

PRODUKSI ALAT BERAT

Rumus umum produksi alat :

$$Q = q \times \frac{60}{W_s} \times E$$

dimana : Q = produksi alat dalam satu jam (m^3 /jam atau cu.yd/h)
 q = kapasitas alat per siklus (m^3 /siklus atau cu.yd/siklus)
 W_s = waktu siklus (menit)
 E = efisiensi kerja

Jadi produksi alat tergantung pada :

1. Jenis alat / kapasitas alat
2. Waktu siklus : daya alat, kecepatan alat, kondisi lapangan
3. Efisiensi : kondisi alat, metode pelaksanaan, cuaca, topografi, keahlian operator, dll.

Waktu Siklus

Siklus kerja adalah :

proses gerakan dari suatu alat mulai dari gerakan awalnya hingga kembali lagi pada gerakan awal tersebut.

Siklus ini, terutama gerakan-gerakan akan berbeda tergantung dari jenis alatnya, misalnya :

- Siklus kerja Dumptruck :
Memuat – mengangkut – membuang – kembali
- Siklus kerja Bulldozer :
Tancap Blade – menggusur – mengangkat blade – memutar
- Siklus kerja Dragline :
Melempar bucket – mengeruk – angkat bucket – swing – membuang – swing kembali

Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan oleh alat untuk melakukan satu siklus pekerjaan.

Waktu siklus terdiri dari :

1. Waktu tetap
2. Waktu variabel

Waktu tetap adalah waktu yang digunakan untuk :

- memuat
- membuang
- manuver (menempatkan/mengatur posisi untuk memuat dan membuang)

Waktu variabel adalah :

waktu yang digunakan untuk ‘berjalan’ dari tempat pengambilan material sampai ke tempat pembuangan dan kembali dari tempat pembuangan ke tempat pengambilan material.

Contoh waktu siklus untuk Dumptruck :

$$W_s = \frac{d}{v_a} + \frac{d}{v_k} + t$$

dimana : W_s = waktu siklus
 d = jarak angkut
 v_a = kecepatan angkut
 v_k = kecepatan kembali
 t = waktu tetap

Jika pada suatu pekerjaan digunakan lebih dari satu jenis alat berat maka perlu dihitung jumlah masing-masing alat untuk mempersingkat durasi pekerjaan.

Cara menghitung jumlah alat :

1. Tentukan alat yang mempunyai produktivitas terbesar.
2. Asumsikan alat dengan produktivitas terbesar berjumlah satu.
3. Hitung jumlah alat jenis lain dengan berpatokan pada alat yang produktivitasnya terbesar.

Rumus untuk menghitung jumlah alat :

$$\boxed{n_i = \frac{Q_{\max}}{Q_i}}$$

dimana : n_i = jumlah suatu jenis alat
 Q_{\max} = produksi alat terbesar
 Q_i = produksi suatu jenis alat

Untuk menghitung durasi pekerjaan :

$$\boxed{t_w = \frac{V}{Q_{\min}}}$$

dimana : t_w = durasi pekerjaan
 V = volume pekerjaan
 Q_{\min} = produksi total terkecil suatu alat

SIFAT-SIFAT TANAH YANG BERHUBUNGAN DG. PTM

Dlm PTM, ada 3 keadaan tanah yang dijumpai :

- a. Keadaan asli sebelum diadakan pengerjaan
 Ukuran volume tanah dinyatakan dalam Bank Measure (BM) → BCY
- b. Keadaan lepas : keadaan tanah setelah diadakan pengerjaan (disturb)
 Ukuran volume tanah dinyatakan dalam Loose Measure (LM) → LCY
- c. Keadaan padat : keadaan tanah setelah ditimbun kembali kemudian dipadatkan
 Volume tanah setelah pemadatan bisa > atau < dari volume keadaan tanah asli, tergantung dari usaha pemadatan yang dilakukan.

Perubahan volume tanah dari berbagai keadaan tsb. dapat dihitung dg. rumus :

$$S_w = \left(\frac{B - L}{L} \right) \times 100\% = \left(\frac{B}{L} - 1 \right) \times 100\%$$

$$S_h = \left(\frac{C - B}{C} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{B}{C} \right) \times 100\%$$

dimana :

- S_w = pengembangan (Swell)
- S_h = penyusutan (Shrinkage)
- B = berat jenis tanah keadaan asli
- L = berat jenis tanah keadaan lepas
- C = berat jenis tanah keadaan padat

Load Factor (LF) adalah :

prosentase pengurangan kepadatan (density) material dari keadaan asli menjadi keadaan lepas.

Rumus :

$$LF = \frac{L}{B} = \frac{\text{Volume tanah asli}}{\text{Volume tanah lepas}}$$

Volume tanah asli = LF x Volume tanah lepas

$$S_w = \left(\frac{1}{LF} - 1 \right) \times 100\%$$

Daftar LF, Sw dan berat jenis berbagai material dapat dilihat pada tabel II.1.02 [2]

Faktor-faktor dari tanah yang berpengaruh thd. produktivitas alat berat :

- a. Berat (jenis) material \rightarrow kg/m^3 , ton/m^3 , lb/cu.yd
Biasanya dihitung dalam keadaan asli atau lepas.
Berat material berpengaruh thd. volume yang diangkut/didorong \rightarrow berkaitan dg. DBP atau rimpull
- b. Kekerasan
Tanah yang lebih keras lebih sukar untuk dikerjakan oleh alat
- c. Daya ikat / kohesivitas
Merupakan kemampuan untuk saling mengikat antara butiran tanah.
Berpengaruh terhadap faktor luber (spillage factor)
- d. Bentuk
Tanah yang mempunyai ukuran butiran kecil akan terdapat rongga yang berukuran kecil dan yang berbutir besar akan terdapat rongga yang besar pula.
Berpengaruh terhadap pengisian bucket.

BIAYA ALAT

Biaya alat terdiri dari :

1. Biaya Kepemilikan
2. Biaya Operasi

Tujuan dari diketahuinya biaya dan produksi dari suatu alat adalah :

agar dapat menentukan harga satuan pekerjaan dengan menggunakan alat berat tsb. sehingga dapat dibuat perhitungan RAB proyek yang menggunakan alat berat.

Untuk menghitung biaya pekerjaan dalam RAB :

Biaya Pekerjaan (Rp) = Volume pekerjaan (m^3) \times Harga Satuan Pekerjaan (Rp/ m^3)

$$\text{Harga Satuan Pekerjaan (Rp/m}^3) = \frac{\text{Biaya Alat (Rp/jam)}}{\text{Produksi Alat (m}^3/\text{jam)}}$$

BIAYA KEPEMILIKAN

Biaya kepemilikan adalah :

jumlah biaya setiap jam selama umur ekonomis alat yang harus diterima kembali oleh pemilik alat karena telah mengeluarkan biaya untuk pembelian alat, angkutan, pajak, asuransi, dan juga bunga modal.

Karena harga pembelian, bunga modal, pajak, asuransi serta umur ekonomis alat merupakan bilangan tetap/konstan maka biaya kepemilikan disebut juga biaya tetap.

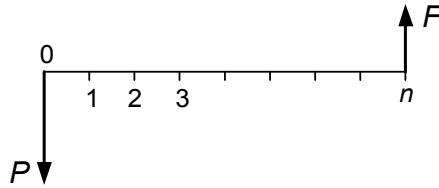
Biaya kepemilikan terdiri dari :

1. Biaya penyusutan (depresiasi)
2. Biaya investasi, yang dipengaruhi oleh : bunga modal, pajak, dan asuransi

Istilah yang berhubungan dengan biaya kepemilikan :

- Harga alat (P) adalah harga pembelian alat yang sudah termasuk asuransi dan biaya pengangkutan alat sehingga alat sudah siap dioperasikan di lokasi proyek.
- Umur ekonomis alat (n) adalah periode waktu alat (dalam tahun) yang optimum untuk pemeliharaan peralatan.
- Nilai sisa (*Salvage Value*) atau nilai jual alat bekas (F) nilai atau harga alat pada saat umur ekonomis alat habis.

Jika digambarkan pada diagram arus dana :



Selama umur ekonomis alat akan terjadi penyusutan harga alat dari P sampai F .

Biaya Penyusutan

Ada 3 metode yang digunakan untuk menghitung penyusutan (depresiasi) :

1. Metode garis lurus (*straight line method*).
2. Metode jumlah tahun (*sum of years method*).
3. Metode saldo menurun (*declining balance method*).

Yang akan dibahas selanjutnya adalah penyusutan dengan metode garis lurus.

Rumus-rumus yang digunakan :

- Laju penyusutan : $R_m = 1/n$
- Nilai penyusutan tahunan : $D_m = R_m (P - F) = (P - F)/n$
- Nilai rata-rata alat selama umur ekonomis : $\bar{P} = \frac{P(n+1) + F(n-1)}{2n}$
- Biaya Penyusutan (Rp/jam) = $\frac{\text{Nilai penyusutan tahunan (Rp/th)}}{\text{Jam kerja efektif alat setahun (jam/th)}}$

Catatan :

- Nilai \neq Biaya
- Nilai : Rp
- Biaya : Rp / jam

Contoh :

Suatu peralatan baru yang harganya Rp 250 juta diperkirakan mempunyai nilai sisa sebesar Rp 25 juta setelah 5 tahun. Penggunaan alat tersebut rata-rata 1400 jam / tahun. Berapakah nilai rata-rata dari alat dan berapa besar biaya penyusutannya ?

$$P = \text{Rp } 250 \text{ juta}$$

$$F = \text{Rp } 25 \text{ juta}$$

$$n = 5 \text{ tahun}$$

$$\text{Jam kerja efektif} = 1400 \text{ jam/th}$$

$$\text{Nilai rata-rata alat : } \bar{P} = \frac{250 \text{ jt } (5+1) + 25 \text{ jt } (5-1)}{2 \times 5} = \text{Rp } 160 \text{ juta}$$

$$\text{Nilai penyusutan : } D_m = \frac{250 \text{ jt} - 25 \text{ jt}}{5} = \text{Rp } 45 \text{ juta / tahun}$$

$$\text{Biaya penyusutan} = 45 \text{ juta} / 1400 = \text{Rp } 32.143 / \text{jam}$$

Biaya Investasi

Bunga modal :

- Jika modal diperoleh dari pinjaman maka bunga modal = bunga pinjaman
- Jika modal milik sendiri maka bunga modal = bunga simpanan (deposito)

Pajak untuk kepemilikan alat berat di Indonesia belum ada peraturan yang khusus.

Alat berat termasuk barang kekayaan perusahaan, jadi pajaknya dihitung sama dengan besarnya prosentase pajak kekayaan.

Asuransi untuk pengelolaan alat berat ada dua macam :

1. Asuransi untuk pengangkutan
2. Asuransi untuk pengoperasian

Dapat juga digunakan asuransi *all risk* (semua resiko) dalam hal kecelakaan lalu lintas, kebakaran, terguling sewaktu pengangkutan atau pengoperasian, dll.

Besarnya asuransi yang harus dibayarkan tergantung dari harga alat, jenis asuransi, jangka waktu asuransi, jenis pekerjaan yang dilaksanakan, lokasi pekerjaan yang semua itu dinilai oleh perusahaan asuransi.

Bunga modal, pajak dan asuransi biasanya dinyatakan dalam prosen per tahun (% / th).

Biaya investasi dihitung dengan :

$$\text{Biaya Investasi (Rp/jam)} = \frac{\text{Nilai rata - rata alat} \times (\text{bunga modal} + \text{pajak} + \text{asuransi}) (\text{Rp/th})}{\text{Jam kerja efektif alat setahun (jam/th)}}$$

Besarnya biaya kepemilikan dapat dihitung dengan 2 cara :

1. Biaya Kepemilikan (Rp/jam) = Biaya Penyusutan + Biaya Investasi
2. Cara Annual Cost :

i = bunga modal + pajak + asuransi

$$\text{Biaya Kepemilikan (Rp/jam)} = \frac{P(A/P, i, n) - F(A/F, i, n)}{\text{Jam kerja efektif alat setahun}}$$

dimana : $(A/P, i, n)$ = faktor A/P dengan suku bunga i dan periode n (lihat tabel bunga)

$(A/F, i, n)$ = faktor A/F dengan suku bunga i dan periode n (lihat tabel bunga)

Contoh :

Suatu peralatan baru yang harganya Rp 250 juta diperkirakan mempunyai nilai sisa sebesar Rp 25 juta setelah 5 tahun. Penggunaan alat tersebut rata-rata 1400 jam / tahun. Jika bunga modal sebesar 12 %/th, pajak dan asuransi sebesar 8 %/th, berpakah besarnya biaya kepemilikan ?

Cara 1 :

Dari contoh sebelumnya, biaya penyusutan = Rp 32.143 / jam

Nilai rata-rata alat = Rp 160 juta

$$\text{Biaya investasi} = \frac{160 \text{ jt}(0,12 + 0,08)}{1400} = \text{Rp } 22.857 / \text{jam}$$

$$\text{Biaya Kepemilikan} = 32.143 + 22.857 = \text{Rp } 55.000 / \text{jam}$$

Cara 2 :

$$i = 12 \% + 8 \% = 20 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Kepemilikan} &= \frac{250 \text{ jt}(A/P, 20\%, 5) - 25 \text{ jt}(A/F, 20\%, 5)}{1400} \\ &= \frac{250 \text{ jt} \times 0,33438 - 25 \text{ jt} \times 0,13438}{1400} \\ &= \text{Rp } 62.110 / \text{jam} \end{aligned}$$

BIAYA OPERASI

Biaya operasi alat adalah biaya-biaya yang dikeluarkan untuk keperluan pengoperasian alat, yang terdiri dari biaya-biaya untuk :

1. Bahan bakar
2. Pelumas

3. Filter (semua macam filter yang digunakan)
4. Pemeliharaan dan perbaikan alat
5. Penggantian ban (untuk kendaraan roda ban) atau penggantian undercarriage (untuk kendaraan roda rantai)
6. Upah operator / mekanik
7. Suku-suku cadang khusus

Pada dasarnya semua biaya untuk operasi didasarkan pada :
 Harga satuan \times Penggunaan

Bahan Bakar

Penggunaan bahan bakar sangat tergantung dari daya mesin.

Perkiraan penggunaan bahan bakar untuk alat berat :

- Mesin bensin :
 Keperluan bahan bakar = $\pm 0,06$ gal (US) = 0,23 liter / fwHP.jam
- Mesin solar :
 Keperluan bahan bakar = $\pm 0,04$ gal (US) = 0,15 liter / fwHP.jam

Untuk menentukan kerja mesin, harus diketahui daya rata-rata yang dihasilkan mesin dan lamanya pemakaian daya itu.

Pada saat bekerja, mesin tidak selalu mengeluarkan daya penuh.

Misalnya pada saat menunggu atau manuver dayanya relatif kecil dibandingkan pada waktu mengeruk atau menggusur.

Contoh :

Power Shovel diesel berdaya 160 fwHP. Daya maksimal digunakan waktu mengeruk yang memerlukan waktu 5 detik dari waktu siklus selama 20 detik, dan 15 detik sisanya daya yang digunakan hanya sebesar 0,5 dari daya maksimumnya. Power shovel tidak bekerja selama 10 – 15 menit dalam 1 jam. Andaikan alat ini beroperasi 50 menit per jam, perkirakanlah pemakaian bahan bakarnya dalam satu jam.

Jawab :

Daya = 160 HP

Faktor daya mesin :

$$\text{Saat mengeruk} = \frac{5}{20} \times 1 = 0,250$$

$$\text{Sisanya} = \frac{15}{20} \times 0,5 \times 1 = \underline{0,375}$$

$$\text{Faktor daya} = 0,625$$

Faktor efisiensi waktu = $\frac{50}{60} = 0,833$

Faktor operasi total = $0,625 \times 0,833 = 0,521$

Pemakaian solar per jam = $0,521 \times 160 \times 0,15 = 12,5$ liter

Dalam prakteknya, pabrik pembuat alat sudah mengeluarkan tabel penggunaan bahan bakar, pelumas dan filter dengan memperhatikan jenis pekerjaannya : ringan, sedang, berat.

Pelumas

Besarnya pemakaian pelumas sangat tergantung pada ukuran mesin, kapasitas karter oli, keadaan piston ring dan lama waktu penggantian.

Lama waktu penggantian pelumas dipengaruhi oleh kondisi kerja di lapangan :

- Lapangan kerja sangat berdebu : setiap 50 jam
- Lapangan kerja sedang, kadang-kadang berdebu : setiap 200 jam
- Lapangan kerja bersih, sedikit debu : sampai 500 jam

Jumlah pelumas pada waktu penggantian harus ditambah dengan pelumas-pelumas untuk penambahan kekurangan selama waktu antar penggantian.

Rumus perkiraan penggunaan pelumas :

$$q \text{ (gal/jam)} = \frac{HP \times f \times 0,006 \text{ (lb/HP.jam)}}{7,4 \text{ (lb/gal)}} + \frac{C \text{ (gal)}}{t \text{ (jam)}} \quad ; \text{ atau}$$

$$q \text{ (liter/jam)} = \frac{HP \times f \times 0,003 \text{ (kg/HP.jam)}}{0,89 \text{ (kg/liter)}} + \frac{C \text{ (liter)}}{t \text{ (jam)}}$$

dimana : q : jumlah penggunaan pelumas (gal/jam, liter/jam)

HP : daya mesin

f : faktor operasi

C : kapasitas karter (gal, liter)

t : jumlah jam antara penggantian (jam)

Untuk estimasi cepat, pabrik pembuat alat memberikan daftar penggunaan pelumas per jamnya untuk : mesin (*crank case*), transmisi, penggerak akhir (*final drives*), sistim hidrolis (*hydraulic control*) dan vet (*grease*).

Biaya bahan bakar dan pelumas = penggunaannya dikalikan dengan harga bahan bakar dan pelumas setempat.

Ban

Biaya untuk penggantian ban sangat berbeda-beda tergantung dari metoda operasi dan keadaan lapangan.

Faktor utama yang mempengaruhi ausnya ban :

- cuaca
- keadaan permukaan lapangan
- ketrampilan operator

Biaya penggantian ban dapat dirumuskan :

$$\text{Biaya ban / jam} = \text{harga ban yang diganti / umur ban}$$

Undercarriage

Perhitungan biaya penggantian undercarriage ada 2 versi :

1. Versi Caterpillar
 2. Versi Komatsu (termasuk dalam biaya perbaikan)
- Kedua versi ini menggunakan tabel untuk perhitungannya.

Biaya Pemeliharaan dan Perbaikan

Metode perhitungan biaya pemeliharaan dan perbaikan ada 2 :

1. Dinyatakan sebagai prosentase dari nilai penyusutan tahunan
2. Dengan menggunakan tabel untuk merk yang sesuai

Upah Operator

Besarnya upah operator tergantung dari : lokasi pekerjaan, perusahaan ybs, peraturan yang berlaku di lokasi, dan kontrak antara operator dengan perusahaannya.

Pada dasarnya upah operator dihitung dalam besarnya uang yang dibayarkan per jam kerjanya.

Contoh perhitungan Biaya Kepemilikan dan Biaya Operasi Alat Berat

1. Hitunglah biaya total per jam (biaya kepemilikan dan biaya operasi) dari power shovel bermesin diesel yang mempunyai kapasitas bucket $\frac{3}{4}$ cu.yd, dengan data sbb. :

Mesin 160 HP

Kapasitas karter 22,7 liter

Selang waktu penggantian olie 100 jam

Faktor operasi 0,60

Usia ekonomis alat 5 tahun tanpa nilai sisa

Jam operasi per tahun 1400

Bobot pengapalan 25,4 ton

Harga menurut FOB (Free on board) \$ 119.350

Biaya pengangkutan per ton \$ 52,91

Pajak pembelian 5 %

Biaya penurunan dari kapal dan perakitan \$ 359

Pemeliharaan dan perbaikan sebesar 100% dari nilai penyusutan alat

Bunga modal, pajak kekayaan dan asuransi 20 % per tahun

Untuk operasi diperlukan gemuk pelumas 0,23 kg per jam

Harga solar \$ 0,33 per liter

Harga olie \$ 0,53 per liter

Harga gemuk pelumas \$ 1,1 per kg

Jawab :

Biaya Kepemilikan

Harga FOB = \$ 119.350

Biaya pengangkutan : \$ 52,91 \times 25,4 = \$ 1.344

Pajak pembelian : 5 % \times \$ 119.350 = \$ 5.968

Biaya penurunan dari kapal dan perakitan = \$ 359

Harga total alat (*P*) = \$ 127.021

Nilai sisa (*F*) = 0

Umur ekonomis alat (*n*) = 5 tahun

Suku bunga total (*i*) = 20 % / tahun

$$\text{Biaya kepemilikan} = \frac{127.021(A/P, 20\%, 5) - 0}{1400} = \frac{127.021 \times 0,33438}{1400} = \text{\$ 30,34 / jam}$$

Biaya Operasi

Pemakaian solar per jam = 0,15 \times 160 \times 0,6 = 14,4 liter

Pemakaian olie per jam = $\frac{160 \times 0,6 \times 0,003}{0,89} + \frac{22,7}{100}$ = 0,55 liter

Nilai penyusutan tahunan = $\frac{127.021 - 0}{5}$ = \$ 25.404 / tahun

Biaya pemeliharaan dan perbaikan = $\frac{100\% \times 25.404}{1400}$ = \$ 18,15 / jam

Biaya solar = 14,4 \times 0,33 = \$ 4,75 / jam

Biaya olie = 0,55 \times 0,53 = \$ 0,29 / jam

Biaya gemuk = 0,23 \times 1,1 = \$ 0,25 / jam

Biaya operasi (tidak termasuk upah operator) = \$ 23,44 / jam

Biaya total alat = 30,34 + 23,44 = \$ 53,78 / jam

2. Hitunglah biaya total per jam dari kendaraan pengangkut beroda enam yang berdaya muat 25 cu.yd. Karena usia ban tidak sama dengan usia kendaraan, maka perhitungannya harus dipisah. Data-datanya sbb :

Mesin diesel 250 HP

Kapasitas karter 53 liter

Selang waktu penggantian olie 80 jam

Faktor operasi 0,60

Pelumas lain yang dipakai per jam 0,23 kg

Usia ekonomis alat 5 tahun tanpa nilai sisa

Jam operasi kendaraan per tahun 1400

Usia ban 5000 jam

Penggantian ban 15 % dari penyusutan ban

Harga total ban yang diganti \$ 12.133

Harga alat sudah termasuk pengiriman, pengangkutan dan pajak \$ 92.623

Pemeliharaan dan perbaikan sebesar 50 % dari nilai penyusutan kendaraan

Bunga modal, pajak kekayaan dan asuransi 20 % per tahun

Harga solar \$ 0,33 per liter

Harga olie \$ 0,53 per liter

Harga gemuk pelumas \$ 1,1 per kg

Jawab :

Biaya Kepemilikan

Harga alat (brutto) = \$ 92.623

Harga ban (P_2) = \$ 12.133

Harga alat netto (P_1) = \$ 80.490

Nilai sisa (F) = 0

Umur ekonomis alat (n_1) = 5 tahun

Umur ban (n_2) = 5000/1400 = 3,57

Suku bunga total (i) = 20 % / tahun

$$\text{Biaya kepemilikan} = \frac{80.490(A/P, 20\%, 5) + 12.133(A/P, 20\%, 3,57)}{1400} = \$ 22,85 / \text{jam}$$

Biaya Operasi

Pemakaian solar per jam = $0,15 \times 250 \times 0,6$ = 22,5 liter

Pemakaian olie per jam = $\frac{250 \times 0,6 \times 0,003}{0,89} + \frac{53}{80}$ = 1,17 liter

Nilai penyusutan kendaraan tahunan = $\frac{80.490 - 0}{5}$ = \$ 16.098 / tahun

Nilai penyusutan ban = 12.133/5000 = \$ 2,43 / jam

Biaya pemeliharaan dan perbaikan = $\frac{50\% \times 16.098}{1400}$ = \$ 5,75 / jam

Biaya penggantian ban = 15 % \times 2,43 = \$ 0,36 / jam

Biaya solar = 22,5 \times 0,33 = \$ 7,43 / jam

Biaya olie = 1,17 \times 0,53 = \$ 0,62 / jam

Biaya pelumas lain = 0,23 \times 1,1 = \$ 0,25 / jam

Biaya operasi (tidak termasuk upah operator) = \$ 14,41 / jam

Biaya total kendaraan = 22,85 + 14,41 = \$ 37,26 / jam