Jurnal Mitra Teknik Sipil
Vol. 1, No. 1, Agustus 2018: hlm 72-81

OPTIMASI PENYEWAAN *DUMP TRUCK* PADA PROYEK X DI WILAYAH JAKARTA DENGAN METODE *LINEAR PROGRAMMING*

Setiadi Handokoe[1] dan Iwan B. Santoso[2]

[1]*Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S Parman No.1, Jakarta*
Email: handokoes@gmail.com
[2]*Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S Parman No.1 Jakarta*
Email: iwsantoso@hotmail.com

ABSTRAK

Saat ini, pembangunan gedung di wilayah Jakarta terus dilakukan karena pertumbuhan ekonomi yang begitu cepat. Dalam perkerjaan pembangunan, diperlukan pekerjaan penggalian tanah. Tanah yang digali perlu untuk dipindahkan ke tempat lain untuk tidak menggangu area lahan pekerjaaan. Salah satu alat yang dibutuhkan untuk memindahkan tanah dari satu tempat ke tempat lain yang berjarak jauh adalah *Dump Truck*. Studi ini menangani masalah pengoptimalan penyewaan *Dump Truck* untuk meminimalkan biaya sewa *Dump Truck*. Metode *Linear Programming* merupakan metode yang digunakan dalam mengoptimalkan penyewaan Dump Truck. Metode *Linear Programming* terdiri dari *decision variabel*, *objective function*, dan *constraint*. Penelitian menggunakan 10 perusahaan *Dump Truck* yang disewa untuk mengangkut tanah dengan 2 tipe kapasitas yang berbeda. Data tersebut diolah dengan menggunakan program LINGO untuk menentukan banyak *Dump Truck* yang digunakan dari perusahaan - perusahaan dan didapat harga termurah yang perlu dikeluarkan adalah Rp 3.183.989.000,-. Program LINGO ini membuktikan bahwa biaya yang diperoleh lebih efisien dengan mrnggunakan metode *Linear Programming* dibandingkan dengan cara memesan secara aktual di lapangan.

Kata kunci: *Dump Truck, Linear Programming,* Pengoptimalan, LINGO

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia terutama di wilayah Jakarta berkembang sangat pesat. Sebagian besar pembangunan tersebut menggunakan alat berat. Alat berat adalah faktor penting di dalam proyek-proyek konstruksi. Tujuan dari penggunaan alat berat adalah untuk memudahkan dalam mengerjakan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat (Kholil, 2012).

Seiring dengan berjalannya waktu, bidang transportasi mengalami banyak evolusi dari zaman ke zaman baik dari transportasi darat hingga udara. Alat transportasi darat yang memungkinkan pengendara dapat mengendarai alat transportasi tersebut secara mekanik seperti sepeda motor, mobil, bus, truk, dan alat transportasi darat lainnya. Salah satu alat transportasi darat yang berfungsi mendistribusikan barang ataupun jasa yaitu *Truck*. *Truck* dilengkapi dengan *Dump* (bak) untuk menampung muatan yang besar. *Dump* biasanya berbahan dasar kayu atau besi yang kuat untuk menampung banyaknya muatan (Beliana, et al, 2010).

Kenapa harus *Dump Truck*? Sepenting apakah alat berat ini? *Dump Truck* merupakan jenis alat berat yang sangat penting perannya dalam pertambangan, konstruksi, atau yang lainnya untuk efisiensi pekerjaan. Tanpa adanya alat berat ini, pemindahan tanah akan semakin sulit untuk dilakukan karena terbatasnya lahan pekerjaan untuk meletakkan tanah – tanah yang sudah digali. Banyak proyek – proyek yang mengunakan alat *Dump Truck* ini untuk mengangkut material dari sumbernya dan diangkut menuju tempat tertentu tersebut.

Untuk mempercepat pengerjaan, kontraktor bersikap untuk menyewa jasa *Dump Truck* kepada lebih dari 1 perusahaan. Hal ini dilakukan agar tidak menghambat pengerjaan galian yang harus diselesaikan untuk memperoleh volume yang sudah diharapkan agar tidak terjadi keterlambatan pada pekerjaan berikutnya.

Metode *Linear Programming* merupakan metode matematik dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimumkan keuntungan dan meminimumkan biaya program untuk mendapatkan hasil yang efisien. Dengan demikian, penggunaan metode ini diharapkan agar kontraktor dapat menentukan penyewaan *Dump Truck* yang tepat sehingga dapat meminimumkan biaya penyewaan.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan pembahasan pada bagian sebelumnya, masalah yang akan dijadikan bahan penelitian yaitu besarnya biaya yang perlu dikeluarkan untuk penyewaan *Dump Truck* pada proyek X.

Rumusan Masalah

Masalah yang ingin dipecahkan untuk melakukan optimasi adalah berapa jumlah *Dump Truck* yang akan disewa agar dapat mencapai target pemindahan volume tanah dengan biaya yang minimum.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan pembahasan dari latar belakang dan rumusan masalah pada bagian sebelumnya, maka tujuan dari dilakukan penelelitian ini adalah :

1. Mengetahui jumlah *Dump Truck* yang digunakan dalam pekerjaan pemindahan tanah dengan metode *linear programming*.
2. Mengetahui biaya sewa alat yang dihasilkan dari penggunaan *Dump Truck*.

Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah, maka ditetapkan beberapa batasan diantaranya :
1. Metode perhitungan yang digunakan adalah *linear programming* dengan program LINGO.
2. Penelitian dilakukan pada proyek X yang berada di wilayah Jakarta
3. Pengerjaan yang diteliti yaitu penyewaan *Dump Truck* dari proyek X agar diperoleh biaya yang minimum

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dump Truck

Menurut Maulidawati (2014), pengertian *Dump Truck* dilihat dari sisi teknik sipil adalah kendaraan yang digunakan untuk mengangkut bahan material seperti pasir, kerikil atau tanah untuk keperluan konstruksi. Isi muatannya diisikan oleh alat pemuat seperti *backhoe*, sedangkan untuk membongkar muatannya alat berat ini dapat bekerja sendiri dengan mengangkat bagian bak dengan menggunakan teknologi hidrolik. *Dump Truck* dilengkapi dengan bak terbuka yang dioperasikan dengan bantuan hidrolik pada bagian depan dari bak itu agar bisa diangkat keatas dan bagian belakang bak yang berfungsi sebagai engsel atau sumbu putar sehingga memungkinkan material yang diangkut bisa turun ke tempat yang diinginkan. *Dump Truck* biasa digunakan dalam industri pembangunan untuk memindahkan material hasil puing proyek ataupun material tanah. *Dump Truck* sangatlah efisien untuk pengangkutan jarak jauh

Klasifikasi *Dump Truck*

Menurut Maulidawati (2014), *Dump Truck* dapat diklasifikasikan berdasarkan faktor dan cara kerja yaitu sebagai berikut :

1. Ukuran, tipe mesin dan bahan bakar.
2. Jumlah roda, as dan cara penyetiran.
3. Metode pembongkaran muatan.
4. Kapasitas.
5. Sistem pembongkaran

Menurut Rostiyanti (2008), *Dump Truck* terdapat tiga jenis berdasarkan metode pembongkarannya yaitu sebagai berikut :

1. *Rear Dump*
   Rear Dump merupakan jenis *Dump Truck* yang memiliki cara pengosongan bak yang mana muatannya dibuang kebelakang dengan menggunakan hidraulik. *Rear Dump* terdiri dari dua jenis, yaitu *Rear Dump Truck* dan *Rear Dump Tractor Wagon*. Dari semua jenis truk, *Rear Dump Truck* adalah alat yang paling sering dipakai. Truk mempunyai kelebihan dibandingkan dengan *wagon* karena truk lebih kuat jika harus bergerak pada jalan menanjak. Cara kerja pembongkaran alat tipe ini adalah material dibongkar dengan cara menaikan bak bagian depan dengan sistem hidrolis. Ukuran bak truk jenis ini berkisar antara 25 sampai 250 ton.

2. *Side Dump Truck*
   Side Dump Truck merupakan jenis *Dump Truck* yang mengeluarkan material yang diangkutnya dengan menaikkan salah satu sisi bak ke samping. Saat pembongkaran material, perlu diperhatikannya distribusi material dalam bak. Karena kelebihan material pada salah satu sisi dapat menyebabkan terjadinya jungkir pada saat pembongkaran material. Pada kondisi dimana pembongkaran muatan dilakukan pada tempat yang sempit dan panjang, maka pemakaian *Side Dump Truck* merupakan pilihan yang tepat untuk digunakan.
3. *Bottom Dump Truck*
   Bottom Dump Truck adalah *semitrailer*. Material yang diangkut oleh *Bottom - Dump Tractor - Wagon* dikeluarkan melalui bagian bawah bak yang dapat dibuka di tengah-tengahnya. Pintu bak adalah sisi bagian bawah memanjang dari depan ke belakang. Pintu - pintu tersebut digerakkan secara hidrolis. *Bottom - Dump Tractor - Wagon* umumnya mengangkut material lepas seperti pasir, kerikil, batuan sedimen, lempung keras, dan lain- lain. Pembongkaran material dilakukan pada saat kendaraan bergerak. Kelandaian permukaan di mana alat tersebut digunakan sebaiknya kurang dari 5% karena bentuk dari alat tersebut tidak memungkinkan untuk daerah yang terjal dimana pembongkaran muatan dilakukan pada tempat yang sempit dan panjang maka pemakaian truk jenis ini merupakan pilihan yang tepat.

Sifat Kembang Susut Tanah

Volume dan kerapatan tanah secara umum mengalami perubahan-perubahan yang cukup besar apabila tanah itu digali, diangkut, diletakan, dan dipadatkan. Karena adanya perubahan volume pada kondisi tersebut, maka perlu diketahui dan ditetapkan adanya volume ditempat aslinya, dalam keadaaan lepas dan setelah dipadatkan, yang dimaksud dengan kembang susut tanah adalah perubahan baik berupa penambahan atau pengurangan volume tanah setelah diolah atau diubah dari bentuk asalnya. Volume pekerjaan tanah umumnya diukur dalam tiga kondisi:

1. Kondisi asli (*Bank Cubic Meter*/BCM), yaitu keadaan tanah yang masih sesuai dengan kondisi asli alamnya. Dalam keadaan ini butiran - butiran tanah masih terkonsolidasi dengan baik.
2. Kondisi lepas (*Loose Cubic Meter*/LCM), yaitu kondisi tanah sesudah mengalami gangguan atau telah tergali, misalnya keadaan tanah didepan *dozer blade* di atas *Dump Truck* dan di dalam *bucket*. Tanah yang telah tergali dari tempat asalnya ini akan mengalami perubahan volume, yaitu mengalami pengembangan tergantung dari jenis tanahnya seperti pada tabel 1. Hal ini diakibatkan oleh adanya penambahan rongga udara butir-butir tanah, sehingga volumenya menjadi besar. Besarnya penambahan volume tergantung dari faktor kembang tanah (*swelling factor*) yang besarnya dipengaruhi oleh jenis tanah. Volume dalam keadaan lepas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

   $$LCM = BCM + (\% SWELL \times BCM) \quad (1)$$

   Dengan LCM = Volume dalam kondisi lepas (m^3), BCM = Volume dalam kondisi asli (m^3) dan SWELL = Faktor kembang tanah (%)

Tabel 1. Faktor kembang pada beberapa jenis tanah

Jenis Tanah	Faktor SWELL
Pasir	5 – 10 %
Tanah Permukaan (Top *Soil*)	10 – 25 %
Tanah Biasa	20 – 45 %
Lempung (*Clay*)	30 – 50 %
Batu	50 – 60 %

3. Kondisi padat (*Solid Measure*/SM), yaitu kondisi tanah setelah ditimbun kembali dan diadakan usaha pemadatan. Perubahan volume pada keadaan ini terjadi karena adanya penyusutan rongga udara diantara partikel-partikel tanah tersebut. Besarnya volume dalam keadaan padat tergantung dari jenis tanah.

Program Linear (*Linear Programming*)

Van Den Broek (2017) menyatakan program linear merupakan teknik yang fleksibel yang dapat diterapkan pada banyak masalah di dunia nyata. Keuntungan utama pemrograman linear adalah pemodelan masalah bagaimana kita menerjemahkan masalah optimasi ke program linear yang dapat diolah secara efisien, apa variabel keputusan yang akan kita gunakan untuk mengkodekan solusi dari masalah, dan bagaimana kita bisa menulis ulang kendala masalah pada persamaan linier. Menurut Garg, K. T. N. (2008), program linear adalah masalah memaksimalkan atau meminimalkan fungsi linear pada sejumlah batasan linear. Menurut Assauri (1980), pengertian program linear ialah suatu teknik perencanaan yang dengan menggunakan model matematika dengan tujuan untuk menemukan kombinasi - kombinasi produk yang terbaik didalam menyusun suatu alokasi sumber daya yang terbatas guna untuk

mencapai tujuan yang digunakan dengan secara optimal. Secara umum, program linear dapat diartikan sebagai sebuah metode matematik untuk mencari pemecahan persoalan - persoalan yang timbul didalam perusahaan, yakni mencari keadaan yang optimal dengan cara memperhitungkan batasan yang ada. Menurut Taylor III, B. W. (1993), model dari *linear programming* mengandung beberapa komponen dan karakteristik yang umum. Model tersebut meliputi *decision variables, objective function*, dan *constraints*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

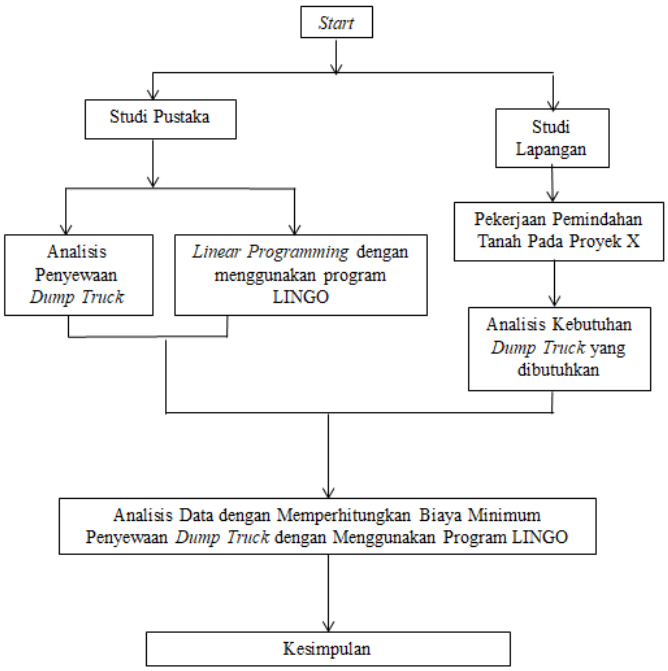
Tahapan – Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan tahapan penelitian dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Melakukan penyesuaian mengenai data – data yang didapat dengan data yang diperlukan untuk analisis.
2. Melakukan peringkasan data – data yang dibutuhkan untuk mempermudah pembacaan data.
3. Menentukan variabel keputusan (*decision variable*) dan dinyatakan dalam bentuk simbol.
4. Membuat fungsi tujuan (*objective function*) yang ingin dicapai (maksimalisasi atau minimalisasi) berdasarkan variabel keputusan yang telah dibuat.
5. Menentukan kendala masalah yang terdapat dalam data dan menuliskan bentuk persamaan atau pertidaksamaan berdasarkan variabel keputusan yang ada.
6. Melakukan pengolahan data menggunakan metode *linear programming* dengan bantuan program LINGO
7. Melakukan analisis data dengan membandingkan hasil dari optimasi menggunakan *linear programming* berdasarkan data aktual yang didapat dari perusahaan untuk menunjukkan perhitungan mana yang lebih baik.
8. Menarik kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis yang sudah dilakukan.

Kerangka Berpikir

Proses penelitian yang dilakukan dapat digambarkan melalui kerangka berpikir yang dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Kerangka Berpikir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Biaya Penyewaan *Dump Truck*

Biaya penyewaan adalah biaya yang digunakan untuk menyewa *Dump truck* dengan perhitungan banyaknya volume tanah yang ingin diangkut dan berapa banyak yang perlu disewa karena penyewaan dilakukan lebih dari 1 perusahaan *Dump truck*. Berikut ini adalah rincian harga penyewaan *Dump truck* dari tiap perusahaan :

1. Perusahaan A 20 m^3 = Rp 250.000 / rit
2. Perusahaan A 24 m^3 = Rp 315.000 / rit
3. Perusahaan B 20 m^3 = Rp 250.000 / rit
4. Perusahaan B 24 m^3 = Rp 320.000 / rit
5. Perusahaan C 20 m^3 = Rp 275.000 / rit
6. Perusahaan C 24 m^3 = Rp 345.000 / rit
7. Perusahaan D 20 m^3 = Rp 275.000 / rit
8. Perusahaan D 24 m^3 = Rp 345.000 / rit
9. Perusahaan E 20 m^3 = Rp 285.000 / rit
10. Perusahaan E 24 m^3 = Rp 350.000 / rit
11. Perusahaan F 20 m^3 = Rp 285.000 / rit
12. Perusahaan F 24 m^3 = Rp 350.000 / rit
13. Perusahaan G 20 m^3 = Rp 250.000 / rit
14. Perusahaan G 24 m^3 = Rp 345.000 / rit
15. Perusahaan H 20 m^3 = Rp 285.000 / rit
16. Perusahaan H 24 m^3 = Rp 350.000 / rit
17. Perusahaan I 20 m^3 = Rp 285.000 / rit
18. Perusahaan I 24 m^3 = Rp 350.000 / rit
19. Perusahaan J 20 m^3 = Rp 285.000 / rit
20. Perusahaan J 24 m^3 = Rp 350.000 / rit

Perhitungan Biaya Kebutuhan Solar

Biaya ini adalah biaya yang berasal dari lamanya penggunaan kendaraan selama digunakan. Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan biaya ini adalah harga solar per liter dikali dengan konsumsi solar dikali dengan jumlah jam kerja per hari dikali jumlah hari. Berikut ini adalah rincian mengenai kebutuhan solar pada kendaraan *Dump Truck* :

Jarak yang ditempuh mobil *Dump Truck* dari proyek ke pembuangan ± 30 km
Penggunaan untuk *Dump Truck* berkapasitas 20 m3 rata - rata 8 liter/jam
Penggunaan untuk *Dump Truck* berkapastias 24 m3 rata - rata 9 liter/jam
Harga solar per liter = Rp 5.150 / liter
Biaya untuk kebutuhan solar *Dump Truck* berkapasitas 20 m3 :
Rp 5.150 /liter x 8 liter/jam x 10 jam = Rp 412.000
Biaya untuk kebutuhan solar *Dump Truck* berkapasitas 24 m3 :
Rp 5.150 /liter x 9 liter/jam x 10 jam = Rp 463.500

Perhitungan Biaya Untuk Operator

Biaya untuk operator per jam = Rp 20.000 / jam
Maka, biaya operator untuk 1 mobil adalah:
Rp 20.000 / jam x 10 jam = Rp 200.000

Perhitungan Biaya Total Penyewaan *Dump Truck*

Jika ditotal keseluruhan biaya yang dikeluarkan, maka rincian total harga penyewaan *Dump Truck* dari tiap perusahaan adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan A 20 m^3 = Rp 862.000
2. Perusahaan A 24 m^3 = Rp 978.500
3. Perusahaan B 20 m^3 = Rp 862.000
4. Perusahaan B 24 m^3 = Rp 983.500
5. Perusahaan C 20 m^3 = Rp 887.000
6. Perusahaan C 24 m^3 = Rp 1.008.500
7. Perusahaan D 20 m^3 = Rp 887.000
8. Perusahaan D 24 m^3 = Rp 1.008.500
9. Perusahaan E 20 m^3 = Rp 897.000
10. Perusahaan E 24 m^3 = Rp 1.013.500
11. Perusahaan F 20 m^3 = Rp 897.000
12. Perusahaan F 24 m^3 = Rp 1.013.500
13. Perusahaan G 20 m^3 = Rp 862.000
14. Perusahaan G 24 m^3 = Rp 1.008.500
15. Perusahaan H 20 m^3 = Rp 897.000
16. Perusahaan H 24 m^3 = Rp 1.013.500
17. Perusahaan I 20 m^3 = Rp 897.000
18. Perusahaan I 24 m^3 = Rp 1.013.500
19. Perusahaan J 20 m^3 = Rp 897.000
20. Perusahaan J 24 m^3 = Rp 1.013.500

Pemodelan *Linear Programming*

Berikut ini merupakan pemodelan penyewaan *Dump Truck* dalam bentuk *linear programming* :

1. Decision Variabel
Berikut adalah *decision variable* yang digunakan untuk penyewaan *Dump Truck* tiap perusahaan sebagai berikut :

a. $DA_{1\text{-}12\ 1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
b. $DA_{1\text{-}12\ 2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 - 12
c. $DB_{1\text{-}12\ 1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
d. $DB_{1\text{-}12\ 2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 - 12
e. $DC_{1\text{-}12\ 1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan C kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
f. $DC_{1\text{-}12\ 2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan C kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 - 12

g. $DD_{1\text{-}12\,1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan D kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
h. $DD_{1\text{-}12\,2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan D kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 – 12
i. $DE_{1\text{-}12\,1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan E kapasitas 20 m^3 minggu ke 1- 12
j. $DE_{1\text{-}12\,2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan E kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 - 12
k. $DF_{1\text{-}12\,1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan F kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
l. $DF_{1\text{-}12\,2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan F kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 - 12
m. $DG_{1\text{-}12\,1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
n. $DG_{1\text{-}12\,2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 - 12
o. $DH_{1\text{-}12\,1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan H kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
p. $DH_{1\text{-}12\,2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan H kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 - 12
q. $DI_{1\text{-}12\,1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan I kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
r. $DI_{1\text{-}12\,2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan I kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 - 12
s. $DJ_{1\text{-}12\,1}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan J kapasitas 20 m^3 minggu ke 1 - 12
t. $DJ_{1\text{-}12\,2}$ = Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan J kapasitas 24 m^3 minggu ke 1 – 12

2. Objective Function

Objective Function dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan biaya penyewaan *Dump Truck* dengan memperhitungkan jumlah volume tanah yang akan diangkut, kapasitas mobil *Dump Truck* yang tersedia, dan waktu kerja *Dump Truck* yang beroperasi

Minimize Z = (862 x DA1-12 1) + (978.5 x DA1-12 2) + (862 x DB1-12 1) + (983.5 x DB1-12 2) + (887 x DC1-12 1) + (1008.5 x DC1-12 2) + (887 x DD1-12 1) + (1008.5 x DD1-12 2) + (897 x DE1-12 1) + (1013.5 x DE1-12 2) + (897 x DF1-12 1) + (1013.5 x DF1-12 2) + (862 x DG1-12 1) + (1008.5 x DG1-12 2) + (897 x DH1-12 1) + (1013.5 x DH1-12 2) + (897 x DI1-12 1) + (1013.5 x DI1-12 2) + (897 x DJ1-12 1) + (1013.5 x DJ1-12 1)

3. Constraint

Constraint yang dibutuhkan agar *linear programming* mendapatkan hasil yang direncanakan adalah sebagai berikut:

Constraint untuk volume tanah yang diangkut

a. 20 DA11 + 24 DA12 + 20 DB11 + 24 DB12 + 20 DC11 + 24 DC12 + 20 DD11 + 24 DD12 + 20 DE11 + 24 DE12 + 20 DF11 + 24 DF12 + 20 DG11 + 24 DG12 + 20 DH11 + 24 DH12 + 20 DI11 + 24 DI12 + 20 DJ11 + 24 DJ12 ≥ 6420
b. 20 DA21 + 24 DA22 + 20 DB21 + 24 DB22 + 20 DC21 + 24 DC22 + 20 DD21 + 24 DD22 + 20 DE21 + 24 DE22 + 20 DF21 + 24 DF22 + 20 DG21 + 24 DG22 + 20 DH21 + 24 DH22 + 20 DI21 + 24 DI22 + 20 DJ21 + 24 DJ22 ≥ 6420
c. 20 DA31 + 24 DA32 + 20 DB31 + 24 DB32 + 20 DC31 + 24 DC32 + 20 DD31 + 24 DD32 + 20 DE31 + 24 DE32 + 20 DF31 + 24 DF32 + 20 DG31 + 24 DG32 + 20 DH31 + 24 DH32 + 20 DI31 + 24 DI32 + 20 DJ31 + 24 DJ32 ≥ 3210
d. 20 DA41 + 24 DA42 + 20 DB41 + 24 DB42 + 20 DC41 + 24 DC42 + 20 DD41 + 24 DD42 + 20 DE41 + 24 DE42 + 20 DF41 + 24 DF42 + 20 DG41 + 24 DG42 + 20 DH41 + 24 DH42 + 20 DI41 + 24 DI42 + 20 DJ41 + 24 DJ42 ≥ 4200
e. 20 DA51 + 24 DA52 + 20 DB51 + 24 DB52 + 20 DC51 + 24 DC52 + 20 DD51 + 24 DD52 + 20 DE51 + 24 DE52 + 20 DF51 + 24 DF52 + 20 DG51 + 24 DG52 + 20 DH51 + 24 DH52 + 20 DI51 + 24 DI52 + 20 DJ51 + 24 DJ52 ≥ 7490
f. 20 DA61 + 24 DA62 + 20 DB61 + 24 DB62 + 20 DC61 + 24 DC62 + 20 DD61 + 24 DD62 + 20 DE61 + 24 DE62 + 20 DF61 + 24 DF62 + 20 DG61 + 24 DG62 + 20 DH61 + 24 DH62 + 20 DI61 + 24 DI62 + 20 DJ61 + 24 DJ62 ≥ 5350
g. 20 DA71 + 24 DA72 + 20 DB71 + 24 DB72 + 20 DC71 + 24 DC72 + 20 DD71 + 24 DD72 + 20 DE71 + 24 DE72 + 20 DF71 + 24 DF72 + 20 DG71 + 24 DG72 + 20 DH71 + 24 DH72 + 20 DI71 + 24 DI72 + 20 DJ71 + 24 DJ72 ≥ 4280
h. 20 DA81 + 24 DA82 + 20 DB81 + 24 DB82 + 20 DC81 + 24 DC82 + 20 DD81 + 24 DD82 + 20 DE81 + 24 DE82 + 20 DF81 + 24 DF82 + 20 DG81 + 24 DG82 + 20 DH81 + 24 DH82 + 20 DI81 + 24 DI82 + 20 DJ81 + 24 DJ82 ≥ 5870
i. 20 DA91 + 24 DA92 + 20 DB91 + 24 DB92 + 20 DC91 + 24 DC92 + 20 DD91 + 24 DD92 + 20 DE91 + 24 DE92 + 20 DF91 + 24 DF92 + 20 DG91 + 24 DG92 + 20 DH91 + 24 DH92 + 20 DI91 + 24 DI92 + 20 DJ91 + 24 DJ92 ≥ 8480
j. 20 DA101 + 24 DA102 + 20 DB101 + 24 DB102 + 20 DC101 + 24 DC102 + 20 DD101 + 24 DD102 + 20 DE101 + 24 DE102 + 20 DF101 + 24 DF102 + 20 DG101 + 24 DG102 + 20 DH101 + 24 DH102 + 20 DI101 + 24 DI102 + 20 DJ101 + 24 DJ102 ≥ 8480

k. 20 DA111 + 24 DA112 + 20 DB111 + 24 DB112 + 20 DC111 + 24 DC112 + 20 DD111 + 24 DD112 + 20 DE111 + 24 DE112 + 20 DF111 + 24 DF112 + 20 DG111 + 24 DG112 + 20 DH111 + 24 DH112 + 20 DI111 + 24 DI112 + 20 DJ111 + 24 DJ112 ≥ 8480

l. 20 DA121 + 24 DA122 + 20 DB121 + 24 DB122 + 20 DC121 + 24 DC122 + 20 DD121 + 24 DD122 + 20 DE121 + 24 DE122 + 20 DF121 + 24 DF122 + 20 DG121 + 24 DG122 + 20 DH121 + 24 DH122 + 20 DI121 + 24 DI122 + 20 DJ121 + 24 DJ122 ≥ 8480

Constraint untuk jumlah *Dump Truck* yang tersedia

DA11 ≤ 67	DA21 ≤ 80	DA31 ≤ 71	DA41 ≤ 73
DA12 ≤ 116	DA22 ≤ 105	DA32 ≤ 67	DA42 ≤ 77
DB11 = 0	DB21 = 0	DB31 = 0	DB41 ≤ 4
DB12 = 0	DB22 ≤ 46	DB32 = 0	DB42 ≤ 24
DC11 = 0	DC21 = 0	DC31 ≤ 3	DC41 = 0
DC12 = 0	DC22 ≤ 31	DC32 ≤ 8	DC42 = 0
DD11 = 0	DD21 = 0	DD31 = 0	DD41 = 0
DD12 = 0	DD22 = 0	DD32 = 0	DD42 = 0
DE11 = 0	DE21 = 0	DE31 = 0	DE41 = 0
DE12 = 0	DE22 = 0	DE32 = 0	DE42 = 0
DF11 = 0	DF21= 0	DF31 = 0	DF41 = 0
DF12 = 0	DF22 ≤ 18	DF32 = 0	DF42 = 0
DG11 = 0	DG21 = 0	DG31 ≤ 3	DG41 = 0
DG12 ≤ 90	DG22 ≤ 32	DG32 ≤ 4	DG42 ≤ 4
DH11 = 0	DH21 = 0	DH31 = 0	DH41 = 0
DH12 ≤ 4	DH22 ≤ 14	DH32 ≤ 10	DH42 = 0
DI11 = 0	DI21 = 0	DI31 = 0	DI41 = 0
DI12 ≤ 2	DI22 ≤ 1	DI32 = 0	DI42 = 0
DJ11 = 0	DJ21 = 0	DJ31 = 0	DJ41 = 0
DJ12 = 0	DJ22 ≤ 5	DJ32 = 0	DJ42 = 0

DA51 ≤ 180	DA61 ≤ 152	DA71 ≤ 139	DA81 ≤ 166
DA52 ≤ 162	DA62 ≤ 97	DA72 ≤ 52	DA82 ≤ 78
DB51 = 0	DB61 = 0	DB71 = 0	DB81 = 0
DB52 ≤ 69	DB62 ≤ 9	DB72 = 0	DB82 = 0
DC51 = 0	DC61 = 0	DC71 = 0	DC81 = 0
DC52 = 0	DC62 = 0	DC72 = 0	DC82 = 0
DD51 = 0	DD61 = 0	DD71 = 0	DD81 = 0
DD52 = 0	DD62 = 0	DD72 = 0	DD82 = 0
DE51 = 0	DE61 = 0	DE71 = 0	DE81 = 0
DE52 = 0	DE62 = 0	DE72 = 0	DE82 = 0
DF51 = 0	DF61 = 0	DF71 = 0	DF81 = 0
DF52 = 0	DF62 = 0	DF72 = 0	DF82 = 0
DG51 = 0	DG61 = 0	DG71 = 0	DG81 = 0
DG52 ≤ 11	DG62 = 0	DG72 ≤ 22	DG82 ≤ 35
DH51 = 0	DH61 = 0	DH71 = 0	DH81 = 0
DH52 = 0	DH62 = 0	DH72 = 0	DH82 = 0
DI51 = 0	DI61 = 0	DI71 = 0	DI81 = 0
DI52 = 0	DI62 = 0	DI72 = 0	DI82 = 0
DJ51 = 0	DJ61 = 0	DJ71 = 0	DJ81 = 0
DJ52 = 0	DJ62 = 0	DJ72 = 0	DJ82 = 0

DA91 ≤ 212	DA101 ≤ 236	DA111 ≤ 241	DA121 ≤ 227
DA92 ≤ 100	DA102 ≤ 97	DA112 ≤ 158	DA122 ≤ 76
DB91 = 0	DB101 = 0	DB111 = 0	DB121 ≤ 5
DB92 = 0	DB102 = 0	DB112 = 0	DB122 ≤ 87
DC91 = 0	DC101 = 0	DC111 = 0	DC121 = 0
DC92 = 0	DC102 = 0	DC112 = 0	DC122 ≤ 31
DD91 = 0	DD101 = 0	DD111 = 0	DD121 = 0
DD92 ≤ 9	DD102 < 61	DD112 ≤ 2	DD122 = 0
DE91 = 0	DE101 = 0	DE111 = 0	DE121 = 0

DE92 = 0	DE102 ≤ 6	DE112 = 0	DE122 ≤ 6
DF91 = 0	DF101 = 0	DF111 = 0	DF121 = 0
DF92 = 0	DF102 = 0	DF112 = 0	DF122 = 0
DG91 ≤ 21	DG101 = 0	DG111 = 0	DG121 ≤ 13
DG92 ≤ 89	DG102 ≤ 35	DG112 ≤ 8	DG122 ≤ 17
DH91 = 0	DH101 = 0	DH111 = 0	DH121 = 0
DH92 = 0	DH102 = 0	DH112 = 0	DH122 = 0
DI91 = 0	DI101 = 0	DI111 = 0	DI121 = 0
DI92 = 0	DI102 = 0	DI112 = 0	DI122 = 0
DJ91 = 0	DJ101 = 0	DJ111 = 0	DJ121 = 0
DJ92 = 0	DJ102 = 0	DJ112 = 0	DJ122 = 0

Constraint untuk waktu beroperasi

a. 15 DA11 + 15 DA12 + 15 DB11 + 15 DB12 + 15 DC11 + 24 DC12 + 15 DD11 + 15 DD12 + 15 DE11 + 15 DE12 + 15 DF11 + 15 DF12 + 15 DG11 + 15 DG12 + 15 DH11 + 15 DH12 + 15 DI11 + 24 DI12 + 15 DJ11 + 15 DJ12 ≤ 5880
b. 15 DA21 + 15 DA22 + 15 DB21 + 15 DB22 + 15 DC21 + 15 DC22 + 15 DD21 + 15 DD22 + 15 DE21 + 15 DE22 + 15 DF21 + 15 DF22 + 15 DG21 + 15 DG22 + 15 DH21 + 15 DH22 + 15 DI21 + 15 DI22 + 15 DJ21 + 15 DJ22 ≤ 5880
c. 15 DA31 + 15 DA32 + 15 DB31 + 15 DB32 + 15 DC31 + 15 DC32 + 15 DD31 + 15 DD32 + 15 DE31 + 15 DE32 + 15 DF31 + 15 DF32 + 15 DG31 + 15 DG32 + 15 DH31 + 15 DH32 + 15 DI31 + 15 DI32 + 15 DJ31 + 15 DJ32 ≤ 5880
d. 15 DA41 + 15 DA42 + 15 DB41 + 15 DB42 + 15 DC41 + 15 DC42 + 15 DD41 + 15 DD42 + 15 DE41 + 15 DE42 + 15 DF41 + 15 DF42 + 15 DG41 + 15 DG42 + 15 DH41 + 15 DH42 + 15 DI41 + 15 DI42 + 15 DJ41 + 15 DJ42 ≤ 5880
e. 15 DA51 + 15 DA52 + 15 DB51 + 15 DB52 + 15 DC51 + 15 DC52 + 15 DD51 + 15 DD52 + 15 DE51 + 15 DE52 + 15 DF51 + 15 DF52 + 15 DG51 + 15 DG52 + 15 DH51 + 15 DH52 + 15 DI51 + 15 DI52 + 15 DJ51 + 15 DJ52 ≤ 5880
f. 15 DA61 + 15 DA62 + 15 DB61 + 15 DB62 + 15 DC61 + 15 DC62 + 15 DD61 + 15 DD62 + 15 DE61 + 15 DE62 + 15 DF61 + 15 DF62 + 15 DG61 + 15 DG62 + 15 DH61 + 15 DH62 + 15 DI61 + 15 DI62 + 15 DJ61 + 15 DJ62 ≤ 5880
g. 15 DA71 + 15 DA72 + 15 DB71 + 15 DB72 + 15 DC71 + 15 DC72 + 15 DD71 + 15 DD72 + 15 DE71 + 15 DE72 + 15 DF71 + 15 DF72 + 15 DG71 + 15 DG72 + 15 DH71 + 15 DH72 + 15 DI71 + 15 DI72 + 15 DJ71 + 15 DJ72 ≤ 5880
h. 15 DA81 + 15 DA82 + 15 DB81 + 15 DB82 + 15 DC81 + 15 DC82 + 15 DD81 + 15 DD82 + 15 DE81 + 15 DE82 + 15 DF81 + 15 DF82 + 15 DG81 + 15 DG82 + 15 DH81 + 15 DH82 + 15 DI81 + 15 DI82 + 15 DJ81 + 15 DJ82 ≤ 5880
i. 15 DA91 + 15 DA92 + 15 DB91 + 15 DB92 + 15 DC91 + 15 DC92 + 15 DD91 + 15 DD92 + 15 DE91 + 15 DE92 + 15 DF91 + 15 DF92 +15 DG91 + 15 DG92 + 15 DH91 + 15 DH92 + 15 DI91 + 15 DI92 +15 DJ91 + 15 DJ92 ≤ 5880
j. 15 DA101 + 15 DA102 + 15 DB101 + 15 DB102 + 15 DC101 + 15 DC102 + 15 DD101 + 15 DD102 + 15 DE101 + 15 DE102 + 15 DF101 + 15 DF102 + 15 DG101 + 15 DG102 + 15 DH101 + 15 DH102 + 15 DI101 + 15 DI102 + 15 DJ101 + 15 DJ102 ≤ 5880
k. 15 DA111 + 15 DA112 + 15 DB111 + 15 DB112 + 15 DC111 + 15 DC112 + 15 DD111 + 15 DD112 + 15 DE111 + 15 DE112 + 15 DF111 + 15 DF112 + 15 DG111 + 15 DG112 + 15 DH111 + 15 DH112 + 15 DI111 + 15 DI112 + 15 DJ111 + 15 DJ112 ≤ 5880
l. 15 DA121 + 15 DA122 + 5 DB121 + 15 DB122 + 15 DC121 + 15 DC122 + 15 DD121 + 15 DD122 + 15 DE121 + 15 DE122 + 15 DF121 + 15 DF122 + 20 DG121 + 15 DG122 + 15 DH121 + 15 DH122 + 15 DI121 + 15 DI122 + 15 DJ121 + 15 DJ122 ≤ 5880

Hasil Nilai Optimasi

Berdasarkan hasil pengolahan data yang didapat dari program LINGO, didapat total biaya penyewaan *Dump Truck* sebesar Rp 3.183.989.000,- selama 12 minggu. Hasil optimasi jumlah kendaraan yang dibutuhkan selama 12 minggu adalah sebagai berikut :

1. Minggu ke - 1
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 25
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 116

Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B 24 m3 = 35
Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 90
Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan H 24 m3 = 4
Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan I 24 m3 = 2

2. Minggu ke - 2
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 19
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 105
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B 24 m3 = 46
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan C 24 m3 = 31
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan F 24 m3 = 18
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 32
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan H 24 m3 = 14
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan I 24 m3 = 1
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan J 24 m3 = 5

3. Minggu ke - 3
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 54
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 67
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan C 24 m3 = 8
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 4
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan H 24 m3 = 10

4. Minggu ke - 4
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 73
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 77
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B 20 m3 = 4
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B 24 m3 = 24
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 4

5. Minggu ke - 5
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 31
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 162
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B 24 m3 = 69
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 11

6. Minggu ke - 6
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 144
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 97
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B 24 m3 = 9

7. Minggu ke - 7
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 126
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 52
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 22

8. Minggu ke - 8
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 158
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 78
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 35

9. Minggu ke - 9
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 187
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 100
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan D 24 m3 = 9
   Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 89

10. Minggu ke - 10
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 186
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 97
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan D 24 m3 = 61
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan E 24 m3 = 6
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 35

11. Minggu ke - 11
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 232
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 158
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 2
12. Minggu ke - 12
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 20 m3 = 214
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan A 24 m3 = 76
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B 20 m3 = 5
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan B 24 m3 = 84
    Jumlah *Dump Truck* yang dibutuhkan dari perusahaan G 24 m3 = 13

5. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil dari perhitungan program *linear programming*, didapat biaya yang harus dikeluarkan selama 3 bulan adalah sebesar Rp 3.183.989.000,-. Dengan menggunakan metode *linear programming*, lebih didahulukan *Dump Truck* yang berkapasitas besar walaupun berharga mahal dibandingkan yang berkapasitas kecil.
2. Dari hasil dari program LINGO, didapat jumlah kendaraan total selama 12 minggu sebagai berikut :
   a. Total kendaraan minggu ke – 1 : 272
   b. Total kendaraan minggu ke – 2 : 271
   c. Total kendaraan minggu ke – 3 : 143
   d. Total kendaraan minggu ke – 4 : 182
   e. Total kendaraan minggu ke – 5 : 273
   f. Total kendaraan minggu ke – 6 : 250
   g. Total kendaraan minggu ke – 7 : 200
   h. Total kendaraan minggu ke – 8 : 271
   i. Total kendaraan minggu ke – 9 : 374
   j. Total kendaraan minggu ke – 10 : 385
   k. Total kendaraan minggu ke – 11 : 392
   l. Total kendaraan minggu ke – 12 : 392
3. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Linear Programming*, didapatkan biaya yang lebih efisien dibandingkan cara memesan secara aktual di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Assauri, S. 1980. Aljabar Linear Dasar Ekonometri. Bina Pustaka.

Beliana, A.M. Kusnedar, J. dan Wardani, M. 2010. Aplikasi Pencatatan Pemesanan Dump Truck Studi Kasus CV Robery Jaya Abadi.

Garg, K. T. N. 2008. Lecture Notes : Linear Programming and Duality Theorem. Indian Institute of Tehcnology Delhi.

Kholil, A. 2012. Alat Berat. Remaja Rosdakarya.

Maulidawati, G. 2014. Alat Berat *Dump Truck*. Politeknik Negeri Bandung.

Rostiyanti, S.F. 2008. Alat Berat Untuk Proses Konstruksi. Vol II. Rineka Cipta, Jakarta.

Taylor III, B.W. 2013. Introduction to Management Science 11th edition, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia.

Van Den Broek, R 2017. *Lecture Notes on Integer Linear Programming*. Utrecht University, Netherland