

Optimasi Produktivitas Penambangan Batugamping oleh PT Macmahon Indonesia di PT Lafarge Cement Indonesia, Lhoknga, Aceh Besar dengan Menggunakan Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian

Fachriansyah¹, Abrar Muslim¹, Febi Mutia¹

¹ Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

* Email: idfachriansyah@gmail.com

Info Artikel

- *Received* : 25-03-2017
- *Accepted* : 30-09-2023
- *Published* : 31-12-2023

Kata Kunci

Kapasitas Produksi, Optimasi, Wheel Loader, Dump Truck, Teori Antrian, Crusher

Abstrak

PT Macmahon Indonesia menargetkan produksi batugamping sebesar 6.000 ton/hari dengan jumlah hari kerja pada bulan Desember 2016 yaitu 24 hari. Secara aktual dengan menggunakan metode kapasitas produksi, rata-rata produksi harian batugamping adalah sebesar 4.801,05 ton untuk wheel loader dan 4.715,5 ton untuk dump truck . Untuk wheel loader nilai efisiensi alatnya sebesar 61,96 % dan untuk dump truck nilai efisiensi alatnya sebesar 65,35 %. Perhitungan teori antrian menunjukkan bahwa nilai rata-rata produksi harian batugamping sebesar 6.472,2 ton (dengan waktu antri) dan 7.316,4 ton (tanpa waktu antri). Hasil berbeda yang didapatkan ini dikarenakan faktor kinerja crusher yang buruk sehingga menyebabkan menurunnya tingkat efisiensi dump truck dan wheel loader. Crusher memiliki kapasitas penghancuran batugamping sebesar 800 ton/jam, namun pada kondisi aktual bulan Desember 2016 hanya sebesar 439,735 ton/jam. Produksi penghancuran batugamping yang dilakukan oleh crusher hanya mencapai 121.323 ton pada bulan Desember 2016. Untuk mencapai target produksi harian pada bulan Desember 2016 maka efisiensi wheel loader dan dump truck harus ditingkatkan menjadi 85%. Untuk meningkatkan efisiensi tersebut maka jam kerja wheel loader dan dump truck perlu ditingkatkan dari 156,84 jam menjadi 204 jam. Produksi harian batugamping setelah ditingkatkan nilai efisiensi alat menjadi 772,4 ton/jam dan 6.287,336 ton/hari.

1. Pendahuluan



JIM JTKb
JURNAL ILMIAH MAHASISWA JURUSAN TEKNIK KEBUMIHAN
UNIVERSITAS SYIAH KUALA

Proses pada kegiatan penambangan biasanya terdapat kegiatan penggalian, pemuatan dan pengangkutan material. Untuk mendukung kegiatan ini maka diperlukan alat-alat mekanis dalam melakukan proses tersebut. Faktor peralatan merupakan faktor yang sangat penting dalam menjamin keberlangsungan produksi. Ketersediaan

jumlah alat angkut dan alat muat merupakan hal yang sangat sensitif bagi kelangsungan produksi. Jumlah alat angkut dan alat muat yang berlebih akan mengakibatkan tingginya biaya pengeluaran operasional, sementara jumlah alat angkut dan alat muat yang sedikit akan mengurangi biaya pengeluaran operasi penambangan (Wedhanto, 2009).

Proses penggalian, pemuatan dan pengangkutan material yang dikerjakan oleh alat muat dan alat angkut merupakan suatu hal yang sangat berpengaruh terhadap operasi penambangan. Penggunaan alat angkut baik dari segi kapasitas maupun jumlahnya harus disesuaikan dengan alat muat dan kemampuan crusher dalam memproduksi material pada setiap lokasi tambang.

Pada operasi pemuatan dan pengangkutan Quarry I, terdapat waktu tunggu alat muat yang diakibatkan crusher yang sering bermasalah. Hal ini mengakibatkan antrian yg cukup lama pada dump hopper dan kurangnya keserasian alat dan berdampak pada berkurangnya produksi material harian.

2. Metodologi

2.1. Tempat dan Waktu

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di PT Macmahon Indonesia, Lhoknga Aceh Besar dan waktu pelaksanaan yaitu pada bulan Desember 2016.

2.2. Bahan dan Alat

Penulis menggunakan beberapa bahan sebagai acuan yaitu:

1. Cycle time wheel loader.
2. Cycle time dumptruck .
3. Jumlah pengisian wheel loader.

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat tulis.
2. Kamera digital.
3. Stopwatch.
4. Laptop.

2.3. Prosedur Pengambilan Data

Adapun prosedur pengambilan data di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Target produksi harian dan bulanan batugamping.
2. Cycle time wheel loader dan cycle time dump truck.
3. Produktivitas crusher.

2.4. Prosedur Analisis Data

Adapun tahapan analisis data pada penelitian ini yaitu:

1. Analisis produksi harian dan bulanan batugamping.
2. Analisis produktivitas teoritis crusher
3. Analisis produktivitas teoritis wheel loader
4. Analisis produktivitas teoritis dump truck.
5. Analisis pengaruh hambatan dari kinerja crusher terhadap alat angkut, dengan menghitung waktu kerja yang terbuang karena crusher mengalami kerusakan.

3. HASIL PENELITIAN

3.1. Produksi Alat Angkut dan Alat Muat

Perhitungan produksi Quarry I pada titik Loading Point 3 untuk alat angkut DT CAT 773 B dan alat muat WL CAT 992 D.

Dimana:

<i>Cycle time</i> DT CAT 773 B	= 57,74detik
<i>Cycle time</i> WL CAT 992 D	= 59,11 detik
Kapasitas munjung <i>bucket</i>	= 10,7 m ³
<i>Bucket fill factor</i>	= 85,95 %
<i>Swell Factor</i>	= 65,38 %
Densitas batugamping (bank)	= 2,6 ton/m ³
Faktor efisiensi alat DT CAT 773 B	= 65,35 %
Faktor efisiensi alat	

WL CAT 992 D = 61,96 % = 193,1 ton /jam

a. Produksi Wheel Loader CAT 992 D

- Produksi per siklus

$$q = (q_1 \times SF \times \text{Density Bank}) \times BFF \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &= (10,7\text{m}^3 \times 65,38\% \times 2,6 \text{ ton/m}^3) \\ &\quad \times 85,95\% \\ &= 18,188 \text{ ton} \times 0,8595 \\ &= 15,63 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Produksi per jam

$$\begin{aligned} Q &= \frac{q \times 3600 \times \text{Eff}}{\text{CT}} \quad (2) \\ &= \frac{15,63 \text{ ton} \times 3600 \text{ detik} \times 61,96\%}{59,11} \\ &= 589,81 \text{ ton / jam.} \end{aligned}$$

- Produksi per hari

$$\begin{aligned} Q \text{ hari} &= Q \text{ jam} \times \text{Waktu kerja efektif} \quad (3) \\ &= 589,81 \text{ ton / jam} \times 8,14 \text{ jam} \\ &= 4801,05 \text{ ton / hari} \end{aligned}$$

b. Produksi Dump Truck CAT 773B

- Produksi per siklus

$$q = n \times (q_1 \times SF \times \text{density bank}) \times BFF \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &= 3 \times (10,7\text{m}^3 \times 65,38\% \times 2,6 \text{ ton/m}^3) \\ &\quad \times 85,95\% \\ &= 54,56 \text{ ton} \times 0,8595 \\ &= 46,90 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Produksi per jam

$$Q = \frac{q \times 60 \times \text{Eff}}{\text{Ct}} \quad (5)$$

$$\frac{46,90 \text{ ton} \times 3600 \times 65,35\%}{571,4 \text{ detik}}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi alat angkut} &= \text{Jumlah alat} \times Q \\ &\quad \text{alat angkut} \\ &= 3 \times 193,1 \text{ ton/jam} \\ &= 579,3 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

- Produksi per hari

$$\begin{aligned} Q \text{ hari} &= Q \text{ jam} \times \text{Waktu kerja efektif} \quad (6) \\ &= 579,3 \text{ ton / jam} \times 8,14 \text{ jam} \\ &= 4.715,5 \text{ ton / hari} \end{aligned}$$

3.2 Perhitungan Dengan Metode Kapasitas Produksi

Perhitungan kapasitas produksi di quarry I pada titik loading point 3 untuk alat angkut DT CAT 773 B dan alat muat WL CAT 992 D.

Dimana:

Target produksi : 750 ton/jam
Produksi Wheel loaderz: 589,81 ton/jam
Produksi 1 Dump Truck : 193,1 ton/jam

a) Jumlah alat muat yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} n \text{ alat gali muat} &= \text{target produksi} / \text{produksi} \\ &\quad \text{alat gali muat} \\ &= 750 \text{ ton per jam} / 589,81 \\ &\quad \text{ton per jam} \\ &= 1,27 \text{ unit} \end{aligned}$$

b) Jumlah alat angkut yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} n \text{ alat gali muat} &= \text{target produksi} / \text{produksi} \\ &\quad \text{alat gali muat} \\ &= 750 \text{ ton per jam} / 193,1 \\ &\quad \text{ton per jam} \\ &= 3,88 \text{ unit atau 4 unit} \end{aligned}$$

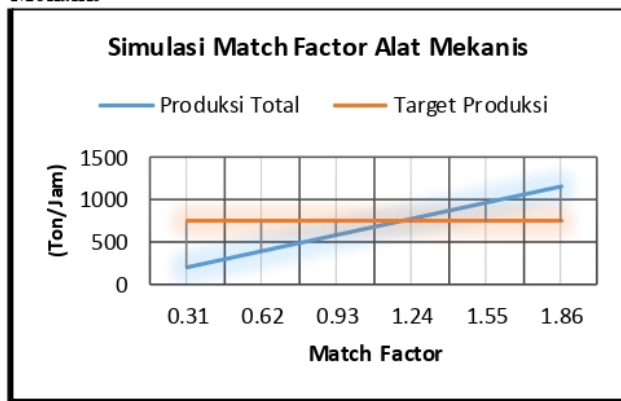
3.3. Simulasi Match Factor

Tabel 1. Hasil Simulasi Match Factor Berdasarkan Jumlah Alat Angkut

Jumlah Alat Angkut	Produksi Total (Ton/jam)	MF
1	193,1	0,31
2	386,2	0,62
3	579,3	0,93
4	772,4	1,24
5	965,5	1,55
6	1.158,6	1,86

Sumber: Perhitungan Analisis Data Pribadi, 2017

Gambar 1. Grafik Simulasi Match Factor Kerja Mekanis



Sumber: Perhitungan Analisis Data Pribadi, 2017

Dari Gambar 3.1 dapat ditentukan nilai keserasian kerja alat mekanis untuk mencapai target produksi pada bulan Desember 2016 yaitu 1,24.

3.4. Simulasi Efisiensi

Tabel 2. Hasil Simulasi Efisiensi Berdasarkan Tingkat Efisiensi Alat Angkut

Eff (%)	Produksi Alat Angkut (Ton/jam)	Target Produksi (Ton/Jam)
60%	531,87	750
65%	576,19	750
70%	620,51	750
75%	664,84	750
80%	709,16	750
85%	753,5	750

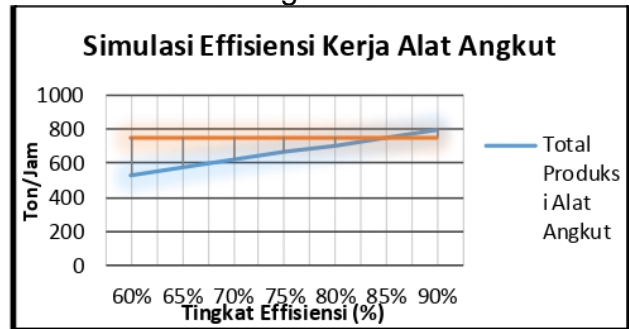
90%	797,8	750
Sumber: Perhitungan Analisis Data Pribadi, 2017		

Tabel 3. Hasil Simulasi Efisiensi Berdasarkan Tingkat Efisiensi Alat Muat

Eff (%)	Produksi Alat Muat (Ton/jam)	Target Produksi (Ton/Jam)
60%	571,15	750
65%	618,75	750
70%	666,34	750
75%	713,94	750
80%	761,53	750
85%	809,13	750
90%	856,73	750

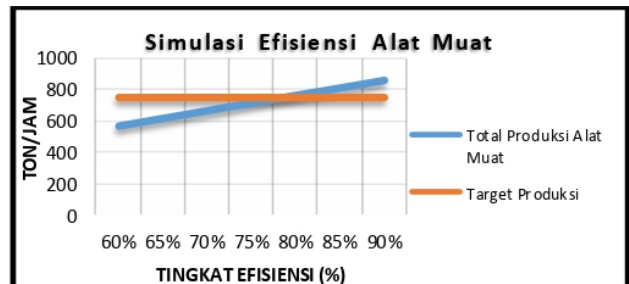
Sumber: Perhitungan Analisis Data Pribadi, 2017

Gambar 2. Grafik Simulasi Efisiensi Kerja Alat Angkut



Sumber: Perhitungan Analisis Data Pribadi, 2017

Gambar 3. Grafik Simulasi Efisiensi Kerja Alat Muat



Sumber: Perhitungan Analisis Data Pribadi, 2017

Dari Gambar 3.2 dan Gambar 3.3, untuk alat angkut, nilai efisiensi minimal yang harus dicapai yaitu 85% dengan nilai pencapaian produksi sebesar 753,5 ton/jam. Untuk alat muat, nilai efisiensi minimal yang harus dicapai yaitu 80% dengan nilai pencapaian produksi sebesar 761,53 ton/jam.

3.5. Probabilitas Keadaan Antrian

Tabel 4. Probabilitas Keadaan Antrian Dump Truck Caterpillar 773B

NO	n1	n2	n3	n4	Koefisien	Probabilitas
1	0	0	0	3	0,1504223	0,008253
2	0	0	3	0	0,0131120	0,000719
3	0	3	0	0	0,1632370	0,00895
4	0	1	2	0	0,2661263	0,01460
5	0	2	1	0	0,5376163	0,029498
6	0	1	0	2	2,0156183	0,110596
7	0	2	0	1	2,0924144	0,114810
8	0	1	1	1	1,0357694	0,056832
9	0	0	1	2	0,4988772	0,027373
10	0	0	2	1	0,2563589	0,014066
11	1	2	0	0	1,3312146	0,073043
12	1	1	1	0	0,6589666	0,036157
13	1	0	2	0	0,1630980	0,008949
14	1	1	0	1	2,5647123	0,140725
15	1	0	1	1	0,6347812	0,034830
16	1	0	0	2	1,2352909	0,067780

17	2	1	0	0	1,6316951	0,089530
18	2	0	1	0	0,4038540	0,022159
19	2	0	0	1	1,5718085	0,086244
20	3	0	0	0	1	0,054869
TOTAL					18.224974	1
					49	

Sumber: Perhitungan Analisis Data Pribadi, 2017

3.6. Perhitungan Lq1, Lq3 pada Loading Point 3

Lq merupakan rata-rata jumlah dump truck yang menunggu dalam antrian. Dalam sistem antrian putaran ini, rata-rata jumlah dump truck dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

a. Tahap 1

Dengan ketentuan $n1 > 1$, sehingga rata-rata dump truck yang menunggu untuk dimuati yaitu:

$$Lq1 = [(1 \times \sum(\text{probabilitas keadaan } 17, 18, 19) + (2 \times \text{probabilitas } 20))] \tag{7}$$

b. Tahap 3

Dengan ketentuan $n3 > 1$, sehingga didapat rata-rata dump truck yang menunggu untuk menumpahkan material yaitu:

$$Lq1 = [(1 \times \sum(\text{probabilitas keadaan } 4, 10, 13) + (2 \times \text{probabilitas } 2))] \tag{8}$$

3.7. Waktu Tunggu Dump Truck Dalam Antrian

Untuk menghitung waktu dump truck dalam antrian maka perlu dihitung tingkat kesibukan alat muat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta_1 = 1 - \sum P(0, \eta_1, \eta_1, \eta_1) \quad (9)$$

Dimana, rumus tersebut diperoleh pada kondisi $n = 0$, yaitu keadaan dimana tidak ada dump truck yang sedang dimuati di loading point (alat muat dalam keadaan menganggur).

$$Lq1 = [(1 - \sum(\text{probabilitas } 1,2,3,4,5,6,7,8,9, \text{ dan } 10))] \times 100\% \quad (10)$$

Jadi tingkat kesibukan alat muat yaitu sebesar 61,43 %. Maka jumlah dump truck yang dapat terlayani pada tahap ini adalah:

$$\theta 1 \text{ Cat } 992D = 0,6143 \times 20,48 \quad (11)$$

$$\theta 3 \text{ Cat } 992D = 0,6143 \times 87,60 \quad (12)$$

$$wq1 \text{ CAT } 773B = \frac{0,23}{12,36} = 0,0186 \text{ jam} \quad (13)$$

$$wq3 \text{ CAT } 773B = \frac{0,039}{53} = 0,07358 \text{ jam} \quad (14)$$

Sehingga total waktu tunggu dalam antrian untuk alat angkut yaitu: $(67 + 2,65 \text{ detik/ritase}) = 69,65 \text{ detik/ritase}$.

3.8. Waktu Edar dan Tingkat Kedatangan Truk

Berdasarkan penerapan teori antrian maka waktu edar alat angkut setiap ritase atau sekali putaran dengan waktu antri adalah:

$$CTCAT773B = \left(\frac{1}{20,13} + \frac{1}{20,27} + \frac{1}{85,96} + \frac{1}{20,83} + 0,0186 + 0,07358 \right) \quad (15)$$

Sehingga, tingkat kedatangan Dump Truck dalam satu jam baik di loading point maupun dump hopper adalah:

$$\lambda \text{ Dump Truck CAT } 773B = \frac{1}{10,67} \times 60 \text{ dump truck / jam} \quad (16)$$

Pada Loading Point 3 terdapat tiga unit dump truck yang bekerja pada keadaan aktualnya yang dilayani oleh satu alat muat, maka:

$$\text{Jumlah ritase dump truck} = 3 \times 46 \text{ ritase dump truck/ hari} = 138 \text{ ritase dump truck /hari}$$

Jumlah produksi batugamping yang dapat diangkut oleh dump truck dengan waktu antri yaitu $138 \text{ ritase dump truck} \times 46,9 \text{ ton} = 6.472,2 \text{ ton/hari}$.

Waktu edar alat angkut tanpa waktu antri (C_t) adalah (Persamaan 2.23):

$$CTaDT773B = \left(\frac{1}{20,13} + \frac{1}{20,27} + \frac{1}{85,96} + \frac{1}{20,83} \right) \quad (17)$$

Sehingga, tingkat kedatangan dump truck dalam 1 jam yaitu:

$$\lambda' \text{ Dump Truck CAT}773B = \frac{1}{9,52} \times 60 \text{ dump truck} \quad (18)$$

Maka tingkat kedatangan tiap satu unit alat angkut selama satu hari adalah:
 $6,30 \times 8,14 \text{ jam/hari} = 51,30 \text{ dump truck / hari}$ (19)

Pada Loading Point 3 terdapat tiga unit dump truck yang bekerja pada keadaan aktualnya yang dilayani oleh satu alat muat, maka:

$$\text{Jumlah ritase dump truck} = 3 \times 52 \text{ ritase ritase dump truck / hari} \quad (20)$$

Jumlah produksi batugamping yang dapat diangkut oleh dUmp truck tanpa waktu antri yaitu 156 ritase dump truck x 46,90 ton = 7.316,4 ton/hari.

Jumlah dump truck yang mampu dilayani alat muat tanpa waktu antri adalah:

$$\text{CAT992D} = \frac{\mu 1}{\lambda} = \frac{20,13}{5,62} = 3,58 \text{ dump truck} \quad (21)$$

3.9. Produktivitas Alat Crusher

Untuk menghitung ketersediaan alat crusher, diketahui:

1. Jam kerja crusher yaitu sebesar 220,1 jam.
2. Jam perbaikan alat crusher yaitu sebesar 86,16 jam.
3. Standby hours crusher yaitu sebesar 437,7 jam.

Nilai EU adalah:

$$\text{EU} = \frac{220,1}{220,1 + 86,16 + 437,7} \times 100\% \quad (22)$$

Produksi rata-rata actual crusher dalam satu jam pada bulan Desember 2016 yaitu:

$$\frac{\text{Produksi harian}}{\text{Jam kerja rata-rata desember 2016}} \quad (23)$$

$$= \frac{3.913,645 \text{ ton}}{8,9 \text{ jam}}$$

Efektivitas penggunaan peralatan crusher pada bulan Desember 2016 yaitu:

$$\text{Ef} = \frac{439,735 \text{ ton/jam}}{800 \text{ ton/jam}} = 54,97\% \quad (24)$$

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Target pengangkutan batugamping yang direncanakan oleh PT Macmahon Indonesia tidak tercapai. Dari target produksi bulan Desember 2016 sebesar 144.000 ton/bulan yang dapat dicapai yaitu sebesar 115.248,82 ton/bulan untuk alat muat dan 113.172 ton/bulan untuk alat angkut.
2. Faktor efisiensi alat angkut dan alat muat menjadi faktor penghambat yang paling berpengaruh dari tidak tercapainya target produksi bulanan. Untuk faktor efisiensi alat angkut hanya sebesar 65,35 % dan faktor efisiensi alat muat sebesar 61,96%.
3. Hal yang menyebabkan rendahnya faktor efisiensi alat angkut dan alat muat adalah kinerja dari alat crusher yang buruk. Nilai faktor efisiensi crusher hanya sebesar 37,01% dengan produksi rata-rata aktual sebesar 439,735 ton/jam.
4. Penerapan teori antrian seharusnya dapat meningkatkan target dengan hanya menggunakan 3 dump truck, Adapun rata-rata waktu antri alat angkut sebesar 69,65 detik/ritase dengan produksi yang didapat dengan menggunakan teori antrian adalah sebesar 6.472,2 ton/hari atau 155.332,8 ton/bulan.
5. Target produksi dapat tercapai apabila tingkat efisiensi alat angkut minimal mencapai 80% dan alat muat minimal mencapai 76%.

Referensi

- Adedoyin, A., 1991. Simulation of Excavation, Loading and Haulage of Iron Ore at Itakpe. B.Eng Project, Department of Mining

- Engineering, Federal University of Technology, Akure, Nigeria.
- A.K. Erlang. 1909. The Theory of Probabilities and Telephone Conversation. Nyf Tideskritt for Matematik. Vol. 20. Hal 131-137.
- B.M. Olaleye & P.E. Adagbonyin. 2011. Simulation of Loading and Haulage of Fragmented Rock Typical Granite Quarry in Ondo State, Nigeria. Department of Mining Engineering, The Federal University of Technology, Akure, Nigeria.
- Caterpillar. 2015. Caterpillar Performance Handbook Edition 29. United States: Caterpillar Corporation.
- Currie, JM. 1973. Unit Operation in Mineral Processing. Burnaby British Columbia.
- Dimiyati, T.T., dan Dimiyati, A, 1992. Operation Research (Model-Model Pengambilan Keputusan). PT Sinar Baru Algensindo. Bandung. Hal 309.
- Geologinesia. 2016. Batugamping (Batu Kapur) : Genesa, Ciri-ciri, dan Sifat Fisiknya, <http://www.geologinesia.com/2016/12/batu-gamping-batu-kapur-genesa-ciri-ciri-dan-sifat-fisik.html>. diakses 05 Maret 2017.
- Hartman, L, Howard. 1992. SME Mining Engineering Handbook. Edition 2nd, Vol. 1. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Indonesianto, Y., 2008, Pemindahan Tanah Mekanis, UPN, Yogyakarta.
- Nabar, D. 1998. Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Nurhakim, 2004. Buku Panduan Kuliah Lapangan II edisi ke-2. Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru. Hal. 5, 18-24.
- Peurifoy R.L., 1979. "Construction, Planning, Equipment, and Methods. Third Edition. Mc Graw Hill International Book Company, London, Sydney, Tokyo Carmichael, D.G., 1987.
- Prodjosumarto, P., 1989. Pemindahan Tanah Mekanis, Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Rochmanhadi, Ir. 1992. Alat-alat Berat dan Penggunaannya. Penerbitan Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Siagian, P., 1987. Penelitian Operasional: Teori dan Praktek. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Supranto, J., 1987. Riset Operasi: Untuk Pengambilan Keputusan, Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Suwandhi, A., 2004. Optimasi Alat Penambangan. Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia, Bandung.
- Wedhanto, S. 2009. Alat Berat dan Pemindahan Tanah Mekanis. Diklat Kuliah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang, Malang.
- Wigroho, H.Y. dan Suryadharma. H., 1992. Pemindahan Tanah Mekanis Bagian I, Penerbitan Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.