasan tertentu seperti hujan deras, dan sebagainya, dinyatakan dalam jam.

### 3.4 Biaya Produksi

Pemilihan suatu alat mekanis bukan didasarkan atas besarnya produksi atau kapasitas alat tersebut, tetapi didasarkan atas biaya terminimum untuk pengupasan tiap cu yd atau ton-nya. Oleh karena itu harus diketahui bagaimana memperkirakan biaya produksi per cu yd atau per ton suatu alat mekanis yang ingin digunakan. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan prakiraan-prakiraan yang dapat dipertanggungjawabkan. Biaya tersebut meliputi *owning cost* (biaya kepemilikan) dan *operation cost* (biaya operasi). Jika alat tersebut disewa maka kita hanya menghitung biaya operasional dan biaya sewa.

#### 3.4.1 Biaya Operasi

Biaya operasi peralatan adalah biaya yang dikeluarkan hanya apabila alat tersebut dioperasikan. Biaya ini terdiri atas biaya bahan bakar, bahan pelumas, saringan, ban, perbaikan, dan gaji operator.

##### 3.4.1.1 Biaya Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar dan pelumas per jam berbeda untuk setiap alat atau merk dari mesin. Data-data ini biasanya dapat diperoleh dari pabrik produsen alat atau dealer alat yang bersangkutan atau dari data lapangan. Pemakaian bahan bakar dan pelumas per jam akan bertambah bila mesin bekerja berat dan berkurang bila bekerja ringan. Biaya bahan bakar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Biaya bahan bakar (Fuel)} = \text{Kebutuhan. Bhn. Bakar per Jam} \times \text{Harga Bhn. Bakar per Liter}$$

### 3.4.1.2 Biaya Bahan Pelumas, Gemuk, Saringan (Filter)

Untuk kebutuhan bahan-bahan tersebut, seperti pada kebutuhan bahan bakar, masing-masing alat berat dalam kebutuhan per jam berbeda sesuai dengan kondisi pekerjaan, bahan pelumas yang terdiri atas :

1. oli mesin
2. oli transmisi
3. oli hidrolis
4. oli final drive
5. gemuk.

$$\text{Biaya bahan pelumas} = \frac{\text{Kebutuhan Bahan Pelumas} \times \text{Harga Pelumas}}{\text{perliter}}$$

Sedangkan biaya filter biasanya diambil 50% dari jumlah biaya pelumas di luar bahan bakar atau dalam rumus hitungan :

$$\text{Biaya Filter per Jam} = \frac{\text{Jumlah Filter} \times \text{Harga Filter}}{\text{Lama Penggantian Filter (jam)}}$$

### 3.4.1.3 Ban

Umur ban dari alat sangat dipengaruhi oleh medan kerjanya di samping kecepatan dan tekanan angin. Selain itu kualitas ban yang digunakan juga berpengaruh. Umur ban biasanya diperkirakan sesuai kondisi medan kerjanya dan juga dari jenis ban yang dipergunakan.

$$\text{Biaya Ban} = \frac{\text{Harga Ban (Rupiah)}}{\text{Umur Kegunaan (jam)}}$$

#### 3.4.1.4 Perbaikan (Reparasi)

Biaya perbaikan ini merupakan biaya perbaikan dan perawatan alat sesuai dengan kondisi operasinya. Makin sering alat bekerja per jam makin besar pula biaya operasinya. Biaya perbaikan (reparasi) alat dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Biaya Perbaikan} = \frac{\text{Faktor Perbaikan} \times (\text{Harga mesin} - \text{Harga Ban})}{\text{Umur Kegunaan Alat (jam)}}$$

Dimana biasanya faktor perbaikan biasanya ditentukan berdasarkan pengalaman.

### 3.5 Perhitungan dan Analisa Biaya

Dalam industri pertambangan lebih dikenal pengelompokan biaya menjadi:

1. Biaya kapital (biaya investasi)
2. Biaya operasi

#### 3.5.1 Biaya Kapital

Biaya kapital dalam industri mineral pertambangan didefinisikan sebagai biaya yang diperlukan pada saat awal proyek sampai dapat dicapainya tahapan produksi. Biaya kapital terdiri dari dua komponen, yaitu:

1. Modal Tetap (*Capital Cost*)

Modal tetap adalah segala biaya yang dikeluarkan pada saat *project start up*.

Misalnya: *land acquisition, development, preproduction development*, studi lingkungan, peralatan tambang, peralatan pengolahan, bangunan, fasilitas penunjang dan *contingency*.

## 2. Modal Kerja (*Working Capital*)

Modal kerja adalah sejumlah uang diluar modal tetap yang digunakan untuk menjalankan kegiatan atau operasi sehari – hari pada saat proyek sudah dimulai. Perhitungan modal kerja (*working capital*) dapat berdasarkan atas 10 – 20% dari modal tetap.

### 3.5.2 Biaya Operasi Produksi (*Production Cost*)

Biaya operasi produksi didefinisikan sebagai segala macam biaya yang harus dikeluarkan agar proyek penambangan dapat beroperasi atau berjalan sesuai dengan modal awal perusahaan (*budget*). Dalam suatu operasi penambangan, keseluruhan biaya penambangan akan terdiri dari banyak komponen biaya yang merupakan akibat dari masing – masing tahap kegiatan. Besar kecilnya biaya penambangan tergantung pada perancangan teknis sistem penambangan, jenis dan jumlah pemilihan alat yang digunakan yang sesuai dengan target produksi yang direncanakan. Pada dasarnya aspek teknis dan aspek ekonomis tidak dapat berjalan sendiri - sendiri, keduanya akan selalu saling mempengaruhi. Perkiraan biaya investasi alat akan tergantung pada jumlah alat yang dipergunakan dan kapasitas alat yang dipilih. Demikian pula biaya produksi merupakan fungsi dari kapasitas alat yang dipakai. Jadi jelaslah bahwa biaya penambangan yang rendah akan dapat dicapai jika rancangan teknis dapat dioptimasi dengan memperhatikan pemilihan dan jumlah alat yang akan digunakan. Secara umum biaya operasi dibagi menjadi dua komponen biaya, yaitu:

#### 1. Biaya Operasi Langsung



Biaya operasi langsung merupakan biaya utama dan berkaitan langsung dengan produk yang dihasilkan (proses produksi). Walaupun komponen biaya operasi langsung dari satu tambang ke tambang yang lain bervariasi akan tetapi biaya operasi langsung pada umumnya terdiri dari:

- a. Pekerja (operator pekerja lapangan).
- b. Bahan bakar (bahan bakar, oli dan sebagainya).
- c. Persiapan daerah produksi atau permukaan kerja, biaya pengupasan dan pemindahan top soil.
- d. Biaya pembongkaran bahan galian.
- e. Biaya pengupasan dan pemindahan overburden.
- f. Biaya penggalian dan pemindahan.

## 2. Biaya Operasi Tidak Langsung

Biaya operasi tidak langsung adalah biaya pengeluaran yang disebabkan oleh kegiatan-kegiatan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi atau biaya yang terkait dengan penyelenggaraan proyek dan tidak bisa dibebankan secara langsung. Umumnya, terdiri dari:

- a. Pekerja (administrasi, keamanan, teknisi, juru bayar, petugas kantor, bengkel dan lain sebagainya)
- b. Royalties.
- c. Asuransi.
- d. Penyusutan alat.
- e. Pajak.
- f. Perjalanan bisnis, rapat, sumbangan – sumbangan.
- g. Keperluan kantor.
- h. Humas, dan sebagainya.

### 3.5.3 Estimasi Biaya Produksi

Estimasi biaya produksi adalah biaya yang diperlukan untuk melakukan kegiatan penambangan atau pengolahan. Terdapat beberapa kategori dalam mengklasifikasikan biaya operasi, namun secara umum biaya operasi dapat dikategorikan menjadi tiga kategori yang didasarkan kepada besarnya biaya aktifitas penambangan. Ketiga kategori ini yaitu :

1. Biaya operasi peralatan
2. Biaya tenaga kerja
3. Biaya administrasi

### 3.5.4 Tahap Penentuan Biaya Operasi Peralatan

Metodologi penentuan biaya operasi didasarkan pada penyusunan faktor-faktor dan formula yang membantu menyederhanakan proses perhitungan yang rumit. Sebagai contoh, biaya tenaga kerja, bahan bakar, biaya tenaga pembangkit listrik, dan biaya ban dapat ditentukan dari suatu basis data yang telah ada. Di samping itu, biaya perawatan dan biaya material dapat diperkirakan dengan rumus yang sederhana. Dalam teknik ini, faktor yang diterapkan disesuaikan dengan kondisi spesifik tambang. Tahapan untuk memperkirakan biaya operasi dengan teknik kombinasi di atas adalah :

1. Tentukan tingkat keakuratan yang diinginkan;
2. Tentukan periode waktu yang diterapkan untuk memperkirakan biaya operasi. Hal ini sangat terkait dengan jam operasi, jam kerja, ketersediaan mekanik dan elektrik, utilisasi, serta efisiensi;
3. Tentukan unit biaya untuk tiap utiliti dan bahan habis (consumables);

4. Bagi setiap jenis peralatan menjadi grup komponen-komponennya (misalnya: engine, chasis, bucket, tracks, conveyor idler, conveyor belt);
5. Dalam setiap grup komponen, hitung biaya operasi per-satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam dollar per operating hour;
6. Aplikasi elemen kondisi kerja (job factor) untuk penyesuaian dengan situasi lokasi tambang;
7. Jumlahkan seluruh biaya komponen untuk mendapatkan total biaya perbaikan/consumables per satuan waktu;
8. Tentukan jumlah tenaga kerja untuk operasi dan perawatan;
9. Hitung biaya tenaga kerja per satuan waktu;
10. Kombinasikan biaya tenaga kerja dengan biaya perbaikan/consumables untuk mendapatkan biaya operasi total;
11. Bandingkan biaya operasi yang didapat dengan sumber data lain;  
Elemen-elemen lain yang diperhitungkan dalam melakukan perincian jenis peralatan untuk mendapatkan biaya operasi antara lain adalah :

1. Listrik
2. Bahan bakar
3. Pelumas
4. Ban
5. *Spare part (repair part/maintenance supplies)*
6. *Operating supplies (wear part)*
7. *Major overhaul*
8. *Operating labour*
9. *Maintenance labour*