

OPTIMALISASI KOMPOSISI ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN PELABUHAN PT. CEMINDO GEMILANG

oleh :

Andi Maddeppungeng

Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email : andi_made@yahoo.com

Irma Suryani

Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email : irma_suryani@yahoo.com

Dadan Febriana

Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email : dadan_febriana@yahoo.co.id

Abstrak : Proyek pembangunan pelabuhan adalah salah satu proyek yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pelabuhan. Penelitian ini fokus pada pekerjaan tanah yaitu proses galian dan timbunan pada pembangunan pelabuhan dimana alat berat memegang peranan penting didalam pembangunannya. Metode yang digunakan pada penelitian ini *linear programming* yang digunakan untuk menentukan jumlah alat berat yang optimum dengan biaya dan waktu yang paling minimal untuk pekerjaan tanah. Untuk membantu perhitungan, digunakanlah program komputer LINDO, untuk mendapatkan hasil dan analisis sensitivitas. Adapun data adalah meliputi harga sewa alat, waktu kerja perhari, jumlah hari kerja, biaya bahan bakar, biaya pelumas, upah operator, uang makan operator, dan jumlah alat berat milik sendiri maupun sewa, dan data yang dihasilkan adalah total biaya keseluruhan pekerjaan. Hasil perhitungan didapatkan bahwa komposisi alat yang paling optimum adalah 4 unit *Bulldozer* (2 milik, 2 sewa), 8 unit *Excavator* (4 milik, 4 sewa), 30 unit *Dump Truck* (sewa), 3 unit *Wheel Loader* (2 milik, 1 sewa), 5 unit *Split Barge* (milik), dan 2 unit *Vibration Roller* (milik), dengan biayanya sebesar Rp. 10.395.810.000 dan waktunya sebanyak 483 hari. Dan efisiensi penggunaan alat berat terhadap waktu dan biaya adalah untuk alat berat jenis *Bulldozer CAT D6G* (0,85%), *Bulldozer Shantui*(8%), *Excavator Kobelco SK200* (6.67%), *Excavator Kobelco SK330* (5,26%), *Dump Truck* (21,87%), untuk jenis alat berat *Split Barge* (11,11%), *Wheel Loader CAT 966D* (6,54%), dan *Vibro Roller Sakai SV-900* (4,21%).

Kata Kunci : alat berat, optimum, analisis sentivitas.

Abstract : *The port development project is one of the projects aimed at improving port productivity. This research focuses on soil work that is the process of excavation and embankment on the construction where heavy equipment plays an important role in its development. The method used in this research is linear programming which used to determinate the optimum amount of machine with the least cost and the time for land work. To support calculations, the LINDO computer program is used, to get results and sensitivity analysis. The data includes equipment rental price, working time per day, number of working days, fuel cost, lubricant cost, operator's wage, operator's money, and the amount of heavy equipment owned and rented, and the resulting data is the total cost of the whole work. The calculation result shows that the most optimum composition is 4 units of Bulldozer (2 owned, 2 rental), 8 Excavator units (4 owned, 4 rents), 30 units of Dump Trucks, 3 units of Wheel Loader (2 owned, 1 rental), 5 units of Split Barge (owned), and 2 units of Vibration Roller (owned), with cost of Rp. 10.395.810.000 and the time is 483 days. And the efficiency of heavy equipment for time and cost is for CAT D6G Bulldozer (0.85%), Shantui Bulldozer (8%), Kobelco SK200*

(6.67%), Kobelco SK330 Excavator (5.26%), Dump Truck (21.87%), for Split Barge (11.11%), Wheel Loader CAT 966D (6.54%), and Vibro Roller Sakai SV-900 (4.21%).

Keywords : heavy equipment, optimum, sensitivity analysis

Pendahuluan

Proyek pembangunan pelabuhan adalah salah satu proyek yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dari aktivitas yang pelabuhan. Secara teknis, pelabuhan adalah salah satu bagian ilmu bangunan maritim, tempat dimungkinkan kapal-kapal berlabuh atau bersandar dan kemudian dilakukan bongkar muat pada barang angkutannya (Soedjono Kramadibrata). Dari sudut teknik, dikenal beberapa macam pelabuhan, yaitu pelabuhan alam, pelabuhan buatan, dan pelabuhan semi alam. Pelabuhan yang akan ditinjau adalah termasuk pelabuhan buatan karena pembuatannya dilakukan oleh manusia yang berada didaerah perairan laut.

Penyelesaian pekerjaan pada proyek pembangunan pelabuhan ini terutama pada pekerjaan galian, pemindahan material, maupun pemadatan, dimana diperlukan pemilihan dan penentuan komposisi alat berat yang baik. Dimana pemilihan alat-alat berat tergantung pada karakteristik masing-masing alat dan kondisi medan. Tujuannya agar alat tersebut dapat bekerja secara optimum sehingga pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu dengan biaya sehemat mungkin.

Lokasi Penelitian

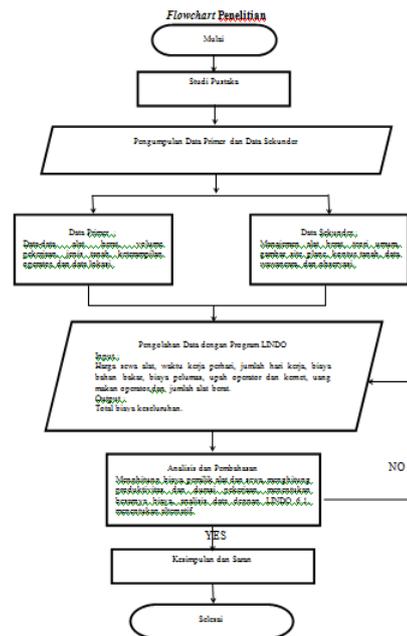
Lokasi penelitian adalah pantai karang taraje, kecamatan Bayah, kabupaten Lebak – Banten.

Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui berapakah komposisi alat berat yang digunakan baik alat milik sendiri PT. Cemindo Gemilang maupun sewa dengan menggunakan linear programming.
2. Mengetahui berapakah biaya yang harus dikeluarkan untuk peralatan berat dan waktu yang dibutuhkan pada pekerjaan tanah proyek pembangunan pelabuhan.
3. Mengetahui berapa efisiensi penggunaan alat berat dalam dimensi waktu dan biaya.

Metodologi Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian
 Sumber: Analisis Penulis, 2015

Studi Penentuan komposisi alat berat yang optimum dengan metode linear programming pada proyek pembangunan pelabuhan PT. Cemindo Gemilang dilakukan dengan metode penelitian, hal ini untuk mengarahkan pembahasan studi secara

terstruktur mulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun observasi langsung dilapangan, melakukan pengolahan dan interpretasi data sampai penarikan kesimpulan atas permasalahan yang diteliti.

Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari sumber asli baik itu melakukan wawancara maupun observasi atau survei langsung dilapangan. Pada penelitian analisis produktivitas alat berat ini narasumber yang penulis jumpai dan melakukan tanya jawab langsung kepada divisi konstruksi PT. Cemindo Gemilang.

Pengumpulan Data Sekunder

Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu :

- Buku teori-teori dan cara kerja alat berat yang digunakan.
- Data lokasi, meliputi peta lokasi penelitian pada proyek pembangunan pelabuhan yang akan ditinjau.
- Gambar kerja, meliputi gambar site plan dan kontur tanah.
- Dokumentasi atau foto-foto pekerjaan

Metode Analisis Data

Analisis data merupakan pengolahan terhadap data yang telah dikumpulkan, data primer dan data sekunder. untuk mengoptimalkan penggunaan sumber-sumber yang terbatas. Analisis yang akan dilakukan yaitu perhitungan komposisi pada masing-masing alat berat yang digunakan, yaitu *Bulldozer*, *Excavator*, *Dump Truck*, *Compaction Roller*, dan *Split Barge*. Dengan menentukan waktu siklus alat, penentuan

faktor koreksi alat, perhitungan produksi persiklus, produksi perjam, produksi perhari, perhitungan besarnya biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing alat, penentuan komposisi alat berat diharapkan dapat mengefektifkan waktu dan biaya. Ada lima alternatif yang digunakan untuk dilakukannya analisis, yaitu :

Tabel 1. Perencanaan pemilihan alternatif

Alternatif	Waktu	Komposisi Alat
Alat dilapangan	8 Jam musim hujan 8 Jam musim kemarau	2 unit <i>Bulldozer</i> , 7 unit <i>Excavator</i> , 24 unit <i>Dump Truck</i> , 1 unit <i>Vibration Roller</i> , 1 unit <i>Wheel Loader</i> , dan 4 unit <i>Split Barge</i> .
I	16 Jam (2 shift) musim kemarau dan hujan	4 unit <i>Bulldozer</i> , 7 unit <i>Excavator</i> , 48 unit <i>Dump Truck</i> , 2 unit <i>Vibration Roller</i> , 2 unit <i>Wheel Loader</i> , dan 5 unit <i>Split Barge</i> .
II	12 Jam musim hujan 8 Jam musim kemarau	4 unit <i>Bulldozer</i> , 8 unit <i>Excavator</i> , 30 unit <i>Dump Truck</i> , 2 unit <i>Vibration Roller</i> , 3 unit <i>Wheel Loader</i> , dan 5 unit <i>Split Barge</i> .
III	24 Jam (3 shift) pada musim hujan dan musim kemarau.	3 unit <i>Bulldozer</i> , 7 unit <i>Excavator</i> , 72 unit <i>Dump Truck</i> , 3 unit <i>Vibration Roller</i> , 1 unit <i>Wheel Loader</i> , dan 4 unit <i>Split Barge</i> .

IV	12 jam pada musim hujan dan musim kemarau.	8 unit <i>Excavator</i> , 4 unit <i>Bulldozer</i> , 30 unit <i>Dump Truck</i> , 5 unit <i>Splite Barge</i> , 2 unit <i>Vibration Roller</i> dan 2 unit <i>Wheel Loader</i>
----	--	--

Sumber : Hasil Analisis

Metode Pengolahan Data

Setelah data primer dan sekunder terkumpul, maka data tersebut harus diolah secara kuantitatif. Selanjutnya data dianalisis menggunakan metode kuantitatif, menggunakan linear programming, untuk mencari beberapa alternatif untuk mendapatkan komposisi alat berat yang paling tepat terhadap pekerjaan penimbunan dan perataan.

Decision Variables

Decision Variables dari *linear programming* ini adalah jumlah alat berat yang digunakan, baik yang dimiliki sendiri maupun yang harus disewa pada masing-masing kegiatan.

Objective function

Linear programming ini merupakan model *minimize* yaitu mencari berapa biaya yang paling minimum yang harus dikeluarkan untuk pengoperasian alat-alat berat pada pekerjaan tanah proyek ini.

1. Constraint

Batasan yang ada pada proyek ini adalah waktu yang tersedia, musim hujan, dan volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tersebut. Dengan *linear programming* besarnya volume pekerjaan yang dapat dicapai pada setiap bagian waktu pelaksanaan pekerjaan dapat dihasilkan sedemikian rupa sehingga didapat jumlah alat-alat berat yang harus

digunakan dengan biaya yang paling minimal.

2. Perhitungan *linear programming* (LINDO)

Perhitungan ini yang terdiri dari :

a. *Optimal values*

Optimal values yang dimaksud disini adalah nilai optimal yang *decision variables*, variabel *slack* dan *surplus*, serta *objective function*. Dari nilai optimal variabel *slack* dan *surplus* kita dapat menentukan secara cepat nilai dari fungsi *constraint* soal solusi optimal didapat.

b. *Dual price* dan *RHS ranges*

Dual price merupakan besarnya perubahan yang terjadi pada perbaikan nilai optimal dan *objective function*, yaitu kenaikan pada model *maximize* dan penurunan pada model *minimize*.

c. *Objective coefficient range*

Objective coefficient range merupakan besarnya perubahan, baik kenaikan maupun penurunan yang diijinkan pada koefisien *objective function* tanpa mengubah solusi optimal yang telah dihasilkan.

d. *Reduced cost*

Reduced cost digunakan untuk *decision variables* yang memiliki nilai optimal nol. *Reduced cost* ini sebenarnya sama saja dengan *objective coefficient range* untuk variabel tersebut.

3. *Sensitivity analysis*

Sensitivity analysis dilakukan setelah solusi optimal dari suatu model *linear programming* telah didapatkan. Tujuan dilakukannya *sensitivity analysis* adalah untuk mengetahui seberapa besar

pengaruh perubahan model pada solusi optimal.

Data-data yang digunakan adalah data-data yang ada saat pemodelan dibuat dan kemungkinan bisa berubah mengingat *linear programming* digunakan untuk perencanaan suatu kegiatan yang sudah pasti dibuat jauh sebelum kegiatan tersebut dilaksanakan. Hal ini berarti data-data yang digunakan masih bersifat tidak pasti.

Tabel 2. Jumlah alat berat yang dimiliki kontraktor

No	Jenis alat berat	Jumlah alat yang dimiliki (Unit)
1.	<i>Bulldozer CAT D6G</i>	1
2.	<i>Bulldozer Shantui</i>	1
3.	<i>Excavator Kobelco SK200</i>	3
4.	<i>Excavator Kobelco SK330</i>	4
5.	<i>Dump Truck (10 roda)</i>	65
6.	<i>Split Barge 450 m²</i>	4
7.	<i>Wheel Loader 966D CAT</i>	1
8.	<i>Vibro Roller Sakai SV-900</i>	1

Sumber : (Data Kontraktor CHI, 2014)

Analisa Data Dan Pembahasan

Proyek pembangunan pelabuhan ini memiliki luas bangunan sebesar 78712.81 m². Lokasi pembangunan pelabuhan ini sebagian besar berada dipinggir pantai. Dimana kondisi tanahnya cukup bagus digunakan untuk proses sebelum pengurukan dimulai, tanahnya berupa bebatuan dan batu karang yang menyebabkan pergerakan alat berat tidak labil.

Waktu pengerjaan pembangunan pelabuhan ini dilakukan kurang lebih 2 tahun untuk proses pengerjaan tanahnya, dan pelaksanaannya dimulai sejak nopember 2013. Kendala yang utama adalah hujan, angin kencang, dan arus pantai yang mengakibatkan pekerjaan banyak terhenti. Oleh karena itu jika kondisi sudah stabil, maka pekerjaan akan dioptimalkan bahkan sampai lembur sekalipun. Sehingga begitu

ada hujan, angina kencang, dan arus pantai semua pekerjaan bisa dilaksanakan dengan lancar, sebaik mungkin, dan seefisien mungkin.

Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah ini dibedakan dalam 3 macam pekerjaan, macam-macam pekerjaan dan perkiraan volume pekerjaan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Volume Pekerjaan

NO	PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN
1.	Pembersihan Lahan	650 dan 250000	m ²
2.	Penggalian Material Tanah	991063.4	m ³
3.	Pengurukan Pantai	820596.78	m ³

Sumber : Hasil Analisis

Data-data yang diperoleh dari kontraktor mengenai jenis kegiatan dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Daftar Alat Berat yang Digunakan

No	Pekerjaan	Volume	Alat Berat	Produksi
1.	Pembersihan Lahan			
a.	Pengupasan dan Pemotongan	650 m ²	<i>Bulldozer</i>	90 m ² /jam
b.	Penggalian dan Pemuatan	3250 m ³	<i>Excavator</i>	35 m ³ /jam
c.	Pengangkutan	3250 m ³	<i>Dump Truck</i>	50 m ³ /jam
d.	Penyebaran Material	3250 m ³	<i>Bulldozer</i>	90 m ³ /jam
2.	Penggalian Material Tanah			
a.	Pengupasan dan Pemotongan	250000 m ²	<i>Bulldozer</i>	138 m ² /jam
b.	Penggalian dan Pemuatan	991063.4 m ³	<i>Excavator</i>	81 m ³ /jam
c.	Pengangkutan	991063.4 m ³	<i>Dump Truck</i>	50 m ³ /jam
3.	Pengurukan Pantai			
a.	Penyebaran Material dan Pemuatan	820596.78 m ³ 820596.78 m ³ 820596.78 m ³ 170466.62 m ³	<i>Bulldozer</i> , <i>Excavator</i> , <i>Wheel Loader</i> dan <i>Split Barge</i>	90 m ³ /jam, 35 m ³ /jam, 243 m ³ /jam dan 1125 m ³ /jam
b.	Pemadatan	78712.81 m ³	<i>Vibro Roller</i>	91 m ³ /jam

Sumber : Hasil Analisis

Pada saat kontraktor sedang tidak ada proyek, maka alat-alat berat yang dimiliki kontraktor disewakan dan harga sewa dari kontraktor ini menjadi pegangan jika akan menyewa alat berat pada perusahaan lain. Jumlah alat berat yang dimiliki sendiri oleh kontraktor dapat dilihat pada tabel dibawah, dan untuk daftar harga sewa alat-alat berat yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Daftar harga sewa alat berat

No	Jenis alat berat	Harga sewa alat
1.	Bulldozer CAT D6G	Rp 155.000,- / Jam
2.	Bulldozer Shantui	Rp 165.000,- / Jam
3.	Excavator Kobelco SK200	Rp 140.000,- / Jam
4.	Excavator Kobelco SK330	Rp 150.000,- / Jam
5.	Dump Truck:	
	Mitubishi 25 Ton	Rp 300.000,- / Jam
	Hino 25 Ton	Rp 300.000,- / Jam
	Nissan 25 Ton	Rp 300.000,- / Jam
	Isuzu 25 Ton	Rp 300.000,- / Jam
6.	Split Barge 45 m'	Rp 895.000,- / Jam
7.	Wheel Loader 966D CAT	Rp 100.000,- / Jam
8.	Vibro Roller Sakai SV-900	Rp 125.000,- / Jam

Sumber : Hasil Analisis

Pemodelan Linear Programming

1. Decision Variables
2. Objective function

Contoh perhitungan koefisien *objective function* untuk beberapa variabel adalah sebagai berikut:

- 1) X1A1 (jumlah Bulldozer CAT D6G yang dimiliki kontraktor yang digunakan untuk kegiatan pengupasan dan pemotongan pada pekerjaan pembersihan 61 hari.
 - a. Biaya pemilikan alat
 $= 80\% \times \text{Rp } 165.000,- \times 8 \text{ jam} \times 61 \text{ hari} = \text{Rp } 64.416.000,-$
 - b. Bahan bakar solar
 $= \text{Rp } 7.500,- \times 29,5 \times 8 \text{ jam} \times 61 \text{ hari} = \text{Rp } 107.970.000,-$
 - c. Minyak pelumas oli
 $= \text{Rp } 21.000,- \times 0,2 \times 8 \text{ jam} \times 61 \text{ hari} = \text{Rp } 2.049.600,-$
 - d. Upah operator
 $= \text{Rp } 25.000,- \times 8 \text{ jam} \times 61 \text{ hari} = \text{Rp } 12.200.000,-$
 - e. Upah kernet
 $= 10\% \times \text{Rp } 25.000,- \times 8 \text{ jam} \times 61 \text{ hari} = \text{Rp } 1.220.000,-$
 - f. Uang makan operator

$= \text{Rp } 25.000,- \times 61 \text{ hari}$
 $= \text{Rp } 1.525.000,-$
 g. Uang makan kernet
 $= 50\% \times \text{Rp } 25.000,- \times 61 \text{ hari}$
 $= \text{Rp } 762.500,-$
 Total = Rp 64.416.000,- + Rp 107.970.000,- + Rp 2.049.600,- + Rp 12.200.000,- + Rp 1.220.000,- + Rp 1.525.000,- + Rp 762.500,- = Rp 190.143.100,-
 Koefisien *objective function* = 190.1

3. Constraints

Perincian perhitungan constraints untuk linear programming ini adalah sebagai berikut :

- 1) Pekerjaan Pembersihan Lahan
 - a) Pengupasan dan Pemotongan
 $90 \times 8 \times (X1A1 + X1B1) \geq 1/61 \times 650$
 $720 X1A1 + 720 X1B1 \geq 10.7$
 - b) Penggalian dan Pemuatan
 $17080 X2A1 + 17080 X2B1 - 219600 X1A1 - 219600 X1B1 = 0$
 - c) Pengangkutan
 $24400 X3A1 + 24400 X3B1 - 17080 X2A1 - 17080 X2B1 = 0$
 - d) Penyebaran Material
 $43920 X4A1 + 43920 X4B1 - 24400 X3A1 - 24400 X3B1 = 0$
- 2) Pekerjaan Penggalian Material Tanah
 Perhitungan sama dengan cara di atas.
- 3) Pengurugan Pantai
 Perhitungan sama dengan cara di atas.

Jumlah alat yang dimiliki sangat terbatas, hal ini menentukan berapa jumlah alat yang disewa untuk memenuhi kebutuhan. Pada setiap bagian waktu pelaksanaan pekerjaan satu macam alat bisa diperlukan oleh beberapa kegiatan.

Analisis Komputer

- a. Data Dilapangan

Hasil perhitungan didapatkan nilai optimal objective function sebesar Rp. 11.658.800.000,-.

- b. Alternatif I
Dari hasil perhitungan nilai optimal objective function untuk alat berat adalah Rp.15.547.120.000,-. Nilai ini lebih besar 33,35% dari data dilapangan.
- c. Alternatif II
Hasil Perhitungan diperoleh nilai optimal objective function adalah Rp. 10.395.810.000,-. lebih kecil 10,83% dari lapangan
- d. Alternatif III
Hasil perhitungan nilai optimal objective function adalah Rp.16.586.760.000,-.
- e. Alternatif IV
Perhitungan diperoleh nilai optimal objective function Rp.13.927.710.000

Setelah solusi optimal diperoleh dan dilakukan *sensitivity analysis* maka disimpulkan alternatif II yang terbaik dengan rincian:

1. Komposisi alat berat yang optimum: 4 unit *Bulldozer* (2 milik, 2 sewa), 8 unit *Excavator* (4 milik, 4 sewa), 30 unit *Dump Truck* (sewa), 2 unit *Vibration Roller* (milik), 3 unit *Wheel Loader* (2 milik, 1 sewa), dan 5 unit *Split Barge* (milik).
2. Waktu yang dibutuhkan pekerjaan galian dan timbunan adalah 483 hari, dan total biaya sebesar Rp. 10.395.810.000. Adapun pekerjaan dilapangan adalah 641 hari dan biaya sebesar Rp. 11.658.800.000.
3. Efisiensi alat-berat terhadap waktu dan biaya: *Bulldozer CAT D6G* (0,85%), *Bulldozer Shantui* (8%), *Excavator Kobelco SK200* (6,67%), *Excavator Kobelco SK330* (5,26%), *Dump Truck* (21,87%), *Split Barge* 45 m³ (11,11%), *Wheel Loader CAT 966D* (6,54%), dan *Vibro Roller Sakai SV-900* (4,21%),

Efisiensi Alat Berat

Tabel 6. Perhitungan efisiensi alat berat.

Nama Alat	Efisiensi Alat (%)
1. <i>Bulldozer CAT D6G</i>	85
2. <i>Bulldozer Shantui</i>	8
3. <i>Excavator Kobelco SK200</i>	6,67
4. <i>Excavator Kobelco SK330</i>	5,26
5. <i>Dump Truck</i> (10 roda)	21,87
6. <i>Split Barge</i>	11,11
7. <i>Wheel Loader</i>	6,54
8. <i>Vibro Roller</i>	4,21
Jumlah	64,51

Kesimpulan

Daftar Pustaka

- Gransberg, D, D. Popescu, M, C. Ryan, C, R. 2006. *Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Owners*. A Series of Reference Books and Textbooks. Georgia.
- Kholil, A. 2012. *Alat Berat*. PT Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Peurifoy, L, R. Schexnayder, J, C. and Shafira, A. 2006. *Construction Planning Equipment and Methods*, Seventh Edition. Mc Graw Hill. United States.
- Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan. Volume I: Umum Bagian – 1:
- Rochmanhadi. Ir, 1992. *Kapasitas dan Produksi Alat-alat Berat*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

- Rochmanhadi, Ir, 1986. *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Rostiyanti, F, S. Ir, 2002. *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Siswanto, T, B., 2008. *Teknik Alat Berat Jilid 1*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Siswanto, T, B., 2008. *Teknik Alat Berat Jilid 2*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Tenriajeng, T, A., 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*, Seri Diktat Kuliah. Gunadarma. Jakarta.
- Wilopo, D. 2009. *Metode Konstruksi dan Alat Berat*. UI Press. Jakarta.
- Pekerjaan Tanah Rasyid, R, M., 2008. *Analisa Produktivitas Alat-alat Berat Proyek Studi Kasus Proyek Pengembangan Bandar Udara Hasanuddin, Maros, Makassar*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Depyudin, Yusep., 2012. *Analisis Produktivitas Alat-Alat Berat Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Antartika It Di Kawasan Industri Krakatau Steel, Cilegon*. Tugas Akhir. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Devita, P. Santoso, B, I., 1999. *Penentuan Jumlah Alat Berat yang Optimum dengan Metode Linear Programming*. Jurnal Teknik Sipil Untar.
- Gustiono, A., 2013. *Analisa Biaya Penggunaan Alat Berat*. Jurnal Tugas Akhir.
- Gafur, A. _ . *Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat pada Pelaksanaan Pematangan Lahan untuk Pembuatan Work Shop di Kabupaten Malinau pada Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Gustiono, A., 2013. *Analisa Biaya Penggunaan Alat Berat*. Jurnal Tugas Akhir.
- Syafriani, _ . *Evaluasi Penggunaan Alat-alat Berat Proyek Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Sei Rakyat – Labuhan Bilik – Sei Berombang Kecamatan Panai Tengah – Panai Hilir Kabupaten Labuhan Batu*. USU Jurnal. Medan.
- Sopa, M, R., 2013. *Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian Alat Berat Bulldozer dan Excavator Dibandingkan dengan Backhoe Loader pada Pembangunan Peternakan Ayam Dayeuh Manggung*. Jurnal Konstruksi. Sekolah Tinggi Teknologi Garut. Garut.
- Wisal, W, H., 2012. *Alokasi Kebutuhan Alat Berat pada Proyek Pelebaran Jalan A.P. Patterani Makassar*. Jurnal Universitas Hasanuddin Makassar.
- Zulkarnain., 2011. *Perhitungan Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Normalisasi Sungai Loa-Ala KM 1 Kecamatan Loa Janan Kukar*. Skripsi S-1, Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda (tidak diterbitkan).
- <http://iinsuryani99.wordpress.com/2013/01/31/lindo-dalam-matematika/>
- <http://usmcr010.blogspot.com/2014/08/tutorial-penggunaan-lindo.html>
- <http://desaharofah.blogspot.com/2014/12/software-lindo-linear-ineraktive.html>
- <http://ko2smath06.wordpress.com/2011/03/11/tutorial-penggunaan-lindo-linear-ineraktive-discrete-optimizer/>
- <http://alfiahtri.blogspot.com/2014/01/cara-menggunakan-software-lindo-pada.html>
- <http://murniatiinii.wordpress.com/2013/01/08/tutorial-lindo-linear-ineraktive-discrete-optimizer/>
- <http://riwutajeng.blogspot.com/2012/12/aplikasi-lindo.html>

<http://nurrdiana.blogspot.com/2014/01/lindo-linear-ineraktive-discrete.html>
<http://muhammadizzi.wordpress.com/2013/01/15/software-mathematic-lindo/>
<http://riikahandayani.wordpress.com/2013/01/14/lindo/>