

SKRIPSI

**ANALISA PENGADAAN MATERIAL TANAH DENGAN
MENGUNAKAN PROGRAM LINIEK DALAM PROYEK
PEMBANGUNAN BENDUNGAN MARANGKAYU**



Disusun Oleh :

REZA WIDIARTO

02.21.092

JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2011

SECRET

AMERICAN PEOPLE'S DEFENSE COMMITTEE
INTERNATIONAL DEFENSE COMMITTEE
UNITED STATES DEFENSE COMMITTEE

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENGADAAN MATERIAL TANAH DENGAN
MENGUNAKAN PROGRAM LINIER DALAM PROYEK
PEMBANGUNAN BENDUNGAN MARANGKAYU**

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Meraih gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

REZA WIDIARTO

02.21.092

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



(Ir. H. Edi Hargono D.P, MS)

Dosen Pembimbing II



(Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT)

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)



(Ir. H. Hirijanto, MT)

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2011

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PENGADAAN MATERIAL TANAH DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM
LINIER DALAM PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN MARANGKAYU**

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Rabu

Tanggal : 24 Agustus 2011

Dan Diterima Untuk Memenuhi Gelar Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik.

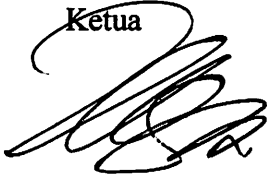
Disusun Oleh:

REZA WIDIARTO

02.21.092

Disahkan Oleh:

Ketua



(Ir.H. Hirijanto, MT)

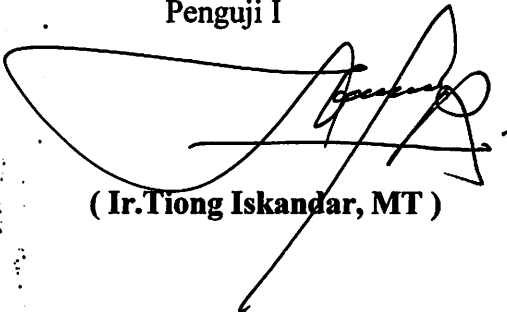
Sekretaris



(Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT)

Anggota Penguji:

Penguji I



(Ir. Tiong Iskandar, MT)

Penguji II



(Ir.H. Ibnu Hidayat, MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL (S-1)

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2011

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama :Reza Widiarto
Nim :02.21.092
Program Studi :Teknik Sipil (S-1)
Fakultas :Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya dengan judul:

“Analisa Pengadaan Material Tanah Dengan Menggunakan Program Linier Dalam Proyek Pembangunan Bendungan Marangkayu” adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 10 September 2011

Yang Membuat Pernyataan

METERAI
TEMPEL

PAJAK MENDIRIKAN BANGSA
TGL.
ASC16AAF876824447
REZA WIDIARTO

6000

DJP

(Reza Widiarto)

ABSTRAKSI

Reza Widiarto, 02.21.092. “ *Analisa Pengadaan Material Tanah Dengan Menggunakan Program Linier Dalam Proyek Pembangunan Bendungan Marangkayu*” Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Pembimbing I : Ir. H. Edi Hargono D.P, MS . Pembimbing II: Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT.

Dalam suatu proyek pengadaan material, ketepatan waktu penyelesaian suatu proyek dan kontinuitas volume pekerjaan yang dihasilkan memegang peranan penting untuk penerapan manajemen bahan baku/material dalam suatu proyek hingga mencapai optimum, serta teknik pengendalian biaya dengan menganalisa suatu fungsi terhadap nilainya dengan alternatif penekanan biaya serendah-rendahnya merupakan usaha yang dilakukan tanpa mengurangi kualitas yang diinginkan.

Dalam analisa pengadaan material pekerjaan tanah timbunan dilakukan pada Proyek Pembangunan Bendungan Marangkayu Kalimantan Timur dilakukan penerapan Program Linier pada pekerjaan tanah timbunan dengan perhitungan metode yang digunakan adalah: Metode Simplex serta sebagai solusi pengganti dapat menggunakan program komputer LINDO yang dapat memudahkan dalam memecahkan persamaan program linier dengan lebih cepat dan benar.

Berdasarkan hasil analisa pengadaan material pekerjaan tanah timbunan diperoleh hasil nilai optimum $Z \text{ min} = \text{Rp } 98,958,333,750.-$ dan untuk nilai alokasi material fungsi (variabel x_3) = $885416.687500 \text{ m}^3$ dan (variabel x_4) = $364583,3125 \text{ m}^3$, sedangkan nilai alokasi material fungsi (variabel x_1) = 0 m^3 dan (variabel x_2) = 0 m^3 .

Kata Kunci : Optimisasi, Material.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
JL. BEND. SIGURA-GURA NO.2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Reza Widiarto (02.21.092)
Jurusan : T. Sipil S-1
Pembimbing : Ir. H. Edi Hargono D. P, MS
Judul Tugas Akhir : Analisa Pengadaan Material Bangunan Dengan Menggunakan Program Linier Dalam Proyek Pembangunan Bendungan Marangkayu

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	12 2 '11	- literatur referensi - Rumus volume Bangunan - langkah mencari pola untuk cara 3.5 penyelesaian - Menentukan metode penyelesaian dengan cara LP.	
	22 2 '11	Bab II tabelan metode penyelesaian dengan Bab III tabelan langkah penyelesaian dengan sugutan bab II	

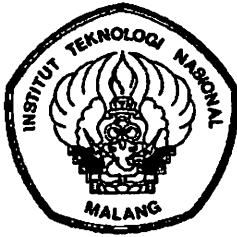


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
JL. BEND. SIGURA-GURA NO.2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	6 J '11	<p>Sub I</p> <p>Troubleshooting teori simplex</p> <p>Sub II</p> <p>Uraian bus search & run of dilakukan pada Sub II</p> <p>Sub III</p> <p>Persepsi perubahan daya material dituntut pada pada tiap group.</p> <p>Persepsi fungsi busdala</p> <p>Storing busbar; jd Sub III</p> <p>halnya ditgallah pd Sub III</p>	
	18 J '11	<p>Sub I</p> <p>Troubleshooting Sub III 3.3.1</p> <p>Analisa tenaga material & busbar</p> <p>Persepsi pemertan konstanta Fungsi transmisi bus busdala</p>	

- Persepsi saluran / proses
 dalam pemindahan stock
 variabel / Surplus variabel dan
 artificial variabel.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
JL. BEND. SIGURA-GURA NO.2
MALANG

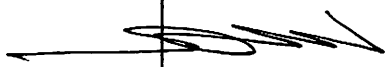

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

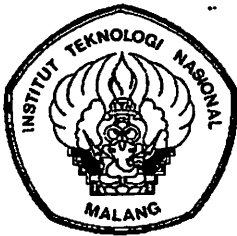
NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	5 '11	<p>Bab IV</p> <ul style="list-style-type: none">- Perbitan soal studi- soal mengenai ti konkrit- tugas perbitan disoftwar di tempelJawab dan outputperbitan saja sebagaidi lampiran	
6 6	'11	<ul style="list-style-type: none">- bab III diwarnai diBab IV struktur logikaterbaca kriteria dankegiatan di dalam gambardi paper.- bab IV terdapatpenjel tabel / lampirandi terbit di perbitandan soal.- perbitan ke tabel 4.2	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
JL. BEND. SIGURA-GURA NO.2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	15 6 '11	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki rumus masalah- PMB II Tambahan landasan teori Utk pelayan tamban tanah (Diat Diat)- Baku- Perbaiki data input- Hitz Ulay- Perbaiki pen bahasan- Perbaiki kompulan	Maka Lina 
	25 6 '11	ke slinter hoil	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
JL. BEND. SIGURA-GURA NO.2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Reza Widiarto (02.21.092)
Jurusan : T. Sipil S-1
Pembimbing : Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT
Judul Tugas Akhir : Analisa Pengadaan Material Bangunan Dengan Menggunakan Program Linier Dalam Proyek Pembangunan Bendungan Marangkayu

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	27/02	pekerja y persta -	af
	26/02	trial kerja pekerja	af
		- Alas. diada jal part fin bel bel di arkat.	af
		- bab II tabel & beri ket & ats tabel	af
		- penjadw LINDO	af
		penjadw LINDO bab II, IV	af

partik beban
 A/c LINDO bagian af

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dan atas berkat, rahmat dan hidayahNya, sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) ITN Malang.

Dalam menyelesaikan laporan ini kami dibantu oleh beberapa pihak, dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Agus Santoso, MT., selaku Dekan FTSP.
3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.
4. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sipil S-1.
5. Bapak Ir. Tiong Iskandar, MT., selaku Dosen Koordinator Bidang Manajemen Konstruksi.
6. Bapak Ir. H. Edi Hargono D. P, MS., selaku dosen pembimbing I.
7. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT., selaku dosen pembimbing II.
8. Teman-teman di jurusan teknik yang telah membantu dan juga seseorang yang selalu memberikan dukungan (Kokokara hajimare, ichido mo ushiro wo furikaerazu ni).

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Harapan penulis semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Agustus 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
LEMBAR PERSETUJUAN	II
LEMBAR PENGESAHAN	III
LEMBAR KEASLIAN	IV
ABSTRAKSI	V
LEMBAR ASISTENSI	VI
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR TABEL	IX
DAFTAR GAMBAR	X
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Umum	4
2.2. Pengadaan	5
2.3. Waktu Pelaksanaan Proyek	5
2.4. Pekerjaan Timbunan Tanah	6
2.4.1. Material-material Timbunan Yang Digunakan Terdiri Dari.....	6
2.4.2. Alat Yang Digunakan Dalam Pekerjaan Timbunan	8
2.5. Pembiayaan Proyek	15
2.6. Pemilihan Tempat Pengadaan Bahan	18
2.7. Metode Riset Operasional	19
2.7.1. Sejarah Singkat Perkembangan Penelitian Operasional	20
2.7.2. <i>Linear Programming</i>	21
2.7.2.1. Pengertian Umum	21
2.7.2.2. Model Persamaan Program Linier	23

2.7.2.3. Solusi <i>Linear Programming</i> Dengan Metode Simplex ...	26
2.7.2.4. Solusi <i>Linear Programming</i> Dengan Software LINDO ...	28
BAB III METODOLOGI STUDI	37
3.1. Data-data Teknis Proyek	37
3.2. Pengumpulan data	41
3.3. Metode Analisa Data	41
3.3.1. Analisa Harga Material Timbunan	41
3.3.2. Menetapkan Fungsi Tujuan dan Kendala	44
3.3.3. Penyelesaian <i>Linear Programming</i> Dengan Metode Simplex ...	46
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	54
4.1. Komposisi Material Timbunan	54
4.1.1. Komposisi Material Timbunan Menggunakan Material Sirtu Dengan Syarat	54
4.1.2. Komposisi Material Quarry Yang Digunakan	54
4.2. Analisa Harga Material Timbunan	55
4.2.1. Analisa Keofisien Alat Berat	55
4.2.2. Perhitungan Harga Pekerjaan Timbunan Tanah	59
4.3. Penetapan Fungsi Tujuan dan Kendala	62
4.4. Solusi <i>Linear Programming</i> Dengan Metode Simplex	63
4.5. Analisis <i>Linear Programming</i> Dengan LINDO	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1. Kesimpulan	83
5.2. saran	84

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Model Persamaan Program Linier	23
Tabel 4.1. Perhitungan Kapasitas Produksi Alat Berat Untuk Pekerjaan Timbunan..	55
Tabel 4.2. Pehitungan Satuan Material Untuk Quarry A	59
Tabel 4.3. Pehitungan Satuan Material Untuk Quarry B	60
Tabel 4.4. Pehitungan Satuan Material Untuk Quarry C	60
Tabel 4.5. Pehitungan Satuan Material Untuk Quarry D	61
Tabel 4.6. Tabel Awal	66
Tabel 4.7. Revisi Koefisien Baris S ₂	68
Tabel 4.8. Iterasi 1	68
Tabel 4.9. Revisi Koefisien Baris X ₄	71
Tabel 4.10. Iterasi 2	71
Tabel 4.11. Revisi Koefisien Baris X ₄	74
Tabel 4.12. Iterasi 3	74
Tabel 4.13. Hasil Output Program LINDO	77
Tabel 4.14. Analisis Sensitivitas Koefisien Fungsi Tujuan	77
Tabel 4.15. Analisis Sensitivitas Nialai Ruas Kanan (RHS)	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tampilan LINDO	31
Gambar 2.2. Formulasi Pada LINDO	33
Gambar 2.3. Menu Solve	34
Gambar 2.4. Tampilan Perintah Report Program LINDO	35
Gambar 3.1. Peta Lokasi Proyek	39
Gambar 3.2. Peta Lokasi Quarry	40
Gambar 4.1. Tampilan LINDO	79
Gambar 4.2. Formulasi Pada LINDO	80
Gambar 4.3. Menu Solve	80
Gambar 4.4. Tampilan Sensitifitas Analisis	81
Gambar 4.5. Tampilan Report Solusi LINDO	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring membaiknya kondisi perekonomian dewasa ini, semakin banyak tuntutan yang harus dipenuhi oleh suatu proyek agar terus bertahan dan berjalan lancar, dimana salah satu tuntutan berasal dari pemilik proyek (*owner*) sebagai pihak yang berwenang yang menghendaki agar suatu proyek yang sedang berjalan dengan lancar dan selesai sesuai waktu yang direncanakan.

Dalam suatu proyek pengadaan material, ketepatan waktu penyelesaian suatu proyek dan kontinuitas volume pekerjaan yang dihasilkan memegang peranan penting, serta penekanan biaya serendah-rendahnya merupakan usaha yang dilakukan. Hal tersebut dilaksanakan dengan cara melakukan pengiriman material yang diperlukan untuk memenuhi pekerjaan tersebut. Untuk itu penerapan manajemen bahan baku/material dalam suatu proyek sangat penting untuk mencapai optimum agar proyek tersebut dapat menekan biaya-biaya yang bersifat tidak memberi nilai tambah, seperti biaya pemesanan dan biaya penyimpanan bahan baku dan menghindari terjadinya kerugian bahan baku yang menyebabkan terhentinya proses pelaksanaan proyek.

Melihat dari proyek pembangunan bendungan marangkayu pada tanah dilokasi tidak memenuhi spesifikasi maka dibutuhkan tanah timbunan alokasi memenuhi spesifikasi tertentu. Terdapat beberapa lokasi (*quarry*) sumber bahan yang dapat digunakan untuk tanah timbunan dengan komposisi yang berbeda. Namun (*quarry*) sumber bahan terdapat di beberapa lokasi dengan jarak berbeda yang mempengaruhi pada biaya transportasi dan harga material.

Dari sudut pandang praktis, pengadaan material dengan biaya minimum memiliki peranan yang sangat beragam. Pada kenyataannya, untuk mencapai keberadaan material menjadi salah satu faktor pendukung yang sangat penting. Oleh karena itu, penyusun mencoba menganalisis alokasi material pada setiap lokasi untuk mencapai biaya optimum dengan menggunakan metode program linier (*metode linear programming*).

1.2. Rumusan Masalah

Dari keterangan diatas dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas yaitu :

- 1) Berapa biaya material sampai dilokasi proyek untuk masing-masing quarry ?
- 2) Berapa alokasi volume material untuk masing-masing quarry ?
- 3) Berapa total biaya material yang optimum jika dibandingkan dengan Proyek Bendungan Marangkayu yang memenuhi syarat spesifikasi material ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Menentukan biaya material sampai dilokasi proyek untuk masing-masing quarry yang digunakan pada proyek Bendungan Marangkayu.
- 2) Menentukan alokasi volume material untuk masing-masing quarry yang digunakan pada suatu proyek Bendungan Marangkayu.

- 3) Menentukan total biaya material yang optimum jika dibandingkan dengan Proyek Bendungan Marangkayu yang memenuhi syarat spesifikasi material.

1.4. Batasan masalah

Dalam masalah ini penyusun membatasi masalah yang akan dikaji pada hal – hal seperti berikut :

- 1) Data yang akan dianalisa meliputi alokasi material pekerjaan yang dipergunakan dalam suatu proyek.
- 2) Harga material masing-masing quarry diasumsikan dalam harga ditempat lokasi proyek, termasuk biaya pekerjaan pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan material tanah untuk pembuatan timbunan dilokasi proyek Bendungan Marangkayu.
- 3) Metode aplikasi menggunakan metode simplex dilakukan perhitungan secara manual dan menggunakan software LINDO.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Proyek adalah suatu aktivitas yang bertujuan untuk mewujudkan sebuah ide atau gagasan menjadi suatu kenyataan fisik. Bisa dikatakan bahwa proyek adalah proses untuk mewujudkan sesuatu yang ada menjadi ada dengan biaya tertentu dan dalam batas waktu tertentu.

Perencanaan, penjadwalan, dan pengontrolan proyek merupakan suatu siklus dari manajemen proyek konstruksi. Penjadwalan merupakan suatu fase untuk menerjemahkan suatu perencanaan kedalam diagram – diagram yang sesuai dengan skala waktu. Penjadwalan menentukan kapan aktifitas – aktifitas itu dimulai, ditunda, dan diselesaikan, sehingga pembiayaan dan pemakaian sumber – sumber daya akan disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang telah ditentukan. Untuk merencanakan dan melukiskan secara grafis aktifitas pelaksanaan terdapat beberapa macam bentuk atau model penjadwalan seperti diagram balok, diagram garis, diagram panah, dan lain lain. Keterlibatan dari sumber – sumber daya tidak dapat terlepas dari siklus diatas. Penyediaan sumber daya yang diperlukan harus memenuhi syarat teknis dan keadaannya sesuai dengan waktu yang direncanakan, agar pekerjaan yang akan berlangsung tidak terlambat dan tidak terjadi waktu tunggu yang pada akhirnya akan menambah waktu proyek secara keseluruhan.

2.2 . Pengadaan

Proses pengadaan hampir sama dengan proses logistik bahkan dikehidupan sehari-hari pengadaan disamakan dengan logistik karena berhubungan erat dengan aktivitas kehidupan sehari-hari baik secara langsung maupun tidak langsung. Proses ini tidak hanya berputar disekitar pabrik, juga mempunyai peranan penting dalam kehidupan bermasyarakat. Sebagai pihak konsumen kita baru merasakannya bila ada masalah dalam hal misalnya terjadi keterlambatan dalam pengiriman bahan konstruksi atau alat yang kita butuhkan dalam proyek konstruksi.

Menurut Martin (1995) didalam Miranda (2003:1-2) Manajemen pengadaan atau logistik sebagai proses yang secara strategik mengatur pengadaan bahan (*procurement*), perpindahan dan penyimpanan bahan, komponen dan penyimpanan barang jadi dan informasi terkait.

Input dan Output dalam proses pengadaan sudah dapat diketahui dengan jelas antara lain meliputi sumber daya alam, manusia dan semuanya itu akan menghasilkan output berupa keuntungan-keuntungan berbentuk finansial dan berbagai jenis lainnya untuk proyek konstruksi input yang dibutuhkan adalah penyediaan bahan serta fasilitas lainnya sehingga akan dihasilkan output berupa penyelesaian proyek yang lebih cepat .

2.3 .Waktu Pelaksanaan Proyek

Ketepatan waktu dalam pelaksanaan proyek merupakan hal yang penting. Hal ini dipengaruhi oleh penyediaan bahan ,metode ,alat ,dan jadwal. Ketepatan waktu pelaksanaan proyek dapat diketahui dengan melihat sesuai tidaknya pelaksanaan dengan jadwal yang telah direncanakan diproyek.

Perencanaan pelaksanaan proyek biasanya dituangkan dalam bentuk diagram-diagram yang isinya memuat pekerjaan yang akan dilakukan selama jangka waktu yang telah ditentukan oleh pemilik.

2.4 .Pekerjaan Timbunan Tanah

Pekerjaan ini mencakup pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah dengan menggunakan alat berat yang disetujui untuk pembuatan timbunan. Penimbunan kembali galian pipa atau struktur dan timbunan umum diperlukan untuk membentuk dimensi timbunan sesuai dengan garis, kelandaian, dan elevasi penampang melintang yang diisyaratkan atau disetujui.

2.4.1. Material-material timbunan yang digunakan terdiri dari :

- a. Material timbunan tanah dari hasil galian dengan mutu baik.
- b. Antara tebing sandaran dan timbunan tidak boleh ada joint langsung melainkan harus terdapat paritan (*cut off*).
- c. Material timbunan tanah akan memenuhi bagian peninggian tanggul/tebing yang longsor, tidak tembus air, dan kuantitas hendaknya memenuhi batasan sebagai berikut :
 - Material tidak mengandung zat-zat organik atau yang mudah larut.
 - Material yang digunakan harus yang bisa bertahan lama.

Timbunan dapat berupa :

a. Timbunan Biasa

Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan biasa harus terdiri dari bahan galian tanah atau bahan galian batu yang

disetujui oleh Direksi Pekerjaan Sebagai bahan yang memenuhi syarat.

b. Timbunan Pilihan

Timbunan ini hanya boleh diklasifikasikan sebagai “timbunan pilihan” bila digunakan pada lokasi atau untuk maksud dimana timbunan pilihan telah ditentukan atau disetujui secara tulis oleh Direksi Pekerjaan. Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi semua ketentuan di atas untuk timbunan biasa dan sebagai tambahan harus memiliki sifat-sifat tertentu yang tergantung dari maksud penggunaan. Bahan timbunan pilihan yang akan digunakan bilamana pemadatan dalam keadaan jenuh atau banjir yang tidak dapat dihindari, haruslah pasir atau kerikil atau bahan butiran bersih lainnya dengan indeks Plastisitas maksimum 6%.

c. Timbunan Pilihan Diatas Tanah Rawa

Timbunan pilihan diatas tanah rawa haruslah pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan indeks Plastisitas maksimum 6%(hasil pemeriksaan laboratorium).

Syarat-syarat untuk timbunan, yaitu :

- a. Elevasi dan kelandaian akhir setelah pemadatan harus tidak lebih tinggi atau lebih rendah 2 cm dari yang ditentukan.
- b. Seluruh permukaan akhir timbunan yang terekspos harus cukup rata dan harus memiliki kelandaian yang cukup untuk menjamin aliran air permukaan yang bebas.

- c. Permukaan akhir lereng timbunan tidak boleh bervariasi lebih dari 10 cm dari garis profil yang ditentukan.
- d. Timbunan tidak boleh dihampar dalam lapisan dengan tebal padat lebih dari 20 cm atau dalam lapisan dengan tebal padat kurang dari 10 cm.

2.4.2. Alat yang digunakan dalam pekerjaan timbunan sebagai berikut :

a. Wheel Loader

Loader adalah pemuat material hasil galian/gusuran. Pada prinsipnya loader adalah alat pembantu untuk memuatkan dari *stockpile* ke kendaraan angkut atau alat-alat lain, disamping itu dapat juga berfungsi untuk pekerjaan awal yang umum, misalnya clearing ringan, menggosur bongkaran, menggosur konggak kayu kecil, menggali pondasi basement dan lain-lain. Sebagai pengangkut material dalam jarak pendek juga lebih baik dari pada bulldozer, karena pada bulldozer ada material yang tercecer. (Bakti Setia, 2009 : 13).

Produksi alat per jam dari wheel loader dapat dihitung dengan rumus (Dari Owner Estimate Pembangunan Bendungan Marangkayu) :

$$Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts \times Fk} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi per jam (M³/jam)

V = Kapasitas bucket (M³)

Fb = Faktor bucket

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Cycle time (Ts = T1 + T2) (menit)

T1 = Waktu muat (menit)

T2 = Lain-lain (menit)

Fk = Faktor kembang material (padat-lepas)

b. Dump Truck

Dalam pekerjaan pemindahan tanah mekanis dimana pemindahan material memerlukan jarak angkut yang cukup jauh maka dibutuhkan alat angkut seperti dump truck.

Dengan membedakan arah muatan ditumpahkan dump truck dibedakan menjadi 3 (Bakti Setia, 2009 : 15) :

1. Real dump truck yang membuang muatan ke belakang.
2. Side dump truck yang membuang muatan ke samping.
3. Real and side dump truck yang membuang muatan ke belakang dan kesamping.

Produksi alat per jam dari excavator dapat dihitung dengan rumus (Dari Owner Estimate Pembangunan Bendungan Marangkayu) :

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts \times Fk} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi per jam (M³/jam)

V = Kapasitas bucket (M³)

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Cycle time (Ts = T1 + T2) (menit)

T1 = Waktu tempuh isi ((T1 = L/V1) x 60) (menit)

T2 = Waktu tempuh kosong ((T2 = L/V2) x 60) (menit)

L = Jarak angkut rata-rata dari quarry ke lokasi pekerjaan (Km)

V1 = Kecepatan rata-rata bermuatan (Km/jam)

V2 = Kecepatan rata-rata kosong (Km/jam)

Fk = Faktor kembang material (padat-lepas)

c. Motor Greder

Motor greder adalah alat yang dapat digunakan dalam berbagai variasi pekerjaan konstruksi. Kemampuan ini akibat dari adanya gerakan luwes yang dimiliki oleh blade dan roda-roda ban.

Beberapa pekerjaan yang dapat dikerjakan dengan greder antara lain *spreading* (meratakan tanah/material), *finishing* (pekerjaan tahap akhir), *ditching* (membuat parit) dan lain sebagainya.

Bagian-bagian yang penting pada motor greder ialah (Bakti Setia, 2009 : 16) :

1. Greder blade yang dipasang pada alat yang disebut *circle*.
2. Kendali blade, untuk mengontrol pisau.
3. Traktor sebagai *mounting* dari blade.

Gerakan-gerakan pokok yang dapat dilakukan oleh motor greder antara lain sebagai berikut :

1. *Angling*, ialah memberikan kedudukan sorong pada blade terhadap arah gerak kendaraannya dengan mengendalikan *circle*. Tujuan memberikan kedudukan sorong ini ialah untuk *side casting*.
2. *Side shift*, ialah memberikan kedudukan blade disamping poros kendaraan, sehingga permukaan yang sudah diratakan tidak terinjak oleh roda-roda kendaraannya.
3. *Circle lift*, gerakan menaikkan atau menurunkan *circle* dengan blade-nya dalam arah vertikal. Gerakan ini

dikendalikan oleh *lift-arm* (jumlahnya dua buah), yang apabila digerakan kebawah secara bersama-sama, blade akan turun, jika *lift-arm* hanya digerakan salah satu saja memberikan kedudukan blade miring (tilt).

Dengan memanipulasi gerakan-gerakan tersebut diatas maka kedudukan blade dapat dibuat bersudut antara 0-90 terhadap arah horizontal.

Produksi alat per jam dari motor greder dapat dihitung dengan rumus (Dari Owner Estimate Pembangunan Bendungan Marangkayu) :

$$Q = \frac{Lh \times b \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi per jam (M³/jam)

Lh = Panjang hamparan (M)

b = Lebar efektif kerja blade (M)

t = Tebal hamparan padat (M)

Fa = Faktor efisiensi alat

n = Jumlah lintasan (Lintasan)

Ts = Cycle time (Ts = T1 + T2) (menit)

v = Kecepatan rata-rata (Km/jam)

T1 = Peralatan 1 lintasan (Lh/(v x 1000) x 60)

T2 = Lain-lain

d. Water Tank Truck

Water tank truck adalah alat untuk menyiram air, biasanya bila digunakan pada proyek pembangunan jalan tanah, alat tersebut digunakan untuk menyiram air pada saat pemadatan.

Produksi alat per jam dari water tank truck dapat dihitung dengan rumus (Dari Owner Estimate Pembangunan Bendungan Marangkayu) :

$$Q = \frac{V \times Fa \times n}{Wc} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi per jam (M^3 /jam)

V = Volume tanki air (M^3)

n = Pengisian air/jam(kali)

Fa = Faktor efisiensi alat

Wc = Kebutuhanair per M^3 material padat (M^3)

e. Vibratory Roller

Mesin gilas getar merupakan alat pemadatan yang memiliki efisiensi pemadatan yang baik, sehingga penggunaan vibration roller digunakan pada pekerjaan pemadatan. Getaran yang ditimbulkan oleh mesin gilas ini mempunyai efek gaya dinamis terhadap tanah, dimana butiran tanah cenderung untuk mengisi rongga kosong yang terdapat pada butiran-butiran tanah, sehingga tanah menjadi padat.

Pemadatan tanah merupakan upaya untuk mengatur kembali susunan butiran tanah, agar menjadi lebih rapat sehingga tanah akan lebih padat. Untuk mencapai kerapatan butiran tanah tersebut diperlukan alat pemadat. Biasanya pekerjaan pemadatan ini dilakukan pada pekerjaan konstruksi jalan raya, landasan pesawat terbang maupun pekerjaan lain yang memerlukan tingkat kepadatan tertentu. Pemadatan secara mekanis ini biasanya dilakukan dengan menggunakan mesin gilas (roller) (Bakti Setia, 2009 : 19).

Jenis-jenis pemadatan mekanis (roller) :

1. Jenis *smooth steel rollers* atau alat penggilas roda besi dengan permukaan halus, jenis ini dibedakan menjadi 2 macam menurut jumlah rodanya, yaitu :
 - *Three wheel roller* (mesin gilas roda tiga)
 - *Tandem roller* (mesin gilas roda tiga atau tandem)
2. *Tamping roller*
3. *Vibratory roller* (mesin gilas dengan roda getar)
4. *Mesh grid roller* (mesin gilas dengan roda “anyaman”)
5. *Segment roller* (mesin gilas dengan roda yang terdiri dari lempengan-lempengan)
6. *Pneumatic tire roller* (mesin gilas dengan roda ban karet dengan bertekanan angin)
7. *Sheep foot type roller* (mesin gilas roda besi dengan permukaan seperti kaki kambing)

Standard pemadatan yang digunakan di Indonesia guna menghitung kepadatan, digunakan standard AASHO (*America Association of State Highway Official*). Besarnya dapat dilakukan dengan memberikan energy pada material yang akan dipadatkan melalui beberapa cara (Bakti Setia, 2009 : 20) :

1. *Kneading Action*

Cara ini, tanah dipadatkan dengan cara diremas-remas oleh suatu gigi-gigi yang dapat menekan dan masuk kedalam tanah, dengan cara ini maka udara dalam butiran tanah akan dikeluarkan dengan cara meremas disamping pula cara ini

mengakibatkan air dalam butiran tanah akan lebih mudah diuapan. Permukaan yang akan dipadatkan tidak rata.

2. *Static Weight*

Dengan cara ini, udara dalam butiran tanah ditekan kedalam dengan perlahan-lahan yang pada umumnya melalui roda besi yang licin, dengan cara ini maka penyebaran gayanya adalah sebagai berikut. Dengan pemadatan ini maka shear strength (gaya besar) tanah akan naik.

3. *Vibrating*

Pemadatan dengan cara getaran ini justru akan meniadakan shear strength dan butiran material akibat gaya berat maka akan bergerak menyesuaikan mencari bentuk terpadat dengan mengurangi sebanyak mungkin rongga-rongga antara butiran material. Cara ini secara murni sendiri baik sekali untuk material-material yang tidak mempunyai kohesi.

4. *Impact*

Cara ini dapat diperoleh dengan seperti menjatuhkan benda dari suatu ketinggian. Energi yang timbul dari pemadatan tersebut akan diterima oleh tanah yang menimbulkan reaksi pemadatan. Kejadian ini meninggikan shear strength tanah. Dalam keadaan tertentu impact ini akan memecahkan butiran-butiran batu dan membentuk gradasi yang baik, tetapi gaya yang berlebihan akan menimbulkan kehancuran pada permukaan sehingga menghilangkan lagi interlocking yang telah terjadi antara butiran yang terjadi.

Produktifitas mesin pemadat didasarkan atas volume tanah atau berdasarkan luas yang dipadatkan.

Rumus yang digunakan adalah (Dari Owner Estimate Pembangunan Bendungan Marangkayu) :

$$Q = \frac{(V \times 1000) \times b \times t \times Fa}{n} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi per jam (M³/jam)

b = Lebar efektif pemadatan (M)

t = Tebal hamparan padat (M)

Fa = Faktor efisiensi alat

n = Jumlah lintasan

Rumusan yang digunakan untuk mencari koefisien alat adalah sebagai berikut :

$$\text{Koefisien} = \frac{V}{\text{Produktivitas (Q)}}$$

2.5 .Pembiayaan Proyek

Biaya proyek merupakan hal yang sangat penting selain waktu, kedua hal ini berkaitan erat dan dipengaruhi oleh metode pelaksanaan, pemakaian alat, bahan, dan tenaga kerja. Dengan adanya persaingan harga dalam tender maka perlu adanya estimasi yang tepat dan akurat, dan harus dimulai sejak pelaksanaan tender, sebab biaya yang disetujui dalam kontrak tidak dapat diubah tanpa sebab yang tepat.

Biaya proyek konstruksi dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut (Ricky, 2009 : 27) :

1. Biaya Langsung

Biaya langsung adalah biaya langsung berhubungan dengan konstruksi atau bangunan yang didapat dengan mengalihkan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan tersebut. Biaya langsung terdiri dari :

a) Biaya bahan bangunan

Untuk menghitung biaya langsung mengenai bahan bangunan perlu diperhatikan :

- Bahan sisa / bahan yang terbuang.
- Mencari harga terbaik yang masih memenuhi syarat bestek.
- Cara pembayaran kepada penjual.

b) Upah Buruh

Yang perlu diperhitungkan dalam menghitung upah buruh adalah :

- Dalam menghitung upah buruh borongan keseluruhan untuk daerah-daerah tertentu.
- Faktor-faktor kemampuan dan kapasitas jalannya.
- Ongkos transportasi, penginapan, gaji, ekstra bagi buruh atau mandor yang didatangkan dari daerah lain.
- Undang-undang perburuhan yang berlaku.

c) Biaya Peralatan

Secara umum biaya peralatan dihitung berdasarkan :

- Biaya pemilikan

Biaya pemilikan adalah biaya yang diperlukan atau dikeluarkan untuk penguasaan atau pemilikan alat. Biaya pemilikan meliputi :

- Biaya investasi, mencakup bunga uang yang diinvestasikan. Semua jenis pajak yang dibebankan kepada peralatan , asuransi, dan biaya penyimpanan.
- Biaya penyusutan, adalah penurunan nilai suatu peralatan dengan berjalannya waktu umumnya disebabkan oleh kerusakan akibat pemakaian, kemerosotan, keusangan, atau menurunnya kebutuhan.

– Biaya Operasi

Biaya operasi adalah biaya-biaya yang berkaitan dengan pengoperasian suatu peralatan. Biaya operasi biasanya terjadi hanya pada waktu peralatan tersebut dipergunakan saja. Biaya operasional meliputi biaya pemeliharaan dan perbaikan, biaya bahan bakar, biaya pelumas, biaya operator.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi biaya pemilikan dan biaya operasi, meliputi :

- Harga alat termasuk PPN, Bea masuk, angkutan, dan administrasi.
- Kondisi medan kerja.
- Jumlah jam pemakaian.
- Harga lokal bahan bakar dan pelumas.
- Mobilisasi dan demobilisasi.
- Pemeliharaan dan perbaikan.

2. Biaya Tak Langsung

Biaya tak langsung adalah biaya yang secara tak langsung berhubungan dengan konstruksi, tapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Biaya tak langsung meliputi :

- a) Biaya overhead, adalah biaya yang melampaui batas.
- b) Biaya yang tak terduga, adalah biaya untuk kejadian yang mungkin bisa terjadi / mungkin tidak terjadi.
- c) Keuntungan, adalah hasil jerih payah dari keahlian ditambah hasil dari faktor resiko.

2.6 .Pemilihan Tempat Pengadaan Bahan

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi faktor pengadaan bahan sangatlah berpengaruh terhadap penyelesaian proyek. Untuk itu sebelum kita melaksanakan pekerjaan terlebih dahulu kita melakukan pengamatan terhadap lokasi tempat bahan-bahan yang dibutuhkan berada, karena jangan sampai pada waktu pelaksanaan telah dimulai ternyata bahan yang dibutuhkan sulit untuk didapatkan atau belum ada dilokasi, yang menjadi alasan utama dalam pemilihan tempat pengadaan bahan disini adalah jarak karena untuk menghindari keterlambatan dalam penyampaiannya dilapangan maka alangkah baiknya dalam menentukan pemilihan tempat pengadaan bahan dipilih yang terdekat dengan lokasi proyek berada agar tidak mengganggu pelaksanaannya dilapangan.

2.7 .Metode Riset Operasional

Riset Operasional berusaha menetapkan arah tindakan terbaik (optimum) dari sebuah masalah keputusan dibawah pembatasan sumber daya yang terbatas. Istilah riset operasi sering kali diasosiasikan hampir secara eksklusif dengan menggunakan teknik-teknik matematis untuk membuat model-model matematis. Secara spesifik, masalah keputusan biaya akan mencakup faktor-faktor penting yang tidak berwujud dan tidak dapat diterjemahkan secara langsung dalam bentuk model matematis. Yang paling penting utama dari faktor-faktor ini adalah kehadiran unsur manusia di hampir setiap lingkungan keputusan. Pada kenyataannya, telah dilaporkan adanya situasi-situasi keputusan dimana pengaruh perilaku manusia begitu mempengaruhi masalah keputusan sehingga pemecahan yang diperoleh dari model matematis dipandang tidak praktis.

Sebagai teknik pemecahan masalah OR harus dipandang sebagai ilmu dan seni. Aspek ilmu terletak dalam penyediaan teknik-teknik matematis dan algoritma untuk memecahkan masalah yang tepat. Riset operasional adalah sebuah seni karena keberhasilan dalam semua tahap yang mendahului dan melanjutkan pemecahan dari sebuah model matematis sebagian besar bergantung pada kreativitas dan kemampuan pribadi dari mereka yang menganalisis pengambilan keputusan tersebut. Jadi pengumpulan data untuk pengembangan model, penentuan keabsahan model, dan penerapan dari pemecahan yang diperoleh akan bergantung pada kemampuan kelompok OR yang bersangkutan untuk menetapkan jalur-jalur komunikasi yang baik dengan sumber informasi serta dengan para individu yang bertanggung jawab implementasi pemecahan yang direkomendasikan.

2.7.1. Sejarah Singkat Perkembangan Penelitian Operasional

Pada Perang Dunia II, angkatan perang Inggris membentuk suatu *team* yang terdiri atas para ilmuwan untuk mempelajari persoalan-persoalan strategi dan taktik sehubungan dengan serangan-serangan yang dilancarkan musuh terhadap negaranya. Tujuan mereka adalah untuk menentukan penggunaan sumber-sumber kemiliteran yang terbatas, seperti radar dan bomber, dengan cara yang paling efektif yang disebut dengan nama “ *military Operations Research*” (Dimiyati, 1987 : 16).

Setelah Perang Dunia II berakhir, Operations Research yang lahir di Inggris ini kemudian berkembang pesat di Amerika karena keberhasilan yang dicapai oleh team Operations Research dalam bidang militer ini telah menarik perhatian orang-orang industri. Sedemikian pesat perkembangannya hingga kini Operations Research telah digunakan hampir dalam seluruh kegiatan, baik di perguruan tinggi, konsultan, rumah sakit, perencanaan kota, maupun pada kegiatan-kegiatan bisnis.

Sebagai suatu teknik pemecahan masalah, penelitian operasional harus dipandang sebagai suatu ilmu dan seni. Aspek ilmu terletak pada penggunaan teknik-teknik dan algoritma-algoritma matematik untuk memecahkan persoalan yang dihadapi; sedangkan sebagai seni ialah karena keberhasilan dari solusi model matematis ini sangat bergantung pada kreativitas dan kemampuan seseorang sebagai penganalisis dalam pengambilan keputusan (*The Art Of Balancing*).

2.7.2. Linear Programming

Keberhasilan sebuah teknik OR pada akhirnya diukur berdasarkan penyebaran penggunaannya sebagai sebuah alat pengambilan keputusan. Sejak diperkenalkan *Linear Programming* yang telah terbukti merupakan salah satu alat riset operasi yang paling efektif. Keberhasilannya berakar dari keluwesannya dalam menjabarkan berbagai situasi kehidupan nyata di bidang-bidang ini : militer, industri, pertanian, transportasi, ekonomi, kesehatan, dan bahkan ilmu sosial dan perilaku. Disamping itu, tersedianya program komputer yang sangat efisien untuk memecahkan masalah-masalah LP yang sangat luas merupakan faktor penting dalam tersebarnya penggunaan teknik ini.

Inti dari pemrograman linier sebagai sebuah alat pengambilan keputusan, baik dari sudut pandang formulasi maupun pemecahan. Disamping itu, karena penggunaan komputer diperlukan untuk memecahkan sctiap masalah yang berukuran praktis, kesepakatan tertentu harus diamati dalam menetapkan masalah LP dengan tujuan mengurangi pengaruh buruk dari kesalahan pembulatan oleh komputer.

2.7.2.1. Pengertian Umum

Program linier yang diterjemahkan dari Linear Programming (LP) adalah suatu cara untuk menyelesaikan persoalan pengelokasian sumber-sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing, dengan cara terbaik yang akan dilakukan.

Program Linier ini menggunakan matematis untuk menjelaskan persoalan yang dihadapinya. Sifat “ Linier “ disini memberikan arti bahwa seluruh fungsi matematis dalam model ini merupakan fungsi

yang linier, sedangkan kata “ Program “merupakan sinonim untuk perencanaan. Dengan demikian, program linier (LP) adalah perencanaan aktivitas-aktivitas untuk memperoleh suatu hasil yang optimum, yaitu suatu hasil untuk mencapai tujuan yang terbaik diantara seluruh alternatif yang fisibel.

Adapun variabel-variabel yang biasa digunakan dalam persoalan program linier, yaitu (Dimiyati, 1987 : 18) :

a. Variabel keputusan

Variabel keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan-keputusan yang akan dibuat.

b. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan merupakan fungsi dari variabel keputusan yang akan dimaksimumkan.

c. Pembatas

Pembatas merupakan kendala yang dihadapi sehingga kita tidak bisa menentukan harga-harga variabel keputusan secara sembarangan.

d. Pembatas Tanda

Pembatas tanda adalah pembatas yang menjalankan apakah variabel keputusannya diasumsikan berharga nonnegatif atau variabel keputusan tersebut boleh berharga positif, boleh juga negatif.

2.7.2.2. Model Persamaan Program Linier

Model pemrograman linear selalu dilengkapi dengan atau kendala yang menggiring penyelesaian kearah bilangan positif (*non-negativity constraints*). Dengan kata lain, seluruh bilangan harus dikendalikan agar bernilai positif. Bentuk baku model matematis pemrograman linear diperlihatkan pada table dibawah ini.

Tabel 2.1. Model Persamaan Program Linier

Sumber \ Aktivitas	Penggunaan Sumber / unit				banyaknya sumber yang dapat digunakan
	1	2	.....	n	
1	a_{11}	a_{12}	.....	a_{1n}	b_1
2	a_{21}	a_{22}	.....	a_{2n}	b_2
.			.		.
.			.		.
.			.		.
m	a_{m1}	a_{m2}	.....	a_{mn}	b_m
Δz / unit	C_1	C_2	.....	C_n	
Tingkat	X_1	X_2	.....	X_n	

Untuk menjelaskan persoalan diatas, terlebih dahulu kita memberi nomor (1, 2,..., m) untuk sumber dan nomor (1, 2,..., n) untuk aktivitas. Tentukan x_j sebagai tingkat aktivitas j (sebuah variabel keputusan) untuk $j = 1, 2, \dots, n$; dan tentukan z sebagai ukuran keefektifan yang terpilih. Koefisien c_j adalah koefisien keuntungan (ongkos) per unit. Kemudian tentukan b_i sebagai banyaknya sumber I yang dapat digunakan dalam pengelokasian ($i = 1, 2, \dots, m$). Akhirnya, definisikan a_{ij} sebagai banyaknya sumber I yang digunakan/dikonsumsikan oleh masing-masing unit aktivitas j (untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$). Seluruh data diatas digambarkan pada tabel diatas.

Dengan demikian, kita dapat membuat formulasi model matematis dari persoalan pengelokasian sumber-sumber pada aktivitas-aktivitas sebagai berikut :

$$\text{Maksimumkan } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Berdasarkan Pembatas :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

Dan

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

istilah yang lebih umum dari model progama linier ini adalah sebagai berikut :

- a. Fungsi yang dimaksimumkan, yaitu $z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$, disebut sebagai fungsi tujuan.
- b. Pembatas-pembatas atau konstrain.
- c. Sebanyak m buah konstrain pertama sering disebut sebagai konstrain fungsional atau pembatas teknologis.
- d. Pembatas $x_j \geq 0$ disebut sebagai konstrain nonnegatif.
- e. Variabel x_j adalah variabel keputusan.
- f. Konstanta-konstanta a_{ij} , b_i , dan c_j adalah parameter-parameter model.

Selain model program linear dengan bentuk seperti yang telah diformasikan di atas, ada pula model program linier dengan bentuk yang agak lain, seperti :

1. Fungsi tujuan bukan memaksimumkan, melainkan meminimumkan.

Contoh :

$$\text{Minimumkan } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

2. Beberapa konstrain fungsionalnya mempunyai ketidaksamaan dalam bentuk lebih besar atau sama dengan.

Contoh :

$$A_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \geq b_i$$

Untuk beberapa harga i

3. Beberapa konstrain fungsionalnya mempunyai bentuk persamaan.

Contoh :

$$A_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n = b_i$$

Untuk beberapa harga i

4. Menghilangkan konstrain nonnegative untuk beberapa variable keputusan.

Contoh :

x_j tidak terbatas dalam tanda, untuk beberapa harga j.

2.7.2.3. Solusi *Linear Programming* Dengan Metode Simplex

Model *linear programming* dapat diselesaikan dengan tiga metode, yaitu metode grafik, metode simplex, dan dengan komputer. Pendekatan secara grafik hanya digunakan untuk memecahkan persoalan *linear programming* dua variabel. Dengan metode grafik ini beberapa aspek penting dari model *linear programming* dapat dengan mudah digambarkan. Meskipun demikian, perlu kita ingat bahwa metode grafik ini hanya dapat digunakan untuk menggambarkan soal *linear programming* dengan dua variabel, karena penggambaran 3 dimensi atau lebih tidak memungkinkan (Muhammad Muslich, 2009 : 91).

Salah satu teknik pemecahan soal *linear programming* lainnya adalah dengan metode simplex. Metode simplex ini dikenalkan oleh George B. Dantzing pada akhir tahun 1940. Sejak saat itu, Dantzing telah mengembangkan teknik ini dan menerapkannya ke persoalan-persoalan bisnis (Muhammad Muslich, 2009 : 114).

Algoritma adalah suatu prosedur matematis berulang untuk menyelesaikan suatu persoalan. Algoritma simplex adalah sebuah cara untuk menyelesaikan soal pemrograman linear dimana pengulangan prosedur matematis itu dilakukan untuk menguji titik-titik sudut hingga menemukan penyelesaian optimal.

Algoritma simplex menghendaki suatu bangun matematik tertentu agar pengujian titik-titik sudut itu bisa dilakukan. Bangun matematik itu dikenal sebagai bangun matematik yang sudah tereduksi lengkap. Di dalam bangun matematik itu terdapat sebuah

bangun matriks simetri dimana elemen-elemen diagonalnya bernilai "+1" yang disebut matriks identitas.

Oleh karena itu sebuah kasus pemrograman linear harus dikembangkan terlebih dahulu mejadi sebuah bangun matematik yang sudah tereduksi lengkap agar bisa diselesaikan dengan algoritma simplex, namun disini penggunaan bangun matematik yang sudah tereduksi lengkap itu sebagai cara untuk menjelaskan peranan kehadiran variabel *Slack*, *surplus*, dan *artificial* (Siswanto, 2007 : 73-74).

Didalam model pemrograman linear variabel S itu dinamakan *Slack Variable*. Dengan demikian, *Slack Variable* adalah variabel yang berfungsi untuk menampung sisi kapasitas atau kapasitas yang tidak digunakan pada kendala yang berupa *pembatas*. Sedangkan model pemrograman linear variabel S yang memiliki *Surplus variable* adalah variabel yang berfungsi untuk menampung kelebihan nilai ruas kiri pada kendala yang berupa *syarat*. Model matematis soal pemrograman linear harus dimodifikasi terlebih dahulu agar menjadi sebuah bangun matematik yang mengandung matriks identitas agar bisa diselesaikan dengan menggunakan algoritma simpleks. Bangun matematik ini dibentuk dengan menghadirkan *slack variable*, *surplus variable*, dan *artificial variable* pada kendala-kendala yang berupa pembatas, syarat, dan keharusan. Dalam hal ini, kehadiran *artificial variable* sebagai variable yang akan bernilai nol pada penyelesaian optimal menghendaki penggunaan bilangan *M*, yaitu bilangan yang sangat

besar atau sering juga disebut *Big M*, sebagai koefisien *artificial variable* pada fungsi tujuan. Bila fungsi tujuan dimaksimumkan maka $-M$ adalah koefisien *artificial variable*. Sebaliknya, bila fungsi tujuan diminimumkan, maka $+M$ adalah koefisiennya.

Menentukan arah pengujian algoritma simplex tercermin pada pemilihan kolom kunci yang secara otomatis menentukan baris kunci. Pemilihan suatu kolom kunci yang mengacu pada nilai $C_j - Z_j$ akan menentukan penambahan atau pengurangan nilai fungsi tujuan Z pada iterasi berikutnya. Bila $C_j - Z_j > 0$ dan rasio baris kunci positif maka nilai Z pada iterasi berikutnya akan bertambah besar perkalian antara $C_j - Z_j$ dengan nilai rasio itu, sebaliknya bila $C_j - Z_j < 0$ dan rasio baris kunci negatif maka nilai Z pada iterasi berikutnya akan berkurang sebesar perkalian antara $C_j - Z_j$ dengan nilai rasio itu. Dengan demikian, bila $C_j - Z_j = 0$ untuk seluruh j maka peluang untuk menaikkan nilai Z pada iterasi berikutnya tidak ada dan dikatakan bahwa tabel setelah optimal untuk fungsi tujuan yang akan dimaksimumkan. Sebaliknya, bila $C_j - Z_j \geq 0$ untuk seluruh j maka peluang untuk menurunkan nilai Z pada iterasi berikutnya ada, dan dikatakan bahwa tabel setelah optimal untuk fungsi tujuan yang diminimumkan (Siswanto, 2007 : 143).

2.7.2.4. Solusi *Linear Programming* Dengan Software LINDO

Beberapa program komputer untuk memecahkan soal *linear programming* telah dibuat. Program-program ini dapat diperoleh dari produsen-produsen perangkat keras komputer atau dari

pembuat program-program komputer. Program yang akan kita gunakan untuk pembahasan disini adalah *LINDO* atau *Linear Interactive and Discrete Optimizer*. Program LINDO ini dapat digunakan untuk membantu memformulasikan model, memecahkan persoalan, menyajikan output solusi, dan memberikan data untuk analisis parametrik (Siswanto, 2007 : 140).

LINDO merupakan suatu paket program yang berorientasi kepada perintah-perintah dan bukanlah berorientasi kepada menu program. Ini berarti bahwa pemakaian program tidak dituntut dalam suatu urutan pilihan, melainkan terdapat sejumlah perintah-perintah yang harus dipilih dan dijalankan. Program LINDO akan mengecek perintah ini apakah dapat dilaksanakan dalam suatu konteks tertentu. Di antara perintah-perintah dalam LINDO yang harus kita ketahui antara lain sebagai berikut :

Maks : Suatu perintah yang digunakan untuk memasukkan data input masalah/soal maksimisasi.

Min : Suatu perintah yang digunakan untuk memasukkan data input masalah/soal minimisasi.

End : Perintah yang digunakan untuk mengakhiri pemasukkan data input, dan kembali keperintah-perintah baru.

Go : Perintah untuk memecahkan soal yang telah diinput dan mencetak solusinya.

Look : Perintah untuk memperlihatkan sebagian atau seluruh formulasi model yang telah dimasukkan.

Alter :Perintah untuk mengubah komponen dari soal yang ada.

Extend :Perintah untuk menambahkan kendala baru.

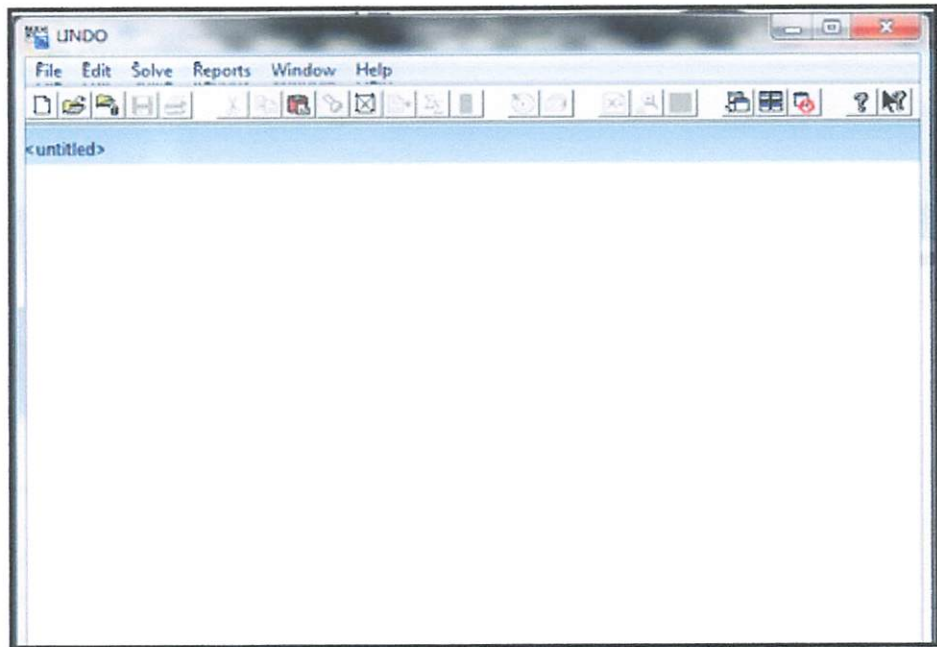
Delete :Perintah untuk menghapuskan kendala.

Prinsip kerja utama LINDO adalah memasukkan data, menyelesaikan, serta menaksirkan kebenaran dan kelayakan data berdasarkan penyelesaiannya. Untuk menentukan nilai optimal dengan menggunakan LINDO diperlukan beberapa tahapan yaitu:

1. Menentukan model matematika berdasarkan data real
2. Menentukan formulasi program untuk LINDO
3. Membaca hasil *report* yang dihasilkan oleh LINDO.

Kegunaan utama dari program Lindo adalah untuk mencari penyelesaian dari masalah linier dengan cepat dengan memasukan data yang berupa rumusan dalam bentuk linier. Lindo memberikan banyak manfaat dan kemudahan dalam memecahkan masalah optimasi dan minimasi. Berikut ini cara memulai menggunakan program Lindo adalah dengan membuka file Lindo kemudian klik dua kali pada Lindow32, tunggu sampai muncul dialog lalu klik OK, Lindo siap dioperasikan.

Pada layar akan muncul untitled baru yang siap untuk tempat mengetikkan formasi.



Gambar 2.1. Tampilan LINDO

Model Lindo minimal memiliki tiga syarat:

1. memerlukan fungsi objektif;
2. variabel;
3. batasan (fungsi kendala).

Untuk syarat pertama fungsi objektif, bisa dikatakan tujuan. Tujuan disini memiliki dua jenis tujuan yaitu maksimasi (*MAX*) dan minimasi (*MIN*). Kata pertama untuk mengawali pengetikan formula pada Lindo adalah *MAX* atau *MIN*. Formula yang diketikkan ke dalam *untitled* (papan *editor* pada Lindo) setelah *MAX* atau *MIN* disebut fungsi tujuan. Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

Fungsi tujuan model matematika

$$\text{Min/Maks } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Diketikkan ke dalam *untitled* menjadi

$$\text{MIN } C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

atau

$$\text{MAX } C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Untuk syarat kedua adalah variabel. Variabel ini sangat penting, Lindo tidak dapat dijalankan tanpa memasukkan variabel dalam formula.

Untuk syarat ketiga setelah fungsi objektif dan variabel selanjutnya adalah batasan. Dalam kenyataannya variabel tersebut pasti memiliki batasan, batasan itu misalnya keterbatasan bahan, waktu, jumlah pekerja, biaya operasional. Setelah fungsi objektif diketikkan selanjutnya diketikkan *Subject to* atau *ST* untuk mengawali pengetikan batasan dan pada baris berikutnya baru diketikkan batasan yang ada diakhir batasan kita akhiri dengan kata *END*. Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + C_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{11}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + C_{2n}X_n \leq b_2$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + C_{mn}X_n \leq b_m$$

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$$

Untuk pengetikkan fungsi kendala ke dalam *untitled* adalah sebagai berikut.

SUBJECT TO

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + C_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{11}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + C_{2n}X_n \leq b_2$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + C_{mn}X_n \leq b_m$$

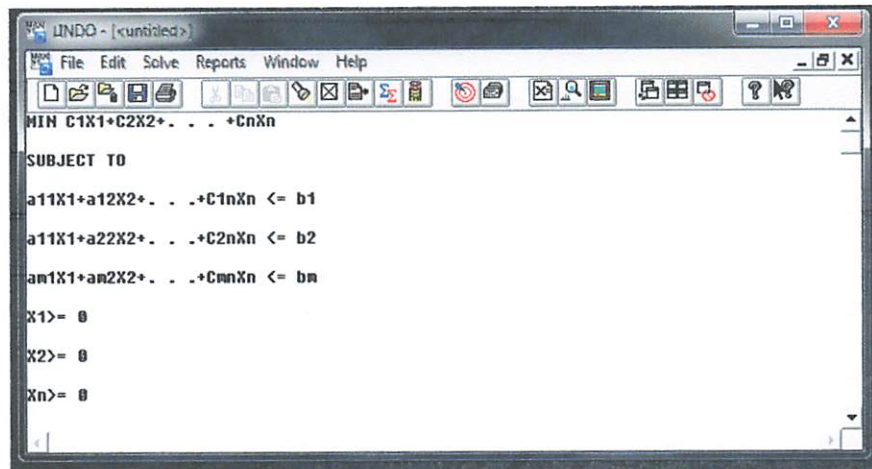
$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_n \geq 0$$

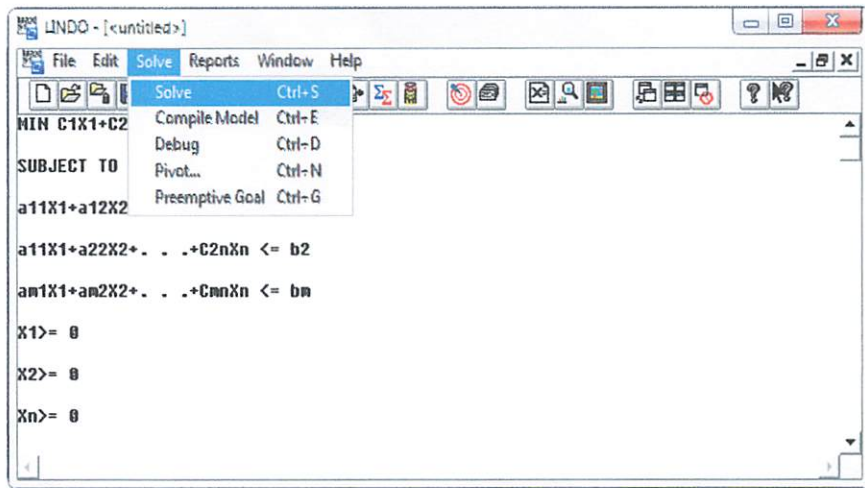
END

Keseluruhan formulasi yang dapat diketikkan ke dalam *untitled* Lindo seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.2. Formulasi Pada LINDO

Setelah formula diketikkan siap dicari solusinya dengan memilih perintah *solve* atau mengklik tombol *solve* pada *toolbar*. LINDO akan mengkompil (mengoreksi kesalahan) pada formula terlebih dahulu. Jika terjadi kesalahan dalam pengetikan (tidak dapat dibaca oleh komputer) akan muncul kotak dialog dan kursor akan menunjukkan pada baris yang salah.



Gambar 2.3. Menu Solve

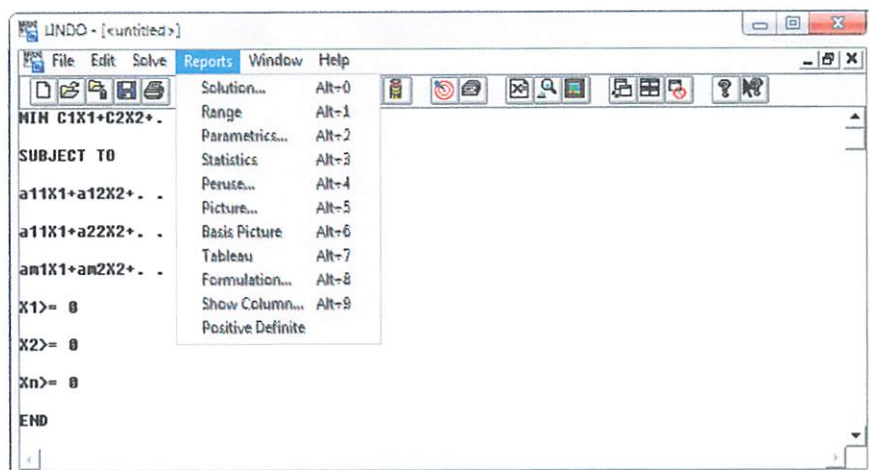
Menu *solve* digunakan untuk menampilkan hasil secara lengkap dengan beberapa pilihan berikut:

1. *Solve-Solve*, digunakan untuk menampilkan hasil optimasi dari data pada papan *editor* dan secara lengkap. Pada tampilan hasil mencakup nilai variabel keputusan serta nilai *dual price*-nya. Pada nilai peubah keputusan ditampilkan pula nilai peubah keputusan yang nol. Perbedaannya dengan *Report Solusion* adalah pada *Report Solusion* kadang-kadang jawabannya tidak optimal interasinya, sehingga pada *Solve-Solve* jawaban yang ditampilkan bernilai optimal. *Report Solution* tidak menampilkan nilai *Dual Price* serta ada pilihan apakah perlu ditampilkan nilai peubah keputusan yang nol.
2. *Solve-Compile Model*, digunakan untuk mengecek apakah struktur penyusunan data pada papan editor data sudah benar. Jika penulisannya tidak benar, maka akan ditampilkan pada baris ke-

berapa kesalahan tersebut terdapat. Jika tidak ada kesalahan, maka proses dapat dilanjutkan untuk mencari jawaban yang optimal.

3. *Solve Pivot*, digunakan untuk menampilkan nilai slack.
4. *Solve Debug*, digunakan untuk mempersempit permasalahan serta mencari pada bagian mana yang mengakibatkan solusi tidak optimal, selanjutnya ada pertanyaan untuk menentukan tingkat kesensitifitasan solusi.

Jika tidak terjadi kesalahan akan muncul status Lindo. Status ini berguna untuk memonitor proses solusi. Selanjutnya tekan *close* dan pada Lindo akan muncul tampilan baru yang disebut *report windows*.



Gambar 2.4. Tampilan Perintah Report Program LINDO

Dalam menu *report* terdapat beberapa pilihan sebagai berikut:

1. *Report Solution*, digunakan untuk mendapatkan solusi optimal dari permasalahan program linier yang tersaji pada papan editor data.

2. *Report Range*, digunakan untuk menayangkan hasil penyelesaian analisis sensitivitas. Pada analisis sensitivitas yang ditayangkan mencakup aspek *Allowable Increase* dan *Allowable Decrease*.
3. *Report Parametrics*, digunakan untuk mengubah dan menampilkan hasil hanya pada baris kendala tertentu saja.
4. *Report Statistics*, digunakan untuk mendapatkan laporan kecil pada papan *editor report*.
5. *Report Peruse*, digunakan untuk menampilkan sebagian dari model atau jawaban.
6. *Report Picture*, digunakan untuk menampilkan (display) model dalam bentuk matriks.
7. *Report Basis Picture*, digunakan untuk menampilkan text format dari nilai basis, dan disajikan sesuai urutan baris dan kolom.
8. *Report Table*, digunakan untuk menampilkan tabel simplek dari model yang ada.
9. *Report Formulation*, digunakan untuk menampilkan model pada papan *editor data* ke papan *editor report*.
10. *Report Show Coloum*, digunakan untuk menampilkan koefisien peubah.

Untuk menyimpan *file*, arahkan kursor pada papan *editor* yang diaktifkan. Menu menyimpan *file* ada dua macam yakni *File Save*, dan *File Save As* (Linus Schrange. 1991. *Lindo An optimazation Modeling System*).

BAB III

METODOLOGI STUDI

3.1 Data-Data Teknis Proyek

Data-data spesifikasi dari Proyek Pembangunan Bendungan Marangkayu Kalimantan Timur sebagai berikut :

Nama Proyek	:Proyek Pembangunan Reservoir – Pekerjaan Lanjutan Bendungan Marangkayu.
Pemberi Pekerja	:Dinas Pekerjaan Umum, Pemerintah Propinsi Kalimantan Timur Bidang Sumber Daya Air.
Alamat Pemberi Pekerja	: Jln. Tengkawang No. 1, Samarinda Lantai II Gedung A Bidang Sumber Daya Air.
Nama Penyedia Jasa	: PT. Brantas Abipraya (Persero) Wilayah V Samarinda.
Alamat Penyedia Jasa	: Komplek Pelita Jln. Kebahagiaan No. 23, Samarinda.
Nama Konsultan	: PT. Teknika Cipta Konsultan.
Alamat Konsultan	:Jln. H. M. Kadri Oniga No. 60A, Samarinda.
Lokasi Proyek	:Kecamatan Marangkayu - Kabupaten Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur.

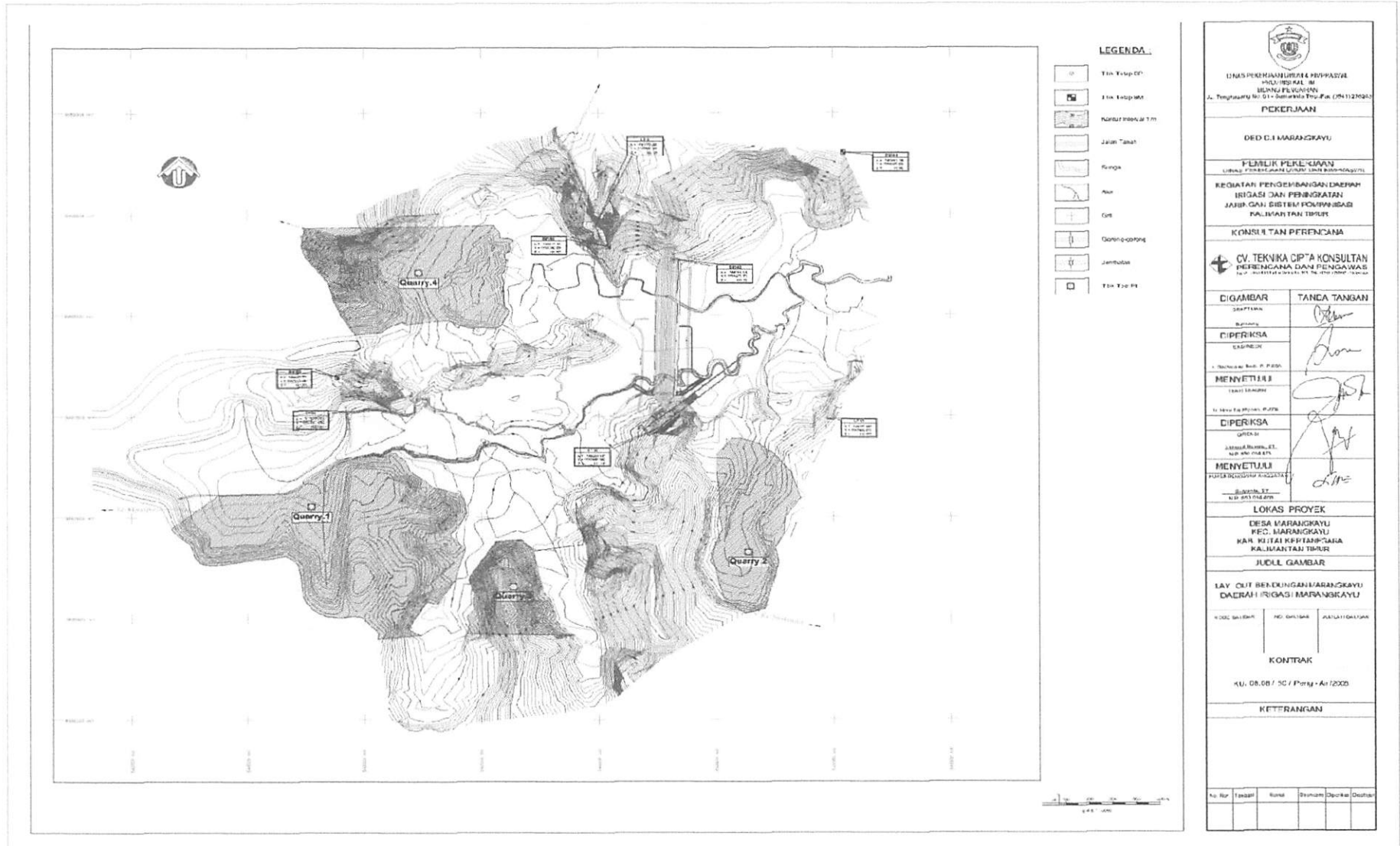
Nilai Kontrak : Rp 99.857.522.000,00.- (termasuk PPN 10%)

Uraian dan Volume Pekerjaan : Pelaksanaan Pekerjaan Pembangunan Reservoir Pembangunan Bendungan Marangkayu.

Lingkup Pekerjaan : Pekerjaan Timbunan Tanah.

Jangka Waktu Pelaksanaan : 270 (Dua Ratus Tujuh Puluh) hari kalender.

Lokasi Quarry : Quarry 1 : Desa Marangkayu
Quarry 2 : Desa Samtanulur
Quarry 3 : Desa Semanku
Quarry 4 : Desa Kilo Sepuluh



Gambar 3.2. Peta Lokasi Quarry

PT. PERTAMINA (PUPUK) Tbk.
 PT. PERTAMINA (PUPUK) Tbk. (P4112000)
PEKERJAAN
DED C.I MARANGKAYU
FASILITASI PERUMAHAN
 (Lokasi: Perumahan Lirisan, Desa Marangkayu)
KEGIATAN: PENGEMBANGAN DERAHAN
IRIGASI DAN PERIBANDIHAN
JALUR DAN SISTEM KOLABORASI
KALIMANTAN TIMUR
KONSULTAN PERENCANA

CV. TEKNIKA CIPITA KONSULTAN
PERENCANA DAN PENCAKUPAN
 (Pusat: Jl. Kalimantan Timur No. 100, Samarinda)

DIGAMBAR	TANDA TANGAN
DRAFTING	
DIPERIKSA INSINYUR	
MENYETUJUI TANPA TANGGUNG	
INSYUR TERTANGGUNG JAWAB	
DIPERIKSA GURU	
MENYETUJUI PUSAT KONSULTAN PERENCANA	

LOKASI PROYEK
 DESA MARANGKAYU
 KEC. MARANGKAYU
 KAB. KAITUM KALIMANTAN TIMUR

JUDUL GAMBAR
 RAY. CBT BERKUNCIAN MARANGKAYU
 DAERAH IRIGASI MARANGKAYU

NO. DESA	NO. KAWASAN	JALUR			
KONTRAK					
(U. 08.08 / 50 / Part 1 - An (2008)					
KETERANGAN					
No. Ur	Tanggal	Ruang	Disusun	Diperiksa	Ditanda

3.2 Pengumpulan Data

Untuk keperluan analisa selanjutnya diperlukan data sebagai berikut:

- Spesifikasi teknik konstruksi bendungan marangkayu tanah.
- Spesifikasi teknik komposisi bahan timbunan (*quarry*).
- Biaya bahan timbunan untuk masing-masing *quarry*.

3.3 Metode Analisa Data

3.3.1. Analisa Harga Material Timbunan

Pekerjaan ini mencakup pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir yang disetujui untuk pembuatan timbunan. Dalam pekerjaan pengambilan material timbunan membutuhkan alat berat diantaranya :

a) Damp truck

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts \times Fk} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi per jam (M^3 /jam)

V = Kapasitas bucket (M^3)

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Cycle time (Ts = T1 + T2) (menit)

T1 = Waktu tempuh isi ((T1 = L/V1) x 60) (menit)

T2 = Waktu tempuh kosong ((T2 = L/V2) x 60) (menit)

L = Jarak angkut rata-rata dari *quarry* ke lokasi pekerjaan (Km)

V1 = Kecepatan rata-rata bermuatan (Km/jam)

V2 = Kecepatan rata-rata kosong (Km/jam)

Fk = Faktor kembang material (padat-lepas)

b) Motor greder

$$Q = \frac{Lh \times b \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi per jam (M³/jam)

Lh = Panjang hamparan (M)

b = Lebar efektif kerja blade (M)

t = Tebal hamparan padat (M)

Fa = Faktor efisiensi alat

n = Jumlah lintasan (Lintasan)

Ts = Cycle time (Ts = T1 + T2) (menit)

v = Kecepatan rata-rata (Km/jam)

T1 = Peralatan 1 lintasan (Lh/(v x 1000) x 60)

T2 = Lain-lain

c) Wheel loader

$$Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts \times Fk} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi per jam (M³/jam)

V = Kapasitas bucket (M³)

Fb = Faktor bucket

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Cycle time (Ts = T1 + T2) (menit)

- T1 = Waktu muat (menit)
 T2 = Lain-lain (menit)
 Fk = Faktor kembang material (padat-lepas)

d) Vibrator roller

$$Q = \frac{(V \times 1000) \times b \times t \times Fa}{n} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

- Q = Kapasitas produksi per jam (M³/jam)
 b = Lebar efektif pemadatan (M)
 t = Tebal hamparan padat (M)
 Fa = Faktor efisiensi alat
 n = Jumlah lintasan

e) Water tank truck.

$$Q = \frac{V \times Fa \times n}{Wc} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dimana :

- Q = Kapasitas produksi per jam (M³/jam)
 V = Volume tanki air (M³)
 n = Pengisian air/jam(kali)
 Fa = Faktor efisiensi alat
 Wc = Kebutuhanair per M³ material padat (M³)

Rumusan yang digunakan untuk mencari koefisien alat adalah sebagai berikut :

$$\text{Koefisien} = \frac{V}{\text{Produktivitas (Q)}}$$

3.3.2. Menetapkan Fungsi Tujuan dan Kendala

Setelah data-data yang dibutuhkan terkumpul kemudian dilakukan analisa berdasarkan pada metode *linear programming* dengan mengelompokkan data-data menjadi variabel pembatas dan penerapan fungsi tujuan yaitu optimasi pengiriman material, harga bahan, durasi waktu pengiriman pada pekerjaan timbunan.

a) Komposisi material menggunakan material sirtu untuk timbunan dengan syarat :

- a. Kebutuhan $Y \text{ m}^3$
- b. Kandungan pasir (*sand*) minimal (a %)
- c. Kandungan kerikil (*gravel*) maksimal (b %)
- d. Kandungan lanau (*silt*) maksimal (c %)
- e. Kandungan unsur besi maksimal (d %)
- f. Kandungan unsur Nikel maksimal (e %)

b) Komposisi sumber material (*quarry*):

- Quarry 1 : Dengan komposisi (a₁ %) pasir (b₁ %) kerikil (c₁ %) lanau, (d₁ %) besi dan (e₁ %) nikel.
- Quarry 2 : Dengan komposisi (a₂ %) pasir, (b₂ %) kerikil, (c₂ %) lanau, (d₂ %) besi dan (e₂ %) nikel .
- Quarry 3 : Dengan komposisi (a₃ %) pasir, (b₃ %) kerikil, (c₃ %) lanau, (d₃ %) besi dan (e₃ %) nikel.
- Quarry 4 : Dengan komposisi (a₄ %) pasir, (b₄ %) kerikil, (c₄ %) lanau, (d₄ %) besi dan (e₄ %) nikel.

c) Variabel persamaan dan fungsi tujuan.

1. Variabel :

- X_1 = volume material dari quarry 1
- X_2 = volume material dari quarry 2
- X_3 = volume material dari quarry 3
- X_4 = volume material dari quarry 4

2. Konstanta harga material untuk timbunan :

- Untuk harga material dari quarry 1 = Rp A ,-/m³
- Untuk harga material dari quarry 2 = Rp B ,-/m³
- Untuk harga material dari quarry 3 = Rp C ,-/m³
- Untuk harga material dari quarry 4 = Rp D ,-/m³

3. Fungsi :

- Minimumkan $Z = A x_1 + B x_2 + C x_3 + D x_4$

4. Fungsi untuk masing-masing komposisi material :

- Kebutuhan : $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq (Y)$
- Pasir : $a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 \geq a$
- Kerikil : $b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 \geq b$
- Lanau : $c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 \geq c$
- Besi : $d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 + d_4x_4 \geq d$
- Nikel : $e_1x_1 + e_2x_2 + e_3x_3 + e_4x_4 \geq e$

5. Rumusan Persamaan Linear :

Minimasi Fungsi Tujuan $Z = A x_1 + B x_2 + C x_3 + D x_4$

Fungsi Kendala :

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq (Y)$$

$$\begin{aligned}
a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 &\geq a \\
b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 &\geq b \\
c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4 &\geq c \\
d_1 x_1 + d_2 x_2 + d_3 x_3 + d_4 x_4 &\geq d \\
e_1 x_1 + e_2 x_2 + e_3 x_3 + e_4 x_4 &\geq e \\
x_1, x_2, x_3, x_4 &\geq 0
\end{aligned}$$

3.3.3. Penyelesaian *Linear Programming* Dengan Metode Simplex

Sebelum menerapkan metode simplex untuk memecahkan persamaan *linear programming*, terlebih dahulu persamaan *linear programming* ini harus diubah menjadi bentuk persamaan standar dengan tanda kendala persamaan. Kita ketahui bahwa setiap persamaan *linear programming* akan mempunyai tanda kendala sekurang-kurangnya satu atau lebih dari tanda \geq , $=$, \leq . Tanda kendala ketidaksamaan (\geq dan \leq) inilah yang harus diubah dahulu menjadi tanda kesamaan ($=$). Perubahan tanda kendala ini dapat dilakukan dengan menggunakan tambahan variabel yang disebut *variabel slack* atau *variabel surplus* (Muhammad Muslich, 2009 : 114-116).

Setelah melakukan perubahan persamaan *linear programming* ini dalam bentuk persamaan standar dengan tanda fungsi kendala persamaan, barulah persamaan ini dipecahkan dengan menggunakan tabel simplex.

Untuk memecahkan persamaan *linear programming* dengan metode simplex diperlukan tahap-tahap penyelesaian sebagai berikut (Muhammad Muslich, 2009 : 117-124) :

- a) Tahap 1 : Formulasi masalah.

- ❖ Permasalahan diatas dapat diformulasikan ke dalam persamaan *linear programming* sebagai berikut :

Fungsi Tujuan Minimumkan :

$$Z = A x_1 + B x_2 + C x_3 + D x_4$$

Fungsi Kendala :

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq (Y)$$

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 \geq a$$

$$b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 \geq b$$

$$c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4 \geq c$$

$$d_1 x_1 + d_2 x_2 + d_3 x_3 + d_4 x_4 \geq d$$

$$e_1 x_1 + e_2 x_2 + e_3 x_3 + e_4 x_4 \geq e$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

b) Tahap 2 : Pembuatan tabel awal.

- ❖ Untuk memecahkan persamaan linear programming dengan metode simplex diperlukan dua hal. *Pertama*, perubahan fungsi tujuan dan fungsi kendala dengan menambahkan *variabel slack* atau *surplus* dan *variabel buatan*. *Kedua*, menyusun tabel penyelesaian. Untuk persamaan diatas, perubahan tanda fungsi kendalanya adalah sebagai berikut.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - s_1 + A_1 = (Y)$$

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 - s_2 + A_2 = a$$

$$b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 - s_3 + A_3 = b$$

$$c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4 - s_4 + A_4 = c$$

$$d_1 x_1 + d_2 x_2 + d_3 x_3 + d_4 x_4 - s_5 + A_5 = d$$

$$e_1 x_1 + e_2 x_2 + e_3 x_3 + e_4 x_4 - s_6 + A_5 = e$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

- ❖ Dengan penambahan ini, semua variabel akan terwakili disetiap fungsi kendala. Yaitu dengan setiap variabel slack atau surplus yang tidak ada difungsi persamaan diatas diberikan koefisien 0(nol). Fomulasi lengkap fungsi kendala persamaan diatas akan tampak sebagai berikut.

- ❖ Pemecahan dengan menggunakan tabel seperti ini merupakan cara yang mudah untuk menyelesaikan persamaan linear programming dengan metode simplex. Kolom pertama dengan tanda C_j menyatakan laba atau biaya per unit setiap variabel yang dimasukkan dalam jawaban untuk setiap tahap pemecahan.

- ❖ Koefisien-koefisien dari semua fungsi kendala dimasukkan dalam tabel tepat dibawah setiap variabel yang dinyatakan dalam baris product mix. Koefisien-koefisien kendala ini mewakili setiap kendala dari persamaan awal. Kemudian kuantitas merupakan koefisien pada sisi sebelah tanda persamaan fungsi kendala setelah ada perubahan kebentuk standar persamaan *linear programming*. Baris bawah Z_j merupakan hasil kali biaya atau laba antara kolom C_j dan koefisien kendala. Sedangkan baris $C_j - Z_j$ merupakan hasil neto baris C_j dengan hasil Z_j yang menyatakan nilai dual price untuk setiap variabel.

c) Tahap 3 : Penentuan variabel yang masuk dalam jawaban.

- ❖ Tujuan dari persamaan *linear programming* ini adalah untuk meminimalkan biaya (Z). ingat bahwa M memberikan nilai (biaya) yang sangat tinggi. Oleh karena itu, pemecahan optimal dapat dilakukan dengan memilih kolom yang mempunyai nilai negatif $C_j - Z_j$ yang besar. Maka kita dapatkan pivot kolom (*pivot column*) ini disebut juga optimal column atau kolom kunci.

d) Tahap 4 : Penentuan variabel yang akan diganti.

- ❖ Setelah diperoleh kolom yang mempunyai nilai negatif $C_j - Z_j$ yang besar sebagai variabel pertama yang akan digunakan untuk pemecahan persamaan, pertanyaan selanjutnya adalah menentukan variabel mana yang akan diganti. Untuk menentukan variabel ini, kita bagi nilai-nilai dalam kolom kuantitas (Q) dengan nilai-nilai pada baris yang sama pada kolom yang mempunyai nilai negatif $C_j - Z_j$. dari hasil bagi ini, pilih nilai yang terkecil untuk menentukan variabel yang akan diganti. Penentuan variabel yang akan diganti dapat dilakukan sebagai berikut :

- Untuk baris $A_1 =$ kuantitas (Q_1) dibagi kolom yang mempunyai nilai negative $C_j - Z_j$ yang besar.
- Untuk baris $A_2 =$ kuantitas (Q_2) dibagi kolom yang mempunyai nilai negative $C_j - Z_j$ yang besar.

Selanjutnya sama dengan rumus diatas hingga pada perhitungan akhir. Setelah itu dipilihlah pada kolom (Q) nilai hasil pembagian yang terkecil, kemudian pilih hasil bagi non-negatif terkecil lalu jadikan baris pivot (*pivot row*).

- e) Tahap 5 : Perhitungan Koefisien baru untuk variabel yang masuk.
- ❖ Dengan menetapkan variabel baris pivot (*pivot row*) yang akan masuk dalam perhitungan, keseluruhan Variabel baris pivot (*pivot row*) harus diganti. Nilai atau koefisien variabel baris pivot (*pivot row*) yang baru diperoleh dengan membagi setiap nilai yang ada dibaris pivot (*pivot row*) yang telah dipilih dengan potongan baris pada pivot kolom (*pivot column*) yang disebut kolom kunci. Nilai potongan ini disebut elemen potongan (*intersection element*). Perhitungan nilai/koefisien untuk variabel baris pivot (*pivot row*) yang baru adalah sebagai berikut :
 - Untuk baris pivot (*pivot row*) yang baru :
 - Setiap nilai yang ada dibaris pivot (*pivot row*) yang telah dipilih dibagi elemen potongan (*intersection element*).
- f) Tahap 6 : Revisi koefisien baris lainnya.
- ❖ Dengan masuknya nilai/koefisien baru untuk baris pivot (*pivot row*) kedalam pemecahan persamaan *linear programming*, maka koefisien-koefisien dari variabel yang lain juga harus

direvisi. Dalam perhitungan ini yang ingin kita hitung dilakukan dengan menggunakan metode pivot. Prosedur revisi koefisien dengan menggunakan metode pivot dapat dijelaskan sebagai berikut :

– Sebagai contoh revisi Baris A_1

koefisien Baris A_1 – (elemen potongan pivot kolom x koefisien elemen baris pivot baru)= koefisien baris baru untuk A_1 .

❖ Setelah koefisien-koefisien dari variabel yang lain juga harus direvisi telah selesai dihitung, maka dengan ini selesailah satu iterasi dari persamaan *linear programming*.

g) Tahap 7 : Penyusunan tabel jawaban.

❖ Dari perhitungan koefisien diatas disusun tabel jawaban, maka selesailah satu iterasi.

Bila pada iterasi masih terdapat nilai negatif pada $C_j - Z_j$,maka untuk menyusun tabel selanjutnya dapat dimulai pada tahap 3 sampai dengan tahap 6. Tahap tersebut dapat diulang hingga didapat bahwa pada $C_j - Z_j$ tidak mempunyai nilai negatif lagi. Dengan demikian, telah diperoleh jawaban optimal.

Telah diuraikan suatu tahapan dari dari penyelesaian persamaan *linear programming* dengan metode simplex. Prosedur penyelesaiannya meliputi tujuh tahap dalam satu iterasi dan tahap ini diulang kembali untuk mendapatkan jawaban yang optimal. Meskipun prosedur penyelesaian metode simplex ini secara teknis adalah sederhana, tetapi pada persamaan linear

programming yang memiliki banyak variabel akan sulit untuk dipecahkan secara manual.

Sebagai solusi pengganti untuk menyelesaikan persamaan *linear programming* yang akan dicari, dapat menggunakan program komputer yang dapat memudahkan dalam memecahkan persamaan *linear programming* dengan lebih cepat dan benar. Dalam hal ini, membahas menggunakan program komputer Lindo.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Komposisi Material Timbunan

Pada bab ini penulis akan mengelola data-data yang dicantumkan pada bab sebelumnya, adapun data-data tersebut adalah :

4.1.1. Komposisi Material Timbunan Menggunakan Material Sirtu Dengan Syarat :

- a. Kandungan pasir (*sand*) minimal (40 %)
- b. Kandungan kerikil (*gravel*) maksimal (50 %)
- c. Kandungan lanau (*silt*) minimal (15 %)
- d. Kandungan unsur besi minimal (4 %)
- e. Kandungan unsur Nikel maksimal (2%)
- f. Kebutuhan 1.250.000,- m³

4.1.2. Komposisi Material Quarry Yang Digunakan

Data-data sumber material yang akan digunakan antara lain sebagai berikut :

- a) Terdapat 4 sumber material (*quarry*):
 - Quarry 1 : Dengan komposisi (45 %) pasir, (40 %) kerikil, (10 %) lanau, (3 %) besi dan (2 %) nikel.
 - Quarry 2 : Dengan komposisi (40 %) pasir, (45 %) kerikil, (12 %) lanau, (2 %) besi dan (1 %) nikel.
 - Quarry 3 : Dengan komposisi (47%) pasir, (40 %) kerikil, (8 %) lanau, (4 %) besi dan (1 %) nikel.
 - Quarry 4 : Dengan komposisi (50 %) pasir, (30 %) kerikil, (16 %) lanau, (2 %) besi dan (2 %) nikel.

4.2. Analisa Harga Material Timbunan

Alat-alat yang digunakan pada pekerjaan pengadaan tanah timbunan yaitu Damp truck, Motor greder, Wheel loader, Vibrator roller, dan Water tank truck, sehingga diperlukan data-data seperti kapasitas dan jumlah alat berat yang akan digunakan untuk pekerjaan tanah timbunan.

4.2.1. Analisa Koefisien Alat Berat

Perhitungan koefisien alat berat sesuai fungsi dan cara kerjanya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1. Perhitungan Kapasitas Produksi Alat Berat Untuk Pekerjaan Timbunan.

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	ASUMSI				
1	Pekerjaan dilakukan secara mekanis				
2	Lokasi Pekerjaan : Sepanjang Jalan				
3	Kondisi Jalan : sedang / Baik				
4	Jam Kerja efektif perhari	Tk	7.00	Jam	
5	Faktor pengembangan bahan	Fk	1.20	-	
6	Tebal hamparan padat	t	0.20	M	
II	METODE PELAKSANAAN				
1	Wheel Loader memuat kedalam Dump Truck				
2	D. Truck mengangkut ke lapangan dgn jarak Quarry TP.1 ke Lap.	L	50.00	Km	
3	D. Truck mengangkut ke lapangan dgn jarak Quarry TP.2 ke Lap.	L	45.00	Km	
4	D. Truck mengangkut ke lapangan dgn jarak Quarry TP.3 ke Lap.	L	35.00	Km	
5	D. Truck mengangkut ke lapangan dgn jarak Quarry TP.4 ke Lap.	L	25.00	Km	
6	Material dihampar dengan menggunakan Motor Grader				

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
7	Hamparan material disiram air dengan Water Tank Truck (sebelum pelaksanaan pemadatan) dan dipadatkan dengan menggunakan Vibro Roller				
8	Selama pemadatan sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan dan level permukaan dgn menggunakan alat bantu				
III	PEMAKAIAN BAHAN, ALAT DAN TENAGA				
1	BAHAN				
1a.	Mat. timbunan = 1 x Fk	(M09)	1.2000	M3	Material Lepas
2	A L A T				
2a.	WHEEL LOADER	(E07)			
	Kapasitas Bucket	V	2.00	M3	
	Faktor Bucket	Fb	0.90	-	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.83	-	
	Waktu Siklus :	Ts1			
	- Memuat	T1	1.00	Menit	
	- Lain-lain	T2	-	Menit	
		Ts1	1.00	Menit	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Fk \times Ts1}$	Q1	74.70	M3	
	Koef Alat / M3 = (1 : Q1)	(E07)	0.0134	Jam	
2b1.	DUMP TRUCK TP.1	(E18)			
	Kapasitas Bak	V	6.00	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.75	-	
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	35.00	Km/Jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	50.00	Km/Jam	
	Waktu Siklus :	Ts2			
	- Waktu muat isi = (V : Q1) x 60 menit	To	4.82	Menit	
	- Waktu tempuh is = (L : V1) x 60 menit	T1	85.71	Menit	
	- Waktu tempuh kosong = (L : V2) x 60 menit	T2	60.00	Menit	
	- Lain - lain	T4	1.91	Menit	
		Ts2	152.44	Menit	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts2}$	Q2	1.4760	M3	
	Koef. Alat / M3 = (1 : Q2)	(E18)	0.6775	Jam	
2b2.	DUMP TRUCK TP.2	(E18)			
	Kapasitas Bak	V	6.00	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.75	-	
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	35.00	Km/Jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	50.00	Km/Jam	

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2b3.	Waktu Siklus :	Ts2			
	- Waktu muat isi = (V : Q1) x 60 menit	To	4.82	Menit	
	- Waktu tempuh isi = (L : V1) x 60 menit	T1	77.14	Menit	
	- Waktu tempuh kosong = (L : V2) x 60 menit	T2	54.00	Menit	
	- Lain - lain	T4	1.91	Menit	
		Ts2	137.87	Menit	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts2}$	Q2	1.6319	M3	
	Koef. Alat / M3 = (1 : Q2)	(E18)	0.6128	Jam	
	DUMP TRUCK TP.3	(E18)			
	Kapasitas Bak	V	6.00	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.75	-	
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	35.00	Km/Jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	50.00	Km/Jam	
2b4.	Waktu Siklus :	Ts2			
	- Waktu muat isi = (V : Q1) x 60 menit	To	4.82	Menit	
	- Waktu tempuh isi = (L : V1) x 60 menit	T1	60.00	Menit	
	- Waktu tempuh kosong = (L : V2) x 60 menit	T2	42.00	Menit	
	- Lain - lain	T4	1.91	Menit	
		Ts2	108.73	Menit	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts2}$	Q2	2.0694	M3	
	Koef. Alat / M3 = (1 : Q2)	(E18)	0.4832	Jam	
	DUMP TRUCK TP.4	(E18)			
	Kapasitas Bak	V	6.00	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.75	-	
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	35.00	Km/Jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	50.00	Km/Jam	
Waktu Siklus :	Ts2				
- Waktu muat isi = (V : Q1) x 60 menit	To	4.82	Menit		
- Waktu tempuh isi = (L : V1) x 60 menit	T1	42.86	Menit		
- Waktu tempuh kosong = (L : V2) x 60 menit	T2	30.00	Menit		
- Lain - lain	T4	1.91	Menit		
	Ts2	79.59	Menit		
$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts2}$	Q2	2.8271	M3		
Koef. Alat / M3 = (1 : Q2)	(E18)	0.3537	Jam		

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2c.	MOTOR GRADER	(E06)			
	Panjang Hamparan	Lh	50.00	M	
	Lebar efektif kerja blade	b	2.40	M	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.83	-	
	Kecepatan rata-rata alat	V	5.00	Km/Jam	
	Jumlah Lintasan	n	5.00	Lintasan	
	Waktu Siklus :				
	- Peralatan 1 Lintasan = $Lh : (V \times 1000) \times 60$ menit	T1	0.60	Menit	
	- Lain - lain	T2	0.47	Menit	
		Ts3	1.07	Menit	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{Lh \times b \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts3}$	Q3	223.40	M3	
	Koef. Alat / M3 = (1 : Q3)	(E06)	0.0045	Jam	
2d.	VIBRATOR ROLLER	(E13)			
	Kecepatan rata-rata alat	V	6.00	Km/Jam	
	Lebar efektif pemadatan	b	1.20	M	
	Jumlah Lintasan	n	8.00	Lintasan	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.83	-	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{(V \times 1000) \times b \times t \times Fa}{n}$	Q4	149.40	M3	
	Koef. Alat / M3 = (1 : Q4)	(E13)	0.0067	Jam	
2e.	WATER TANK TRUCK	(E28)			
	Volume Tanki Air	V	4.00	M3	
	Kebutuhan air / M3 material padat	Wc	0.08	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.83	-	
	Pengisian Tanki / Jam	n	3.00	Kali	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times n}{Wc}$	Q5	122.96	M3	
	Koef. Alat / M3 = 1 : Q5	(E28)	0.0081	Jam	
2f.	ALAT BANTU				
	Diperlukan alat-alat bantu kecil :				
	- Sekop = 3 buah				
3	TENAGA				
	Produksi menentukan : WHEEL LOADER	Q1	74.70	M3/Jam	
	Produksi Galian / hari = $Tk \times Q1$	Qt	522.90	M3	
	Kebutuhan tenaga :				

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
	- Pekerja	P	4.00	Orang	
	- Tukang	T	-	Orang	
	- Mandor	M	1.00	Orang	
	Koefisien Tenaga / M3				
	- Pekerja = (Tk x P) : Qt	(L01)	0.0535	Jam	
	- Tukang = (Tk x T) : Qt	(L02)	-	Jam	
	- Mandor = (Tk x M) : Qt	(L03)	0.0134	Jam	

4.2.2. Perhitungan Harga Pekerjaan Timbunan Tanah

Untuk menentukan proses perhitungan harga material dari lokasi quarry hingga ke tempat proyek yang akan digunakan sebagai tanah timbunan sebagai berikut :

Tabel 4.2. Perhitungan Satuan Material Untuk Quarry A

NO	URAIAN	SAT	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
a	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.0535	6,930.00	371.08
2	Mandor	Jam	0.0134	7,260.00	97.19
JUMLAH HARGA TENAGA					468.27
b	BAHAN				
1	B. Timbunan	M3	1.2000	26,845.00	32,214.00
JUMLAH HARGA BAHAN					32,214.00
c	PERALATAN				
1	Wheel Loader	Jam	0.0134	325,000.00	4,350.74
2	Dump Truck	Jam	0.6775	100,000.00	67,750.00
3	Motor Grader	Jam	0.0045	328,564.61	1,470.73
4	Vibrator Roller	Jam	0.0067	230,000.00	1,539.49
5	Water Tank Truck	Jam	0.0081	150,264.65	1,222.03
6	Alat Bantu	Ls	1.0000	17.27	17.27
JUMLAH HARGA PERALATAN					76,350.26
d	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN = (a + b + c)				109,032.54
e	PAJAK PERTAMBAHAN NILAI (PPN) 10% x d				10,903.25
f	HARGA SATUAN PEKERJAAN (d+e)				119,935.79
g	PEMBULATAN				120,000.00

Tabel 4.3. Perhitungan Satuan Material Untuk Quarry B

NO	URAIAN	SAT	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
a	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.0535	6,930.00	371.08
2	Mandor	Jam	0.0134	7,260.00	97.19
JUMLAH HARGA TENAGA					468.27
b	BAHAN				
1	B. Timbunan	M3	1.2000	17,875.00	21,450.00
JUMLAH HARGA BAHAN					21,450.00
c	PERALATAN				
1	Wheel Loader	Jam	0.0134	325,000.00	4,350.74
2	Dump Truck	Jam	0.6128	100,000.00	61,280.00
3	Motor Grader	Jam	0.0045	328,564.61	1,470.73
4	Vibrator Roller	Jam	0.0067	230,000.00	1,539.49
5	Water Tank Truck	Jam	0.0081	150,264.65	1,222.03
6	Alat Bantu	Ls	1.0000	17.27	17.27
JUMLAH HARGA PERALATAN					69,880.26
d	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN = (a + b + c)				91,798.54
e	PAJAK PERTAMBAHAN NILAI (PPN) 10% x d				9,179.85
f	HARGA SATUAN PEKERJAAN (d+e)				100,978.39
g	PEMBULATAN				101,000.00

Tabel 4.4. Perhitungan Satuan Material Untuk Quarry C

NO	URAIAN	SAT	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
a	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.0535	6,930.00	371.08
2	Mandor	Jam	0.0134	7,260.00	97.19
JUMLAH HARGA TENAGA					468.27
b	BAHAN				
1	B. Timbunan	M3	1.2000	16,525.00	19,830.00
JUMLAH HARGA BAHAN					19,830.00
c	PERALATAN				
1	Wheel Loader	Jam	0.0134	325,000.00	4,350.74
2	Dump Truck	Jam	0.4832	100,000.00	48,324.12
3	Motor Grader	Jam	0.0045	328,564.61	1,470.73
4	Vibrator Roller	Jam	0.0067	230,000.00	1,539.49
5	Water Tank Truck	Jam	0.0081	150,264.65	1,222.03
6	Alat Bantu	Ls	1.0000	17.27	17.27
JUMLAH HARGA PERALATAN					56,924.39
d	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN = (a + b + c)				77,222.66
e	PAJAK PERTAMBAHAN NILAI (PPN) 10% x d				7,722.27
f	HARGA SATUAN PEKERJAAN (d+e)				84,944.92
g	PEMBULATAN				85,000.00

Tabel 4.5. Perhitungan Satuan Material Untuk Quarry D

NO	URAIAN	SAT	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
a	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.0535	6,930.00	371.08
2	Mandor	Jam	0.0134	7,260.00	97.19
JUMLAH HARGA TENAGA					468.27
b	BAHAN				
1	B. Timbunan	M3	1.2000	12,175.00	14,610.00
JUMLAH HARGA BAHAN					14,610.00
c	PERALATAN				
1	Wheel Loader	Jam	0.0134	325,000.00	4,350.74
2	Dump Truck	Jam	0.3537	100,000.00	35,371.74
3	Motor Grader	Jam	0.0045	328,564.61	1,470.73
4	Vibrator Roller	Jam	0.0067	230,000.00	1,539.49
5	Water Tank Truck	Jam	0.0081	150,264.65	1,222.03
6	Alat Bantu	Ls	1.0000	17.27	17.27
JUMLAH HARGA PERALATAN					43,972.00
d	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN = (a + b + c)				59,050.28
e	PAJAK PERTAMBAHAN NILAI (PPN) 10% x d				5,905.03
f	HARGA SATUAN PEKERJAAN (d+e)				64,955.30
g	PEMBULATAN				65,000.00

Keterangan :

- Perkiraan kuantitas pada perhitungan satuan material untuk Quarry didapat pada tabel 4.1. perhitungan kapasitas produksi alat berat untuk pekerjaan timbunan.
- Alat yang dihitung kapasitasnya merupakan alat berat yang digunakan pada pekerjaan timbunan pada Proyek Pembangunan Reservoir – Pekerjaan Lanjutan Bendungan Marangkayu (sesuai dengan Owner estimate).

4.3. Penetapan Fungsi Tujuan dan Kendala

Permasalahan komposisi material diatas dapat kita formulasikan ke dalam bentuk *linear programming* sebagai berikut :

1. Variabel :

- X_1 = volume material dari quarry 1
- X_2 = volume material dari quarry 2
- X_3 = volume material dari quarry 3
- X_4 = volume material dari quarry 4

2. Harga Satuan Material :

- Untuk harga material dari quarry 1 = A. Rp 120.000,-/m³
- Untuk harga material dari quarry 2 = B. Rp 101.000,-/m³
- Untuk harga material dari quarry 3 = C. Rp 85.000,-/m³
- Untuk harga material dari quarry 4 = D. Rp 65.000,-/m³

3. Fungsi Tujuan :

- Minimumkan :

$$\begin{aligned} Z &= A x_1 + B x_2 + C x_3 + D x_4 \\ &= 120.000 x_1 + 101.000 x_2 + 85.000 x_3 + 65.000 x_4 \end{aligned}$$

4. Fungsi Kendala :

- Pasir : $0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 \geq (0.40 \times 1.250.000)$
- Kerikil : $0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 \leq (0.50 \times 1.250.000)$
- Lanau : $0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 \geq (0.15 \times 1.250.000)$
- Besi : $0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 \geq (0.04 \times 1.250.000)$
- Nikel : $0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 \leq (0.02 \times 1.250.000)$
- Kebutuhan : $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 1.250.000$

5. Rumusan Linear Programming :

Fungsi Tujuan Minimumkan :

$$Z = 120.000 x_1 + 101.000 x_2 + 85.000 x_3 + 65.000 x_4$$

Bentuk fungsi pembatas :

$$0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 \geq 500000$$

$$0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 \leq 625000$$

$$0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 \geq 187500$$

$$0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 \geq 50000$$

$$0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 \leq 25000$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 1250000$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

4.4. Solusi *Linear Programming* Dengan Metode Simplex

Untuk menyelesaikan *linear programming* dengan metode simplex akan diuraikan dalam 7 tahap penyelesaian sebagai berikut :

Tabel Awal :

Tahap 1 : Formulasi masalah.

Minimumkan :

$$Z = 120.000 x_1 + 101.000 x_2 + 85.000 x_3 + 65.000 x_4$$

Pembatas :

$$0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 \geq 500000$$

$$0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 \leq 625000$$

$$0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 \geq 187500$$

$$0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 \geq 50000$$

$$0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 \leq 25000$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 1250000$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

Tahap 2 : Pembuatan tabel awal.

Untuk memecahkan persamaan *linear programming* dengan metode simplex diperlukan dua hal. *Pertama*, yang harus kita lakukan adalah menyesuaikan formulasi permasalahan dengan standard simpleks. Dengan kata lain kita harus merubah tanda pertidaksamaan menjadi persamaan . Formulasi sesuai standard simpleks artinya kita harus merubah tanda pertidaksamaan (\leq maupun \geq) menjadi persamaan.

Untuk kendala dengan tanda (\geq), harus dikurangi dengan *surplus variabel* dan ditambah dengan *artificial variabel*. Sehingga kendala pertama yaitu :

$$0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 \geq (0.40 \times 1250000)$$

sehingga menjadi :

$$0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 - S_1 + A_1 = 500000$$

Kendala kedua kita tambahkan *slack variabel*, yaitu :

$$0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 \leq (0.50 \times 1250000)$$

sehingga menjadi :

$$0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 + S_2 = 625000$$

Kendala ketiga kita kurangi dengan *surplus variabel* dan ditambah dengan *artificial variabel*, yaitu :

$$0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 \geq (0.15 \times 1250000)$$

sehingga menjadi :

$$0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 - S_3 + A_3 = 187500$$

Kendala keempat kita kurangi dengan *surplus variabel* dan ditambah dengan *artificial variabel*, yaitu :

$$0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 \geq (0.04 \times 1250000)$$

sehingga menjadi :

$$0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 - S_4 + A_4 = 50000$$

Kendala kelima kita tambahkan *slack variabel*, yaitu :

$$0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 \leq (0.02 \times 1250000)$$

sehingga menjadi :

$$2 x_1 + 1 x_2 + 1 x_3 + 2 x_4 + S_5 = 25000$$

Kendala keenam kita kurangi dengan *surplus variabel* dan ditambah dengan *artificial variabel*, yaitu :

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \geq 1250000$$

sehingga menjadi :

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - S_6 + A_6 = 1250000$$

Kedua, menyusun tabel penyelesaian. Untuk persamaan diatas, perubahan fungsi kendalanya adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{rcl} 0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 - S_1 + A_1 & & = 500000 \\ 0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 & - S_2 & = 625000 \\ 0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 & - S_3 + A_3 & = 187500 \\ 0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 & - S_4 + A_4 & = 50000 \\ 0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 & + S_5 & = 25000 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 & - S_6 + A_6 & = 1250000 \\ & & X_1, X_2, X_3, X_4 = 0 \end{array}$$

Dengan penambahan ini, semua variabel yang akan terwakili disetiap fungsi kendala. Yaitu, dengan setiap variabel slack atau surplus yang tidak ada di fungsi persamaan diatas diberikan koefisien 0 (nol). Formulasi lengkap fungsi kendala persamaan diatas akan tampak sebagai berikut :

$$\begin{array}{rcl} 0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 - S_1 + A_1 + 0 S_2 + 0 S_3 + 0 A_3 + 0 S_4 + 0 A_4 + 0 S_5 + 0 S_6 + 0 A_6 & = & 500000 \\ 0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 + 0 S_1 + 0 A_1 - S_2 + 0 S_3 + 0 A_3 + 0 S_4 + 0 A_4 + 0 S_5 + 0 S_6 + 0 A_6 & = & 625000 \\ 0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 + 0 S_1 + 0 A_1 + 0 S_2 - S_3 + A_3 + 0 S_4 + 0 A_4 + 0 S_5 + 0 S_6 + 0 A_6 & = & 187500 \\ 0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 + 0 S_1 + 0 A_1 + 0 S_2 + 0 S_3 + 0 A_3 - S_4 + A_4 + 0 S_5 + 0 S_6 + 0 A_6 & = & 50000 \\ 0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 + 0 S_1 + 0 A_1 + 0 S_2 + 0 S_3 + 0 A_3 + 0 S_4 + 0 A_4 + S_5 + 0 S_6 + 0 A_6 & = & 25000 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + 0 S_1 + 0 A_1 + 0 S_2 + 0 S_3 + 0 A_3 + 0 S_4 + 0 A_4 + 0 S_5 - S_6 + A_6 & = & 1250000 \\ & & X_1, X_2, X_3, X_4 = 0 \end{array}$$

Terakhir kita harus menuliskan fungsi tujuan. Karena dalam fungsi kendala ada artificial variabel, maka kita harus memberikan koefisien +M untuk

artificial variable tersebut di fungsi tujuan. Koefisien +M ini menunjukkan angka yang sangat besar nilainya, sehingga dalam kasus ini dapat diinterpretasikan biaya yang sangat tinggi. Fungsi tujuan akan menjadi :

$$\min Z = 120000X_1 + 101000X_2 + 85000X_3 + 65000X_4 + 0S_1 + MA_1 + 0S_2 + 0S_3 + MA_3 + 0S_4 + MA_4 + 0S_5 + 0S_6 + MA_6$$

Setelah diperoleh perubahan variabel dari persamaan diatas, disusunlah tabel awal sebagai berikut :

Tabel 4.6. Tabel Awal

Awal	C _j	120000	101000	85000	65000	0	(+M)	0	0	(+M)	0	(+M)	0	0	(+M)	Q	Rasio
Product Mix		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S ₁	A ₁	S ₂	S ₃	A ₃	S ₄	A ₄	S ₅	S ₆	A ₆		
A ₁	(+M)	0.45	0.40	0.47	0.50	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	500000	1000000.00
S ₂	0	0.40	0.45	0.40	0.30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	625000	2083333.33
A ₃	(+M)	0.10	0.12	0.08	0.16	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	187500	1171875.00
A ₄	(+M)	0.03	0.02	0.04	0.02	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	50000	2500000.00
S ₅	0	0.02	0.01	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	25000	1250000.00
A ₆	(+M)	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	1250000	125000000
Z _j		0.59 M	0.55 M	0.60 M	0.69 M	(-M)	M	0	(-M)	M	(-M)	M	0	(-M)	M	1987500 M	
C _j - Z _j		120000 - 0.59 M	101000 - 0.55 M	85000 - 0.60 M	65000 - 0.69 M	M	0	0	M	0	M	0	0	M	0		

Tahap Iterasi 1 :

Tahap 1 : Penentuan variabel yang masuk dalam jawaban.

Dari baris C_j - Z_j, variabel X₄ mempunyai tanda negatif serta angkanya paling besar (65000 - 0.69M), karenanya variabel ini yang akan digunakan.

Tahap 2 : Penentuan variabel yang akan diganti.

Variabel yang akan diganti ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Baris } A_1 = \frac{500000}{0.50} = 1000000 \rightarrow \text{positif terkecil.}$$

$$\text{Baris } S_2 = \frac{625000}{0.30} = 2083333.33$$

$$\text{Baris } A_3 = \frac{187500}{0.16} = 1171875$$

$$\text{Baris } A_4 = \frac{50000}{0.02} = 2500000$$

$$\text{Baris } S_5 = \frac{25000}{0.02} = 1250000$$

$$\text{Baris } A_6 = \frac{1250000}{0.01} = 125000000$$

Maka didapat baris A_1 memberikan hasil bagi variabel terkecil dan pada kolom X_4 mempunyai nilai positif terkecil adalah 1000000.

Tahap 3 : Perhitungan koefisien baru untuk variabel jawaban.

Koefisien variabel A_1 dihitung dengan koefisien pembagi, yaitu 0.50 yang merupakan elemen perpotongan antara variabel X_4 yang memiliki nilai $C_j - Z_j$ terbesar dan variabel baris A_1 yang mempunyai hasil bagi terkecil.

Koefisien variabel A_1 adalah :

$$\frac{0.45}{0.50} = 0.9, \quad \frac{0.4}{0.50} = 0.8, \quad \frac{0.47}{0.50} = 0.94, \quad \frac{0.5}{0.50} = 1, \quad \frac{-1}{0.50} = -2.00, \quad \frac{1}{0.50} = 2, \quad \frac{0}{0.50} = 0, \quad \frac{0}{0.50} = 0, \\ \frac{0}{0.50} = 0, \quad \frac{0}{0.50} = 0, \quad \frac{0}{0.50} = 0, \quad \frac{0}{0.50} = 0, \quad \frac{0}{0.50} = 0, \quad \frac{0}{0.50} = 0, \quad \frac{40}{0.50} = 80.$$

Tahap 4 : Revisi koefisien baris-baris kendala lainnya.

Revisi koefisien baris S_2 , A_3 , A_4 , S_5 , dan A_6 dengan menggunakan metode Pivot. Namun, Pada kasus minimisasi melakukan perbaikan tabel kita harus menentukan pivot column dan pivot row dengan cara menentukan pivot column lalu memilih angka pada baris $C_j - Z_j$ yang mempunyai tanda negatif serta angkanya paling besar. Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

– Revisi Koefisien Baris S_2

❖ Koefisien baris S_2 lama – (Elemen perpotongan x koefisien elemen baris S_2 baru) = koefisien baris S_2 baru.

- $0.40 - (0.30 \times 0.9) = 0.13 \rightarrow$ (koefisien baris S_2 baru).

Selanjutnya dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 4.7. Revisi Koefisien Baris S₂

Revisi Koefisien Baris S ₂						
Koefisien baris S ₂ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X ₄ dan Baris S ₂)	x	Koefisien Elemen Baris A ₁ Baru	=	Koefisien Baris S ₂ Baru
0.40	-	0.30	x	0.9	=	0.13
0.45	-	0.30	x	0.8	=	0.21
0.40	-	0.30	x	0.94	=	0.118
0.30	-	0.30	x	1	=	0
0	-	0.30	x	-2	=	0.6
0	-	0.30	x	2	=	-0.6
1	-	0.30	x	0	=	1
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
625000	-	0.30	x	1000000	=	325000

Untuk menghitung Revisi koefisien baris A₃, A₄, S₅, dan A₆ langkah-langkah perhitungannya sama dengan mencari perhitungan Revisi koefisien baris S₂.

Tahap 5 : Penyusunan tabel jawaban.

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien dari prosedur tahap-tahap sebelumnya, maka dengan ini selesailah satu *iteration* dari persamaan *linear programming*. Jawabannya dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.8. Iterasi 1

Iterasi 1	C _j	120000	101000	85000	65000	0	(+M)	0	0	(+M)	0	(+M)	0	0	(+M)	Q	Rasio
Product Mix		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S ₁	A ₁	S ₂	S ₃	A ₃	S ₄	A ₄	S ₅	S ₆	A ₆		
X ₄	65000	0.9	0.8	0.94	1	-2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1000000	-500000.00
S ₂	0	0.13	0.21	0.118	0	0.6	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	325000	541666.67
A ₃	(+M)	-0.044	-0.008	-0.0704	0	0.32	-0.32	0	-1	1	0	0	0	0	0	27500	85937.50
A ₄	(+M)	0.012	0.004	0.0212	0	0.04	-0.04	0	0	0	-1	1	0	0	0	30000	750000.00
S ₅	0	0.002	-0.006	-0.0088	0	0.04	-0.04	0	0	0	0	1	0	0	0	5000	125000.00
A ₆	(+M)	0.001	0.002	0.0006	0	0.02	-0.02	0	0	0	0	0	0	-1	1	1240000	6200000
Z _j	(58500 - 0.031 M)	(52000 - 0.002 M)	(61100 - 0.0486 M)	65000	(-130000 + 0.38 M)	(130000 - 0.38 M)	0	(-M)	M	(-M)	M	0	(-M)	M	(65000000000 + 1297500 M)		
C _j - Z _j	61500 + 0.031 M	49000 + 0.002 M	23900 + 0.0486 M	0	130000 - 0.38 M	(-130000 + 1.38 M)	0	M	0	M	0	0	M	0			

Dengan membuat tabel jawaban 2 ini maka selesailah satu iterasi dari proses pemecahan persamaan *linear programming*. Dari Tabel 4.8 kita mengetahui

bahwa sampai iterasi pertama jumlah biaya adalah (65000000000 + 1297500 M). Biaya ini dapat diperkecil lagi karena dari baris $C_j - Z_j$ kita lihat ada nilai negatif. Dari baris $C_j - Z_j$ ini nilai negatif yang terbesar (130000 - 0.38 M), karena variabel berikutnya yang akan dimasukkan dalam jawaban adalah S_1 .

Tahap Iterasi 2

Setelah selesai mengidentifikasi adanya kemungkinan penurunan biaya (Z) dari baris $C_j - Z_j$ maka tahap penyelesaian selanjutnya adalah sama dengan tahap yang telah kita lakukan sebelumnya.

Tahap 1 : Penentuan variabel yang masuk dalam jawaban.

Dari Tabel 4.8, diketahui nilai baris $C_j - Z_j$ negatif terbesar adalah (130000 - 0.38 M), karenanya variabel S_1 yang akan masuk dalam jawaban.

Tahap 2 : Penentuan variabel yang akan diganti.

Variabel yang akan diganti ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Baris } A_1 = \frac{1000000}{-2} = -500000$$

$$\text{Baris } S_2 = \frac{325000}{0.6} = 541666.67$$

$$\text{Baris } A_3 = \frac{27500}{0.32} = 85937.50 \rightarrow \text{positif terkecil}$$

$$\text{Baris } A_4 = \frac{30000}{0.04} = 750000$$

$$\text{Baris } S_5 = \frac{5000}{0.04} = 125000$$

$$\text{Baris } A_6 = \frac{1240000}{0.02} = 62000000$$

Maka didapat baris A_3 memberikan hasil bagi variabel terkecil dan pada kolom S_1 mempunyai nilai positif terkecil adalah 85937.50.

Tahap 3 : Perhitungan koefisien baru untuk variabel jawaban.

Koefisien variabel A_3 dihitung dengan koefisien pembagi, yaitu 0.32 yang merupakan elemen perpotongan antara variabel S_1 yang memiliki nilai $C_j - Z_j$ terkecil dan variabel baris A_3 yang mempunyai hasil bagi terkecil.

Koefisien variabel A_3 adalah :

$$\frac{-0.04}{0.32} = -0.138, \frac{-0.01}{0.32} = -0.025, \frac{-0.07}{0.32} = -0.22, \frac{0}{0.32} = 0, \frac{0.32}{0.32} = 1, \frac{-0.32}{0.32} = -1, \frac{0}{0.32} = 0, \frac{-1}{0.32} = -3.125,$$

$$\frac{1}{0.32} = 3.125, \frac{0}{0.32} = 0, \frac{0}{0.32} = 0, \frac{0}{0.32} = 0, \frac{0}{0.32} = 0, \frac{0}{0.32} = 0, \frac{27500}{0.32} = 85938.$$

Tahap 4 : Revisi koefisien baris-baris kendala lainnya.

Revisi koefisien baris $X_4, S_2, A_4, S_5,$ dan A_6 dengan menggunakan metode Pivot. Namun, Pada kasus minimisasi melakukan perbaikan tabel kita harus menentukan pivot column dan pivot row dengan cara menentukan pivot column lalu memilih angka pada baris $C_j - Z_j$ yang mempunyai tanda negatif serta angkanya paling besar. Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

– Revisi Koefisien Baris X_4

❖ Koefisien baris X_4 lama – Elemen perpotongan x koefisien elemen

baris X_4 baru = koefisien baris X_4 baru.

- $0.9 - (-2 \times -0.1375) = 0.625 \rightarrow$ (koefisien baris X_4 baru).

Selanjutnya dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 4.9. Revisi Koefisien Baris X4

Revisi Koefisien Baris X4						
Koefisien baris X ₄ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom S1 dan Baris A3)	x	Koefisien Elemen Baris A ₃ Baru	=	Koefisien Baris X ₄ Baru
0.9	-	-2	x	-0.1375	=	0.625
0.8	-	-2	x	-0.025	=	0.75
0.94	-	-2	x	-0.22	=	0.50
1	-	-2	x	0	=	1
-2	-	-2	x	1	=	0
2	-	-2	x	-1	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	-3.125	=	-6.25
0	-	-2	x	3.125	=	6.25
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
1000000	-	-2	x	85937.5	=	1171875

Untuk menghitung Revisi koefisien baris S₂, A₄, S₅, dan A₆ langkah-langkah perhitungannya sama dengan mencari perhitungan Revisi koefisien baris X₄.

Tahap 5 : Penyusunan tabel jawaban.

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien dari prosedur tahap-tahap sebelumnya, maka dengan ini selesailah iterasi kedua dari persamaan *linear programming*. Jawabannya dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai berikut :

Tabel 4.10. Iterasi 2

Iterasi 2	C _j	120000	101000	85000	65000	0	(+M)	0	0	(+M)	0	(+M)	0	0	(+M)	Q	Rasio
Product Mix		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S ₁	A ₁	S ₂	S ₃	A ₃	S ₄	A ₄	S ₅	S ₆	A ₆		
X ₄	65000	0.625	0.75	0.5	1	0	0	0	-6.25	6.25	0	0	0	0	0	1171875	2343750
S ₂	0	0.2125	0.225	0.25	0	0	0	1	1.875	-1.875	0	0	0	0	0	273437.5	1093750
S ₁	0	-0.1375	-0.025	-0.22	0	1	-1	0	-3.125	3.125	0	0	0	0	0	85937.5	-390625
A ₄	(+M)	0.0175	0.005	0.03	0	0	0	0	0.125	-0.125	-1	1	0	0	0	26562.5	885417
S ₅	0	0.0075	-0.005	0	0	0	0	0	0.125	-0.125	0	0	1	0	0	1562.5	-
A ₆	(+M)	0.00375	0.0025	0.005	0	0	0	0	0.0625	-0.0625	0	0	0	-1	1	1238281.25	247656250
Z _j	40625 + 0.00375 M	(48750 + 0.0025 M)	(32500 + 0.0050 M)	65000	0	0	0	0	(-406250 + 0.0625 M)	406250 - 0.0625 M	(-M)	M	0	(-M)	M	(76171875000 + 1238281.25 M)	
C _j - Z _j	79375 - 0.00375 M	52250 - 0.0025 M	52500 - 0.0050 M	0	0	M	0	0	406250 - 0.063 M	(-406250 + 1.063 M)	M	0	0	M	0		

Dengan membuat tabel jawaban 3 ini maka selesailah satu iterasi dari proses pemecahan persamaan *linear programming*. Dari Tabel 4.10, kita mengetahui

bahwa sampai iterasi kedua jumlah biaya adalah $(76171875000 + 1238281.25 M)$. Perhitungan iterasi kedua ini belum menjadi iterasi yang dicari dikarenakan masih terdapat nilai negatif pada baris $C_j - Z_j$. Biaya ini dapat diperkecil lagi karena dari baris $C_j - Z_j$ kita lihat ada nilai negatif. Dari baris $C_j - Z_j$ ini nilai negatif yang terbesar ($52500 - 0.0050 M$), karena variabel berikutnya yang akan dimasukkan dalam jawaban adalah X_3 pada tahap iterasi ketiga.

Tahap Iterasi 3

Setelah selesai mengidentifikasi adanya kemungkinan penurunan biaya (Z) dari baris $C_j - Z_j$ maka tahap penyelesaian selanjutnya adalah sama dengan tahap yang telah kita lakukan sebelumnya.

Tahap 1 : Penentuan variabel yang masuk dalam jawaban.

Dari Tabel 4.10, diketahui nilai baris $C_j - Z_j$ negatif terbesar adalah ($52500 - 0.0050 M$), karenanya variabel X_3 yang akan masuk dalam jawaban.

Tahap 2 : Penentuan variabel yang akan diganti.

Variabel yang akan diganti ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Baris } X_4 = \frac{1171875}{0.5} = 2342750$$

$$\text{Baris } S_2 = \frac{273437.5}{0.25} = 1093750$$

$$\text{Baris } S_1 = \frac{85937.5}{-0.22} = -390625$$

$$\text{Baris } A_4 = \frac{26562.5}{0.03} = 885417 \rightarrow \text{positif terkecil}$$

$$\text{Baris } S_5 = \frac{1562.5}{0} = \sim \rightarrow \text{abaikan rasio seperti ini}$$

$$\text{Baris } A_6 = \frac{1238281.25}{0.005} = 247656250$$

Maka didapat baris A₄ memberikan hasil bagi variabel terkecil dan pada kolom X₃ mempunyai nilai positif terkecil adalah 885417.

Tahap 3 : Perhitungan koefisien baru untuk variabel jawaban.

Koefisien variabel A₄ dihitung dengan koefisien pembagi, yaitu 0.03 yang merupakan elemen perpotongan antara variabel X₃ yang memiliki nilai C_j – Z_j terkecil dan variabel baris A₄ yang mempunyai hasil bagi terkecil.

Koefisien variabel A₄ adalah :

$$\frac{0.0175}{0.03} = 0.5833, \frac{0.005}{0.03} = 0.1667, \frac{0}{0.03} = 0, \frac{0}{0.03} = 0, \frac{0}{0.03} = 0, \frac{0}{0.03} = 0, \frac{0}{0.03} = 0, \frac{0.125}{0.03} = 4.1667,$$

$$\frac{-0.125}{0.03} = -4.167, \frac{-1}{0.03} = -33.33, \frac{1}{0.03} = 33.333, \frac{0}{0.03} = 0, \frac{0}{0.03} = 0, \frac{0}{0.03} = 0, \frac{26562.5}{0.03} = 885416.67.$$

Tahap 4 : Revisi koefisien baris-baris kendala lainnya.

Revisi koefisien baris X₄, S₂, S₁, S₅, dan A₆ dengan menggunakan metode Pivot. Namun, Pada kasus minimisasi melakukan perbaikan tabel kita harus menentukan pivot column dan pivot row dengan cara menentukan pivot column lalu memilih angka pada baris C_j – Z_j yang mempunyai tanda negatif serta angkanya paling besar. Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

– Revisi Koefisien Baris X₄

❖ Koefisien baris X₄ lama – Elemen perpotongan x koefisien elemen baris X₄ baru = koefisien baris X₄ baru.

- $0.625 - (0.5 \times 0.583) = 0.3335 \rightarrow$ (koefisien baris X₄ baru).

Selanjutnya dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 4.11. Revisi Koefisien Baris X4

Revisi Koefisien Baris X4

Koefisien baris X ₄ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X3 dan Baris X4)	x	Koefisien Elemen Baris A ₄ Baru	=	Koefisien Baris X ₄ Baru
0.625	-	0.5	x	0.583	=	0.3335
0.75	-	0.5	x	0.167	=	-8.50
0.5	-	0.5	x	1	=	0
1	-	0.5	x	0	=	1
0	-	0.5	x	0	=	9.625
0	-	0.5	x	0	=	-9.625
0	-	0.5	x	0	=	0
-6.25	-	0.5	x	4.1667	=	-8.33335
6.25	-	0.5	x	-4.1667	=	8.33335
0	-	0.5	x	-33.333	=	16.6665
0	-	0.5	x	33.333	=	-16.6665
0	-	0.5	x	0	=	0
0	-	0.5	x	0	=	0
0	-	0.5	x	0	=	0
1171875	-	0.5	x	885416.6667	=	364583.3438

Untuk menghitung Revisi koefisien baris S₂, S₁, S₅, dan A₆ langkah-langkah perhitungannya sama dengan mencari perhitungan Revisi koefisien baris X₄.

Tahap 5 : Penyusunan tabel jawaban.

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien dari prosedur tahap-tahap sebelumnya, maka dengan ini selesailah iterasi kedua dari persamaan *linear programming*. Jawabannya dapat dilihat pada Tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.12. Iterasi 3

Iterasi 3	C _j	120000	101000	85000	65000	0	(+ M)	0	0	(+ M)	0	(+ M)	0	0	(+ M)	Q	Rasio
Product Mix		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S ₁	A ₁	S ₂	S ₃	A ₃	S ₄	A ₄	S ₅	S ₆	A ₆		
X ₄	65000	0.33333	0.66667	0	1	0	0	0	-8.33333	8.33333	16.66667	-16.66667	0	0	0	364583.3438	546875
S ₂	0	0.06667	0.18333	0	0	0	0	1	0.83333	-0.83333	8.33333	-8.33333	0	0	0	52083.3333	284091
S ₁	0	-0.00917	0.01167	0	0	1	-1	0	-2.20833	2.20833	-7.33333	7.33333	0	0	0	280729.1667	24062500
X ₃	85000	0.58333	0.16667	1	0	0	0	0	4.16667	-4.16667	-33.33333	33.33333	0	0	0	885416.6667	5312500
S ₅	0	0.00750	-0.00500	0	0	0	0	0	0.125	-0.125	0	0	1	0	0	1562.5000	-312500
A ₆	(+ M)	0.00083	0.00167	0	0	0	0	0	0.04167	-0.04167	0.16667	-0.16667	0	-1	1	729166.6667	437500000
Z _j	71250 - 0.000833M	57500 - 0.001667 M	85000	65000	0	0	0	0	(-187500 - 0.0417 M)	(187500 - 0.0417 M)	1750000 - 0.1667 M	(-1750000 - 0.1667 M)	0	(-M)	M	(0.98958E+11 + 1233854.167 M)	
C _j - Z _j	48750 + 0.000833 M	43500 + 0.001667 M	0	0	0	0	M	0	187500 + 0.0417 M	(-187500 + 1.0417 M)	(1750000 + 0.1667 M)	(-1750000 + 0.1667 M)	0	M	0		

Tabel 4.12, ini memperlihatkan bahwa pada baris C_j – Z_j tidak mempunyai nilai negative lagi, maka kita mengetahui bahwa sampai iterasi ketiga telah

sampai pada pecahan optimum. Dari tabel 4.12, dapat kita simpulkan bahwa jumlah biaya maksimum adalah

$$\begin{aligned}\text{Min } Z &= 120000X_1 + 101000X_2 + 85000X_3 + 65000X_4 \\ &= (120000 \times 0) + (101000 \times 0) + (85000 \times 885416.6875) + (65000 \times 364583.3125) \\ &= \text{Rp } 98,958,333,750.-\end{aligned}$$

Pada perhitungan diatas dapat diketahui hasil nilai optimum $Z_{\min} = \text{Rp } 98,958,333,750.-$ dan untuk nilai alokasi material fungsi (variabel x_3) = $885416.687500 \text{ m}^3$ dan (variabel x_4) = $364583,3125 \text{ m}^3$, sedangkan nilai alokasi material fungsi (variabel x_1) = 0 m^3 dan (variabel x_2) = 0 m^3 .

4.5. Analisis Linear Programming Dengan LINDO

Sebagai pengganti untuk menyelesaikan persamaan *linear programming* yang berskala besar, dapat menggunakan beberapa program komputer yang dibuat untuk mempermudah memecahkan persamaan *linear programming*. Program yang akan kita gunakan untuk pembahasan di sini adalah *LINDO* atau *Linear Interactive and Discrete Optimizer*. Program Lindo ini dapat digunakan untuk membantu memformulasikan model, memecahkan persamaan, menyajikan output solusi, dan memberikan data untuk analisis parametrik(Muhammad Muslich, 2009 : 140).

Pemecahan persamaan linear programming dengan menggunakan program LINDO dapat diberikan sebagai berikut :

Minimumkan :

Fungsi Tujuan Minimumkan :

$$Z = 120.000 x_1 + 101.000 x_2 + 85.000 x_3 + 65.000 x_4$$

Bentuk sederhana dari fungsi pembatas :

$$0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 \geq 500000$$

$$0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 \leq 625000$$

$$0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 \geq 187500$$

$$0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 \geq 50000$$

$$0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 \leq 25000$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 1250000$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

Keterangan untuk data yang akan di-input sebagai berikut :

a.1 : Harga material masing-masing quarry yaitu

- A. Rp 120.000,-/m³ ; B. Rp 101.000,-/m³ ; C. Rp 85.000,-/m³ ; D. Rp 65.000,-/m³.

a.2 : Fungsi untuk masing-masing komposisi material yaitu

- Pasir : $0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 \geq 500000$
- Kerikil : $0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 \leq 625000$
- Lanau : $0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 \geq 187500$
- Besi : $0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 \geq 50000$
- Nikel : $0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 \leq 25000$
- Kebutuhan : $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 1.250.000$

Dari keterangan diatas setelah di-inputkan dalam persamaan *linear programming* kedalam komputer dengan menggunakan program LINDO sebagai berikut :

$$\text{Min } 120000x_1 + 101000x_2 + 85000x_3 + 65000x_4$$

Subject to

$$0.45 x_1 + 0.40 x_2 + 0.47 x_3 + 0.50 x_4 \geq 500000$$

$$0.40 x_1 + 0.45 x_2 + 0.40 x_3 + 0.30 x_4 \leq 625000$$

$$0.10 x_1 + 0.12 x_2 + 0.08 x_3 + 0.16 x_4 \geq 187500$$

$$0.03 x_1 + 0.02 x_2 + 0.04 x_3 + 0.02 x_4 \geq 50000$$

$$0.02 x_1 + 0.01 x_2 + 0.01 x_3 + 0.02 x_4 \leq 25000$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 1250000$$

End

Setelah data-data diatas diproses dengan menggunakan program LINDO

diperoleh hasil sebagaimana ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.13. Hasil Output Program LINDO

OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1) 0.9895833375E+11		
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	48750.000000
X2	0.000000	43500.000000
X3	885416.687500	0.000000
X4	364583.312500	0.000000
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	280729.156250	0.000000
3)	52083.332031	0.000000
4)	0.000000	-187500.000000
5)	0.000000	-1750000.000000
6)	1562.500000	0.000000
7)	729166.687500	0.000000

Tabel 4.14. Analisis Sensitivitas Koefisien Fungsi Tujuan

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	120000.000000	INFINITY	48750.000000
X2	101000.000000	INFINITY	43500.000000
X3	85000.000000	45000.000000	52500.003906
X4	65000.000000	65250.003906	22500.000000

Tabel 4.15. Analisis Sensitivitas Nilai Ruas Kanan (RHS)

RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	500000.000000	280729.156250	INFINITY
3	625000.000000	INFINITY	52083.332031
4	187500.000000	12500.000000	87500.007812
5	50000.000000	6250.000000	21875.001953
6	25000.000000	INFINITY	1562.500000
7	1250000.000000	729166.687500	INFINITY

Penjelasan pada hasil output pada program LINDO

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

$A x_1 + B x_2 + C x_3 + D x_4$
 $(120000x_0) + (101000x_0) + (85000x_0) + (885416.6875) + (65000x_0) + (364583.312500)$

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 98958333750

VARIABLE VALUE REDUCED COST

X1	0.000000	48750.000000
X2	0.000000	43500.000000
X3	885416.687500	0.000000
X4	364583.312500	0.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2)	280729.156250	0.000000
3)	52083.332031	0.000000
4)	0.000000	-187500.000000
5)	0.000000	-1750000.000000
6)	1562.500000	0.000000
7)	729166.687500	0.000000

NO. ITERATIONS = 3

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	120000.000000	INFINITY	48750.000000
X2	101000.000000	INFINITY	43500.000000
X3	85000.000000	45000.000000	52500.003906
X4	65000.000000	65250.003906	22500.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	500000.000000	280729.1563	INFINITY
3	625000.000000	INFINITY	52083.332031
4	187500.000000	12500.000000	87500.007812
5	50000.000000	6250.000000	21875.001953
6	25000.000000	INFINITY	1562.500000
7	1250000.000000	729166.6875	INFINITY

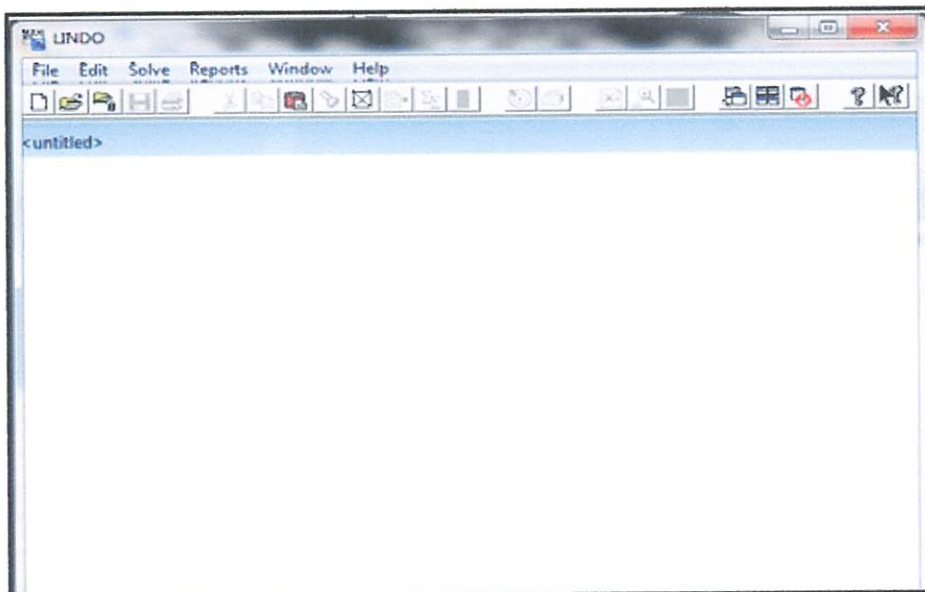
Annotations:

- Nilai optimal variabel keputusan
- Selagi nilai optimal variabel keputusan > 0 maka penurunan nilai A, B, C dan D tidak akan mengubah nilai optimal variabel
- Seluruh kapasitas kendala 4 da 5 digunakan untuk menghasilkan x1 = 885416.687 dan x2 = 364583.3125
- Karena kendala 4 dan 5 aktif maka setiap unit perubahan NRK/RHK kendala tersebut akan mengubah nilai fungsi tujuan dengan -187500 dan -1750000
- Kendala 2, 3, 6, dan 7 tidak aktif, maka pemanfaatan sisa kapasitasnya tidak akan mengubah nilai fungsi tujuan
- Tersedia kelebihan kapasitas kendala 2, 3, 6, dan 7 sebesar 280729.156250 ; 52083.332031 ; 1562.500000 ; 729166.687500
- Nilai A, B, C dan D bisa diturunkan mejadi 48750 ; 43500 ; 52500 dan 22500 tanpa mengakibatkan nilai optimal variabel keputusan berubah
- Nilai C dan D dapat dinaikkan menjadi 45000 dan 65250.003906 tanpa nilai optimal berubah
- Validitas nilai dual price kendala 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 dijamin pada interval ini

LINDO adalah sebuah program untuk menyelesaikan kasus pemrograman linear. Out-put LINDO menyediakan informasi yaitu 1. Penyelesaian optimal (*Optimal Solution*), 2. Analisis sensitivitas (*Sensitivity Analysis*). Optimal solution memuat informasi yaitu 1. Nilai Optimal Variabel Keputusan, 2. Nilai Fungsi Tujuan, 3. Reduced Cost. Sedangkan Analisis Sensitivitas memuat informasi yaitu 1. Sensitivitas Koefisien Fungsi Tujuan (C_j), dan 2. Sensitivitas Nilai Ruas Kanan Kendala (RHS).

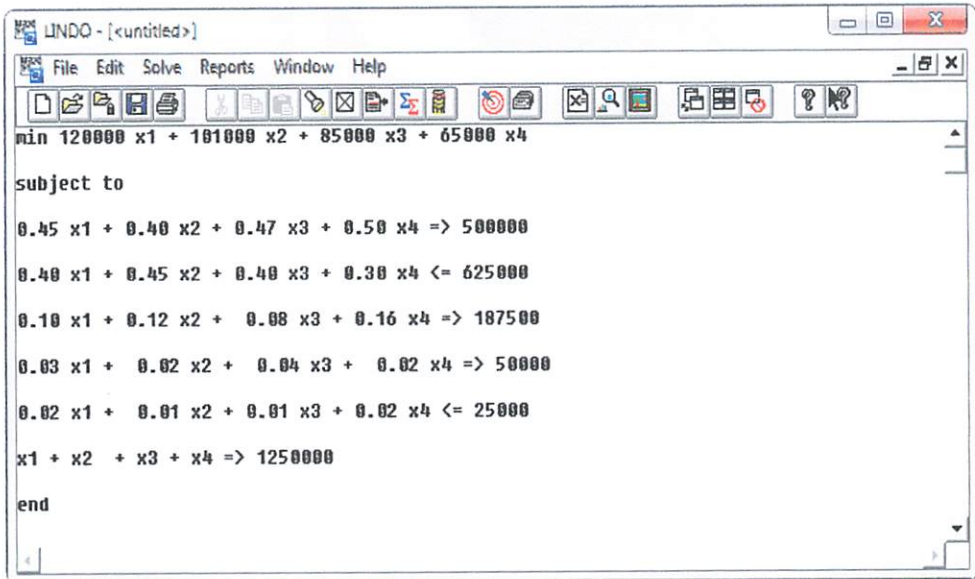
Berikut ini cara memulai menggunakan program Lindo adalah dengan membuka file Lindo kemudian klik dua kali pada Lindow32, tunggu sampai muncul dialog lalu klik OK, Lindo siap dioperasikan.

Pada layar akan muncul *untitled* baru yang siap untuk tempat mengetikkan formasi.



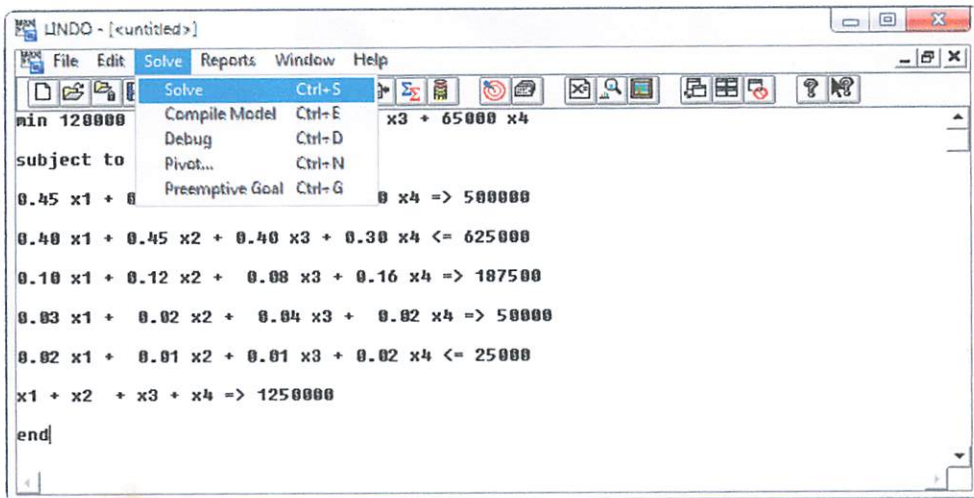
Gambar 4.1. Tampilan LINDO

Keseluruhan formulasi yang dapat diketikkan ke dalam *untitled* Lindo seperti pada gambar berikut ini.



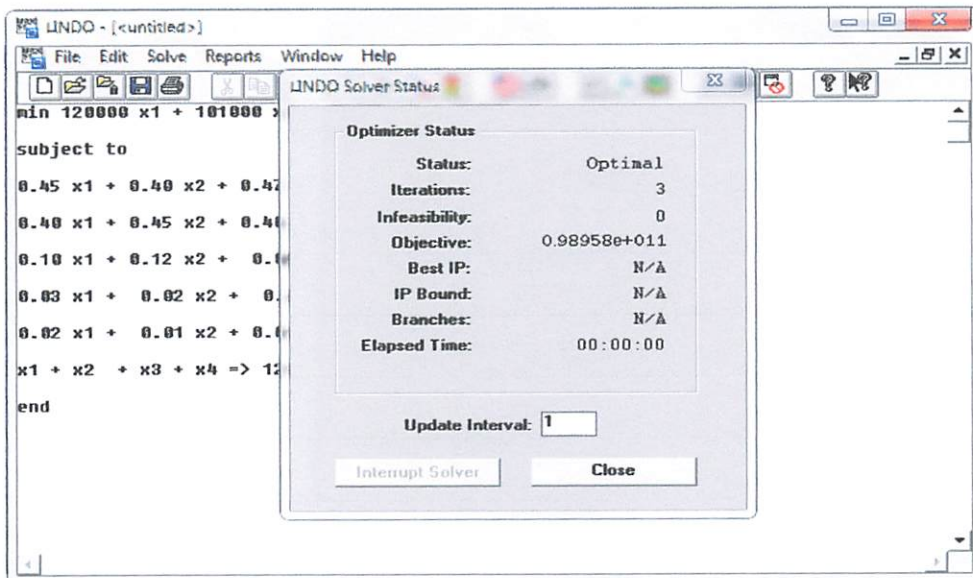
Gambar 4.2. Formulasi Pada LINDO

Setelah formula diketikkan siap dicari solusinya dengan memilih perintah *solve* atau mengklik tombol *solve* pada *toolbar*. LINDO akan mengkompil (mengoreksi kesalahan) pada formula terlebih dahulu. Jika terjadi kesalahan dalam pengetikan (tidak dapat dibaca oleh komputer) akan muncul kotak dialog dan kursor akan menunjukkan pada baris yang salah.



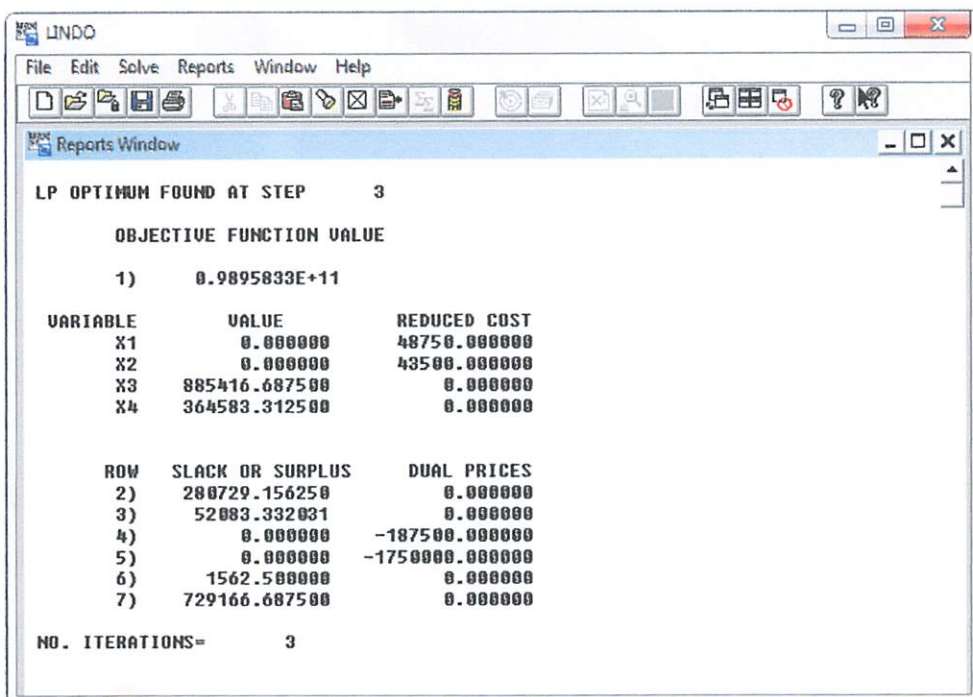
Gambar 4.3. Menu Solve

Solve-Solve, digunakan untuk menampilkan hasil optimasi dari data pada papan *editor* dan secara lengkap. Maka dapat dilihat pada layar dibawah ini.



Gambar 4.4. Tampilan Sensitifitas Analisis

Jika tidak terjadi kesalahan akan muncul status Lindo. Status ini berguna untuk memonitor proses solusi. Selanjutnya tekan *close* dan pada Lindo akan muncul tampilan baru yang disebut *report windows*.



Gambar 4.5. Tampilan Report Solusi LINDO

Untuk tampilan pada *report* diatur sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan *report* dilakukan dengan memilih *Report* pada *toolbar* Lindo.

Dalam menu *report* terdapat beberapa pilihan sebagai berikut:

1. *Report Solution*, digunakan untuk mendapatkan solusi optimal dari permasalahan program linier yang tersaji pada papan editor data.
2. *Report Range*, digunakan untuk menayangkan hasil penyelesaian analisis sensitivitas. Pada analisis sensitivitas yang ditayangkan mencakup aspek *Allowable Increase* dan *Allowable Decrease*.
3. *Report Parametrics*, digunakan untuk mengubah dan menampilkan hasil hanya pada baris kendala tertentu saja.
4. *Report Statistics*, digunakan untuk mendapatkan laporan kecil pada papan *editor report*.
5. *Report Peruse*, digunakan untuk menampilkan sebagian dari model atau jawaban.
6. *Report Picture*, digunakan untuk menampilkan (display) model dalam bentuk matriks.
7. *Report Basis Picture*, digunakan untuk menampilkan text format dari nilai basis, dan disajikan sesuai urutan baris dan kolom.
8. *Report Table*, digunakan untuk menampilkan tabel simplek dari model yang ada.
9. *Report Formulation*, digunakan untuk menampilkan model pada papan *editor data* ke papan *editor report*.
10. *Report Show Coloum*, digunakan untuk menampilkan koefisien peubah.

Untuk menyimpan *file*, arahkan kursor pada papan *editor* yang diaktifkan.

Menu menyimpan *file* ada dua macam yakni *File Save*, dan *File Save As*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang sudah dilakukan pada pengadaan material bangunan dengan menggunakan Program Linier dalam proyek pembangunan Bendungan Marangkayu, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dibawah ini :

1. Biaya material timbunan ini mencakup dalam pekerjaan pengadaan, pengangkutan, penghamparan, dan pemadatan tanah yang menggunakan alat berat diantaranya : Damp Truck, Motor Greder, Wheel Loader, Vibrator Roller, dan Water Tank Truck. Biaya yang didapat untuk masing-masing quarry hingga sampai dilokasi proyek Bendungan Marangkayu, yaitu : Quarry 1 = Rp 120,000.- ; Quarry 2 = Rp 101,000.- ; Quarry 3 = Rp 85,000.- ; Quarry 4 = 65,000.-.
2. Untuk nilai alokasi volume material untuk masing-masing quarry 3 (variabel x_3) = 885416.687500 m³ dan quarry 4 (variabel x_4) = 364583.3125 m³, sedangkan nilai alokasi material quarry 1 (variabel x_1) = 0 m³ dan quarry 2 (variabel x_2) = 0 m³.
3. Penyelesaian yang diterapkan pada pekerjaan pengadaan material timbunan menggunakan metode simplex. Sehingga total biaya material yang didapat nilai optimum $Z_{min} = 98,958,333,750.-$. Setelah diperoleh hasil nilai optimum didapat penghematan pada pekerjaan tanah timbunan sebesar Rp. 899,188,250.- dari nilai kontrak proyek Bendungan Marangkayu sebesar Rp 99.857.522.000,00.-.

5.2. Saran

Berdasarkan analisa yang sudah dilakukan, dapat diberikan saran saran sebagai berikut:

1. Sebagai penelitian selanjutnya pada quarry yang akan diambil pada biaya pengangkutan bahan perlu dipertimbangkan pada faktor jarak untuk penerapan program linier.
2. Pengambilan prasyarat kadar komposisi pada skalar besar dapat diambil bahan utama sebagai acuan perhitungan, misalnya pasir, kerikil dan lanau untuk mendapatkan hasil yang optimum.
3. Didalam mengerjakan program linier selain menggunakan program LINDO kita juga dapat menggunakan program komputer lainnya seperti Microcomputer Models for Management Decision Making, Computer Models for Management Science, QSB, QSB⁺, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Miranda., (2003), *Manajemen Logistik Dan Supply Chain Management*, Bandung :
Harvarindo.
- Dimiyati Ahmad dan Dimiyati tarliah Tjutju., (2002), *Operation Research*, Bandung :
Sinar Baru Algensindo.
- Siswanto., (2007), *Operation Research jilid 1*, Jakarta : Erlangga.
- Siswanto., (2007), *Operation Research jilid 2*, Jakarta : Erlangga.
- Ricky Taupani., (2009), *Penentuan jumlah Alat Berat Yang Optimum Dengan
Menggunakan Metode Linear Programming*, Tugas Akhir Jurusan Teknik
Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi
Nasional Malang.
- Muslich Muhammad., (2009), *Metode Pengambilan Keputusan Kuantitatif*, Jakarta :
Bumi Aksara.
- Bakti Setia., (2009), *Studi Kasus : Pada Proyek Pembangunan Jalan Marabahan-
Margasari Kabupaten Barito Kuala Propinsi Kalimantan Selatan*, Tugas
Akhir Jurusan Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
Institut Teknologi Nasional Malang.



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Manajemen konstruksi

Nama : Reza Widianto

NIM : 02.21.092

Hari / tanggal : Senin / 2 Agustus 2010

Perbaikan materi Proposal Skripsi meliputi :

- Kuantitas bahan ts kua = 1000
kuantitas → tonyang 500

- Kuantitas bahan ts kua ? ts
ts

Diperbaiki

Perbaikan Proposal Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar Proposal Skripsi dilaksanakan

Proposal telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2010
 Dosen Pembahas

Malang, _____ 2010
 Dosen Pembahas

(_____)

(_____)



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Manajemen konstruksi

Nama : Reza. Widarto

NIM : 02 21 092

Hari / tanggal : Senin / 2 Agustus 2010

Perbaikan materi Proposal Skripsi meliputi :

*Revisi lebih dahulu
judul 2 (si)*

Reza 21/12/10

Perbaikan Proposal Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar Proposal Skripsi dilaksanakan

Proposal telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2010
Dosen Pembahas

Malang, _____ 2010
Dosen Pembahas

(_____)

()



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2
 Jl. Raya Karanglo Km. 2
 Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Manajemen konstruksi

Nama : Reza Widianto

NIM : 02.21.092

Hari / tanggal : Senin / 15-08-2011

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

Dibuat 1 spasi untuk Abstraksi lebih desybeat lagi
Rumusan Masalah 2 disempurnakan
kesimpulan menyempurnakan

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 18-8-2011

Dosen Pembahas

Malang, _____ 2011

Dosen Pembahas



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG _____

Nama : Reza Widiarto

NIM : 0221092

Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

Ukuran Perbaikan

15/9/11

[Signature]

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2010
 Dosen Penguji

Malang, _____ 2011
 Dosen Penguji

(_____)

(_____)



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG _____

Nama : REZA WIDIARTO
 NIM : 0221092
 Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Saran disempurnakan
- Daftar penulisan disempurnakan

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Revisi Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

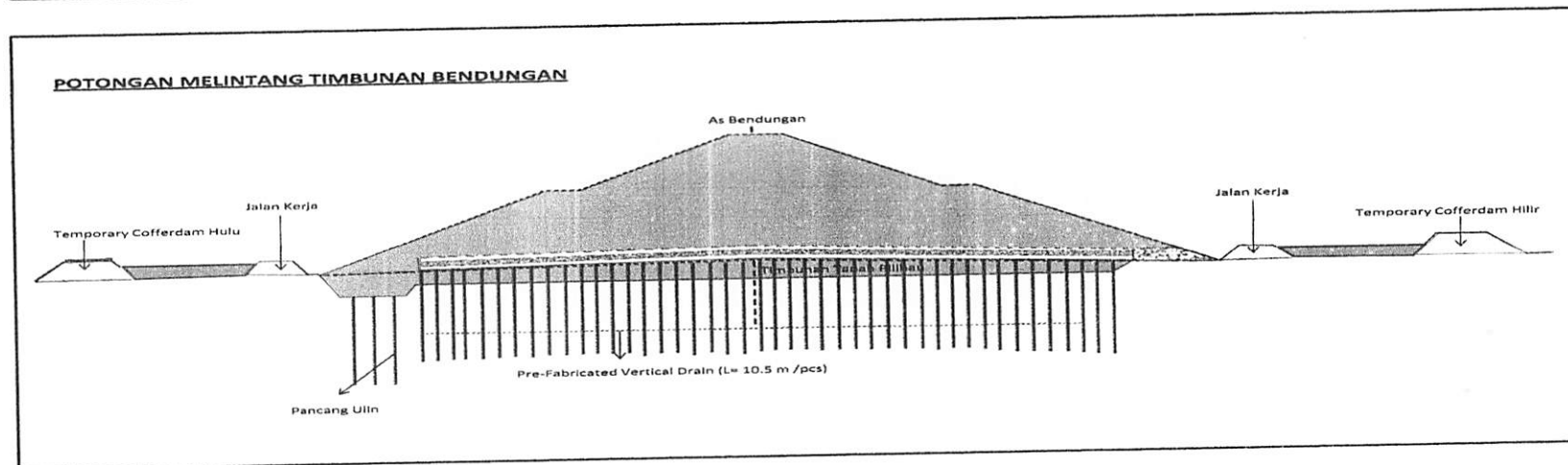
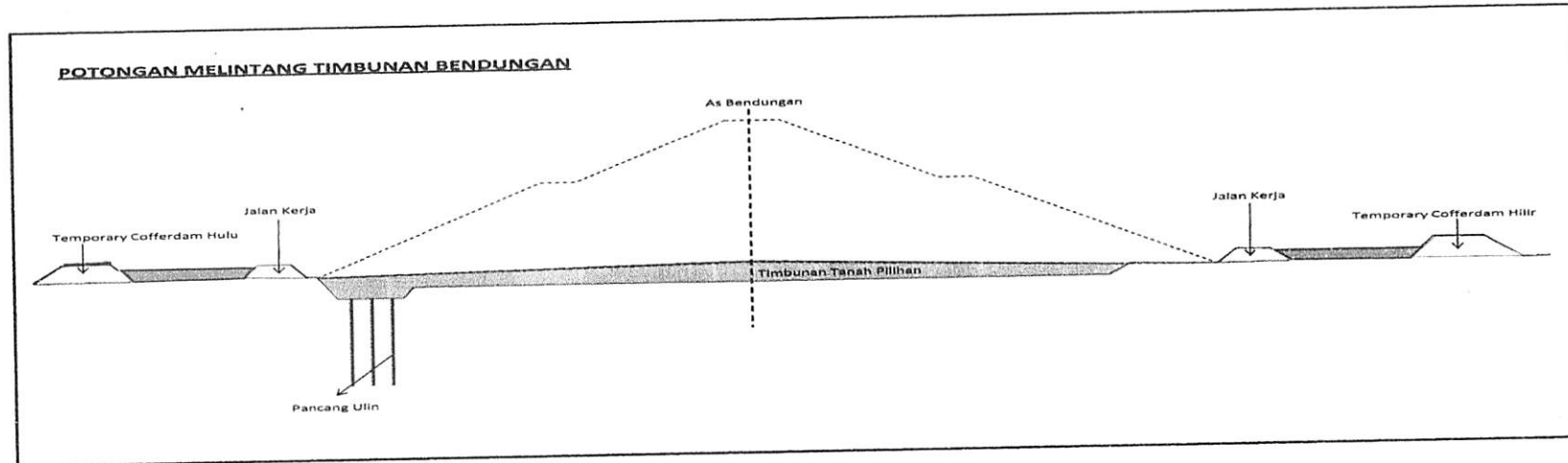
Malang, 08 - 09 - 2010
 Dosen Penguji

Malang, _____ 2010
 Dosen Penguji

LAMPIRAN I

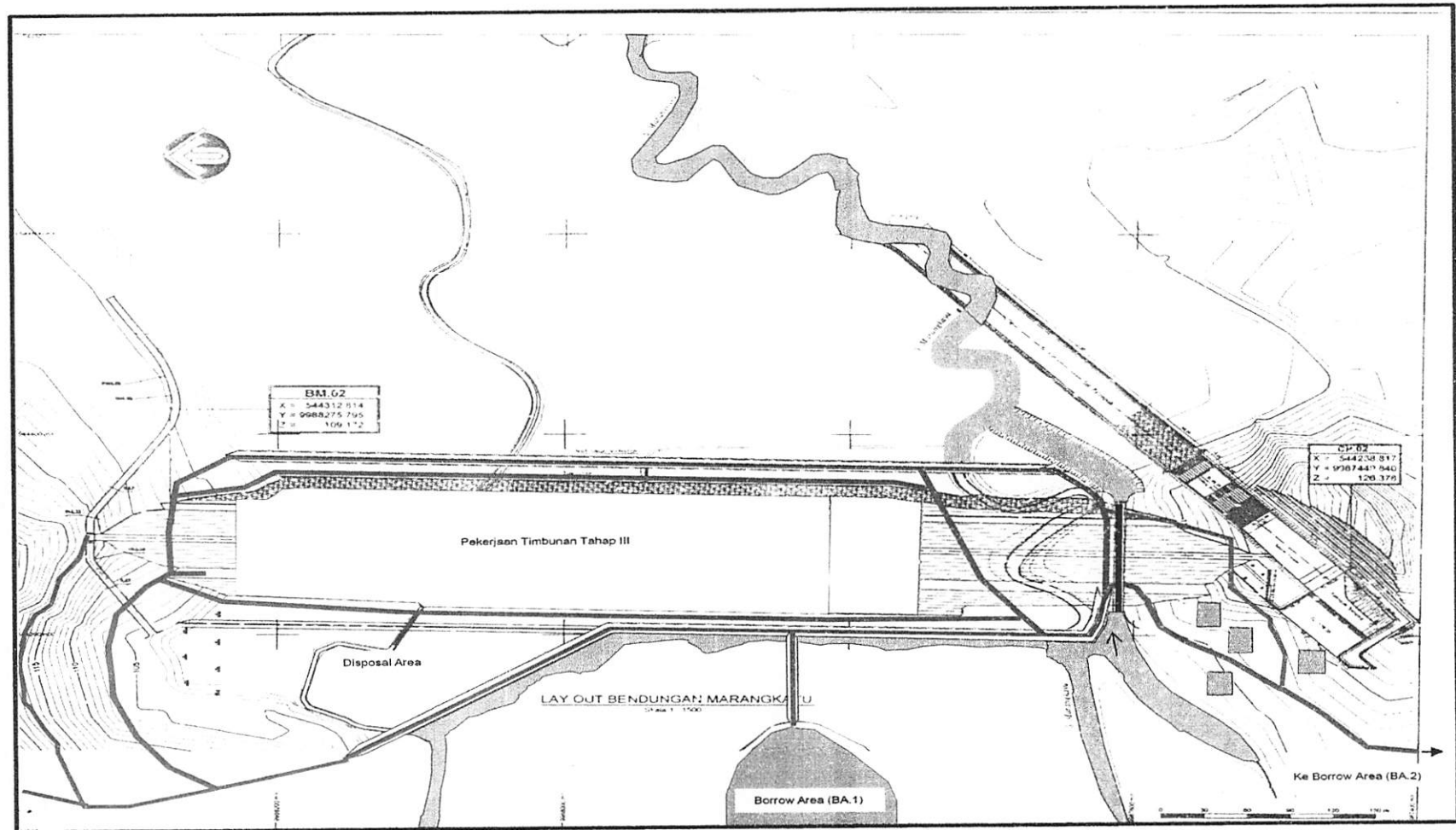
- GAMBAR TIMBUNAN BENDUNGAN
- GAMBAR LAYOUT

Proyek Pembangunan Bendungan Marangkayu – kabupaten Kutai Negara



Sumber : PT. Brantas Abipraya

Situasi Proyek Pembangunan Reservoir Pekerjaan Lanjutan Pembangunan Bendungan Marangkayu



Sumber : PT. Brantas Abipraya

DINAS PEKERJAAN UMUM

PROGRAM PENGESEKSIAN DAN PENGELOLAAN

JABATAN REKASIA, RAWA DAN JAMBAN

PENCATATAN BAHAYA

NO. 10/2004/NO. 11/1/2004/2/10000/2004/2/1

TELURUS, 10/11/2004/2 - 2/1/1/1

PEKERJAAN

LANJUTAN PEMBANGUNAN BENDUNGAN
MARGANEHAYU
KEGIAAN PEMBANGUNAN WESERVOR

NOMOR KONTRAK

602/BID-SDA/KPA/243/1/2010

**SHOP DRAWING
TUBUH BENDUNGAN**

J. KEM. SAMBAR

POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN

STA 0+250-STA 0+264

TUBUH BENDUNGAN

KONSTRUKSI



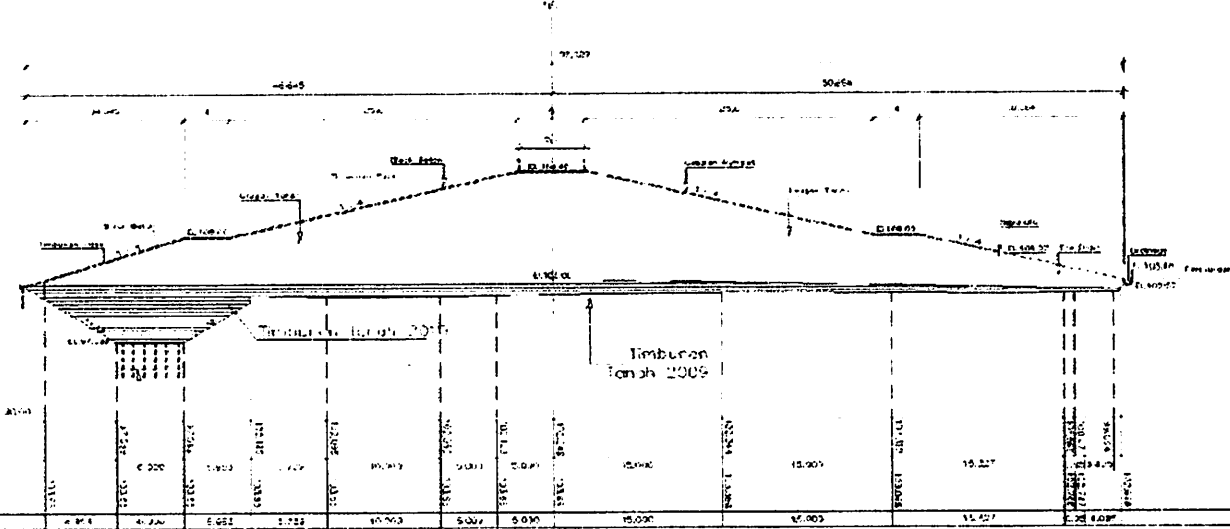
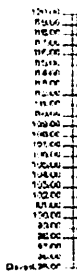
PT. BRANTAS ABIPRAYA (PERSERO)

JALAN PANGKALAN RAYA NO. 100, KOTA SURABAYA 60132
T. (031) 50731000 F. (031) 50731001

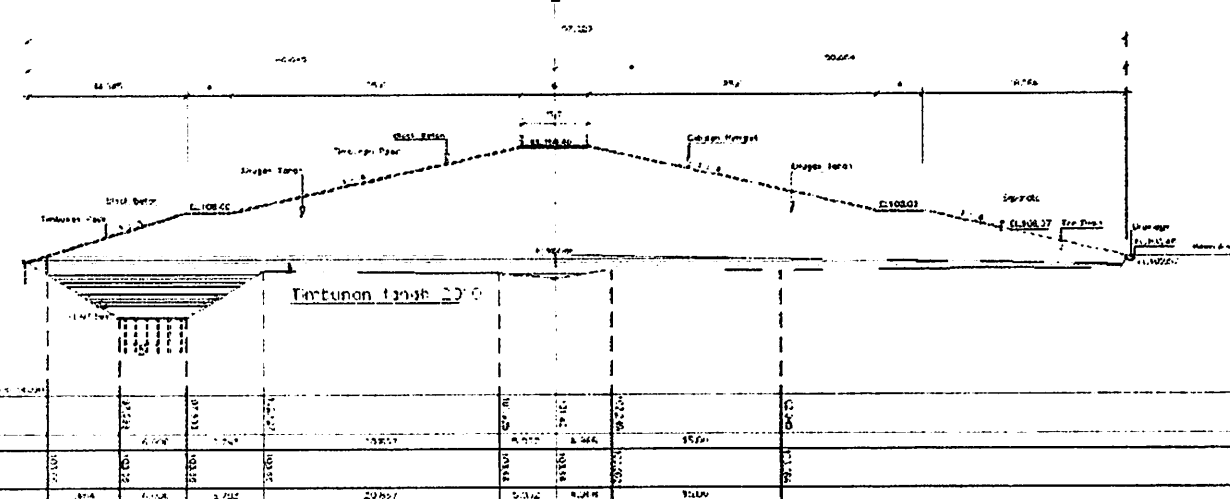
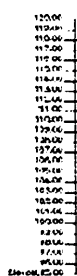
KONSULTAN SURVEYING

PT. TEKNIKA CIPTA KONSULTAN

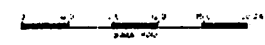
	NAMA	PARAF
D GAMBAR	A. Satrio	[Paraf]
D USULKAN	[Paraf]	[Paraf]
D PERIKSA	[Paraf]	[Paraf]
D SE-UJUI	[Paraf]	[Paraf]
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

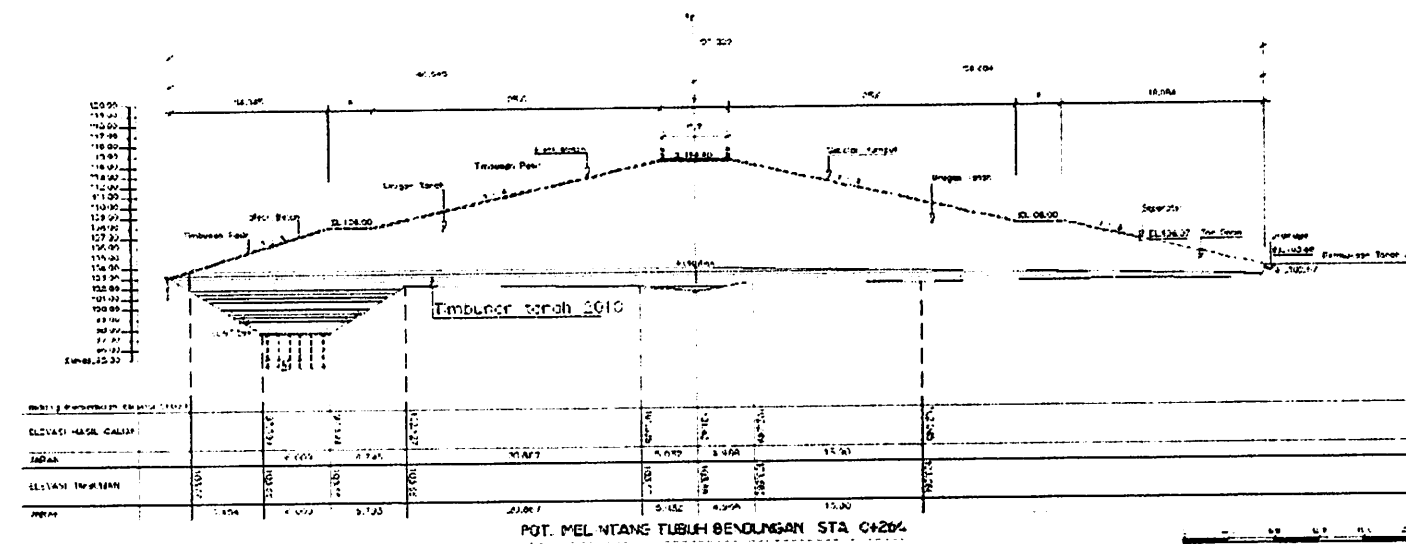
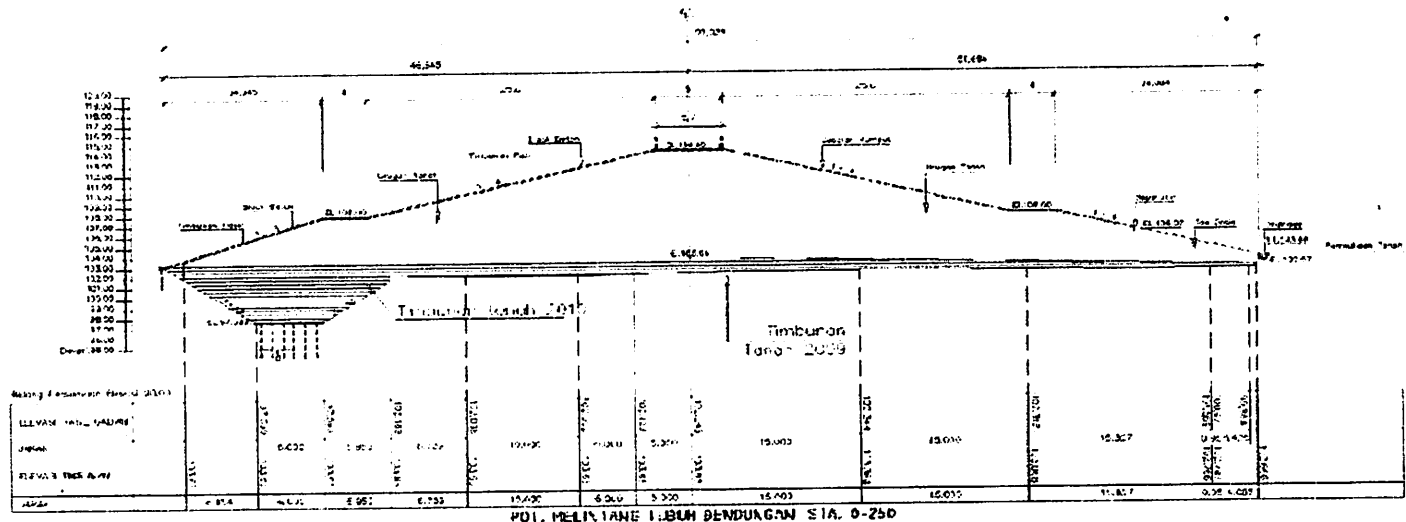


POT. MELINTANG TUBUH BENDUNGAN STA. 0+250



POT. MELINTANG TUBUH BENDUNGAN STA. 0+264





DINAS PEKERJAAN UMUM
 PROGRAM PENGEMBANGAN DAN PENGELOLAAN
 JABARAN, KECAS. RAWA DAN JERINGAN
 BENDUNGAN LAINNYA
 J. PENGEMBANGAN NO. 01 - 1 - 1 BENDUNGAN BENDUNG SAMBUNGAN A & B
 U.P. PROV. KALIMANTAN TENGAH SARAWAK
 (MAMPAK, MEL-3) 2762.2 - 2762.5

PEKERJAAN
 LANJUTAN PEMBANGUNAN BENDUNGAN
 MARANGKAYU
 KEGIATAN PEMBANGUNAN MESSEKVID

NOMOR KONTRAK
 602/BID-SDA/RPA/243/ 1/2010

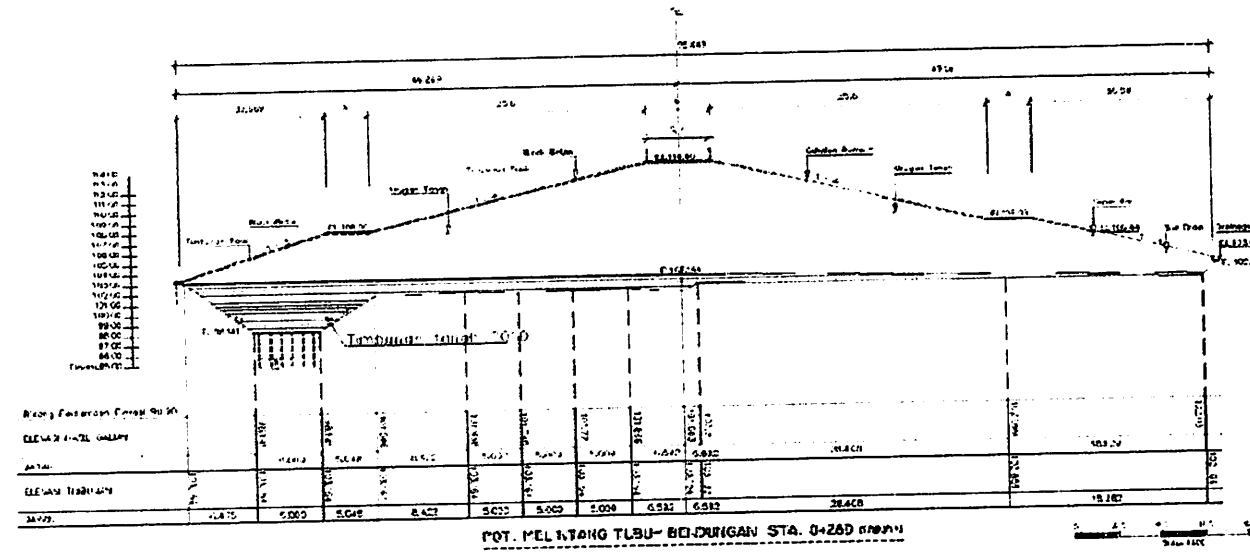
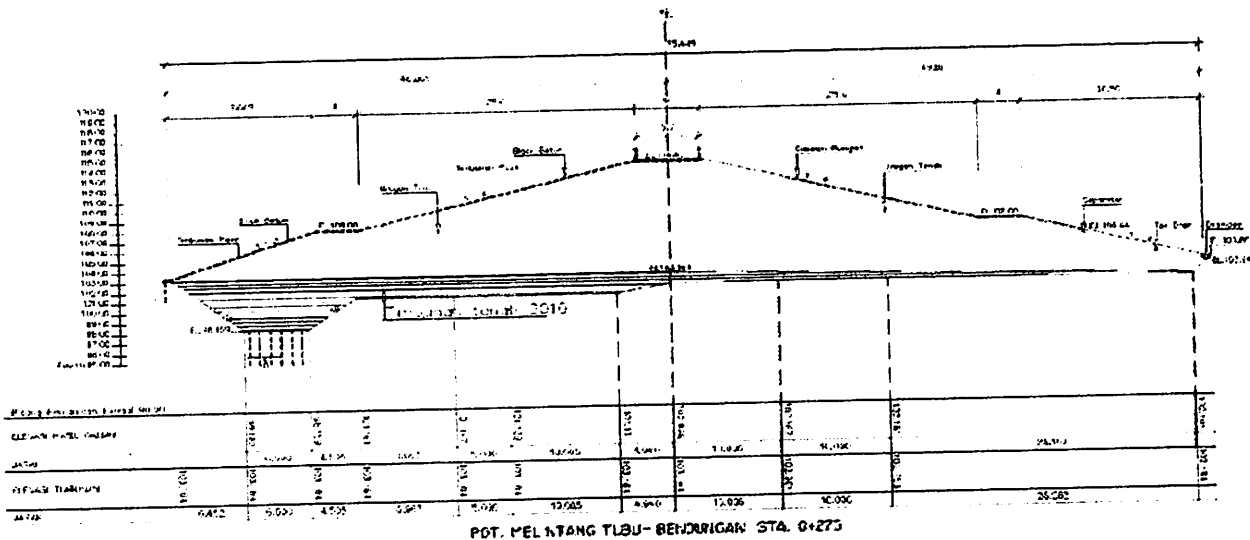
SHOP DRAWING
 TUBUH BENDUNGAN

JUDUL GAMBAR
 POTONGAN MELINTANG TAMBUNAN
 STA 0+250-STA 0+264
 TUBUH BENDUNGAN

KONSTRUKTOR
PT. BRANTAS ABIPRAYA (PERSERO)
 JALAN KEMANGKAP 10 22 KEMANGKAP TENGAH SARAWAK 68000

KONSULTAN SUPERVISI

PT. TEKNIKA CIPTA KONSULTAN		
	NAMA	PARAF
DIGAMBAR	S. HARTONO Desain	
DIUSULKAN	H. HARTONO Konsultansi	
DIPERIKSA	H. HARTONO Konsultansi	
DISETUJUI	H. HARTONO Konsultansi	
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



DINAS PEKERJAAN UMUM

PROGRAM PENGEMBANGAN DAN PENGELOMPOKAN
JARINGAN ERGAS, GABSA DAN BAPINGAN
PETA BAYU LARIPYA
KORPORASI PERUSAHAAN PERTANIAN DAN PERUMAHAN
JALAN KEMERDEKAAN NO. 101
TELUK ANSON, KEMERDEKAAN, TELUK ANSON, KEMERDEKAAN
TELEFON 425-41236242 - 2362115

PEKERJAAN


LANJUTAN PEMBANGUNAN BENDUNGAN
MARANGKAYU
KEGIATAN PEMBANGUNAN RESERVOIR

NOMOR KONTRAK
607/MD-SDA/KPA/263/11/2010

**SHOP DRAWING
TUBUH BENDUNGAN**

JUDUL GAMBAR
POTONGAN MELINTANG TIBELMAN
STA 0+275 STA 0+280 KANAN
TUBUH BENDUNGAN

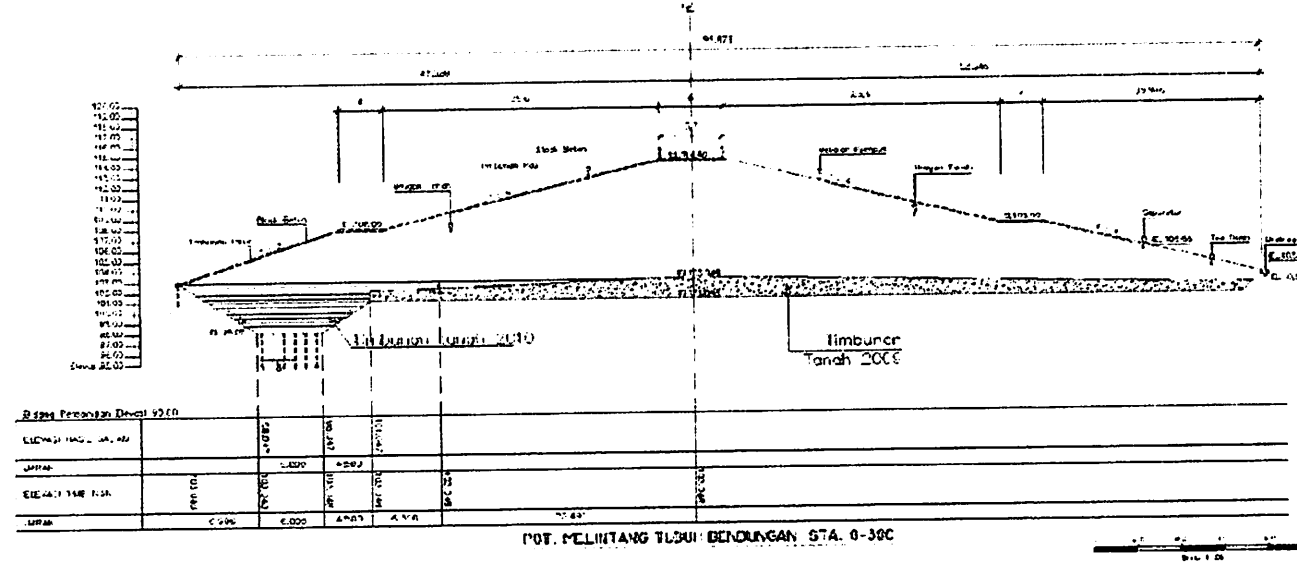
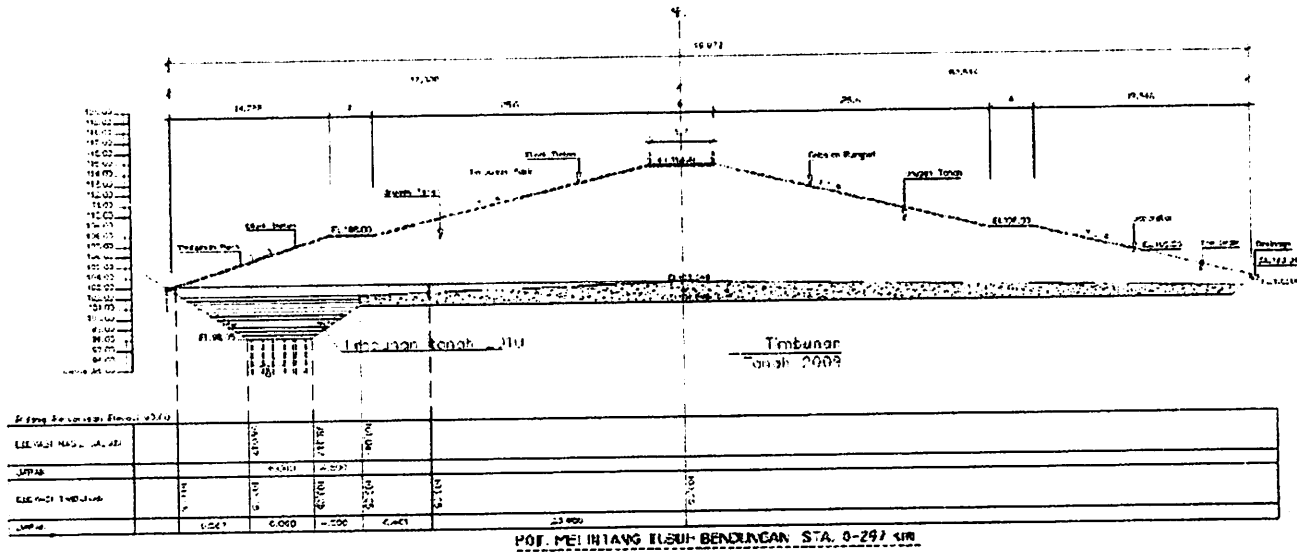
KONTRAKTOR

 **PT. BRANTAS ABIPRAYA (PERS) Tbk.**
JALAN KEMERDEKAAN NO. 101
TELUK ANSON, KEMERDEKAAN, TELUK ANSON, KEMERDEKAAN

KONSULTAN

PT. TEKNIKA Cipta KONSULTAN

	NAMA	PARAF
DIGAMBAR
DIKUSULKAN
DIPERIKSA
DISETUJUI
NOMOR GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



DINAS PEKERJAAN UMUM
 PROGRAM PEMBANGUNAN DAN PENGELOMBAAN
 JARINGAN IRRIGASI PAKPA DAN JARINIS
 PETA RENCANA LAHAT
 KANTOR DAERAH IRRIGASI PAKPA DAN JARINIS
 DESA. POKO. KABUPATEN TAMBORA
 TELURAN 11010 210210 - 210210


PEKERJAAN

Lanjutan Pembangunan Bendungan
 Marangkayu
 Kegiatan Pembangunan Reservoir

NOMOR KONTRAK
 602/BID-SDA/KPA/21/5/11/2010

SHOP DRAWING
 TUBUH BENDUNGAN

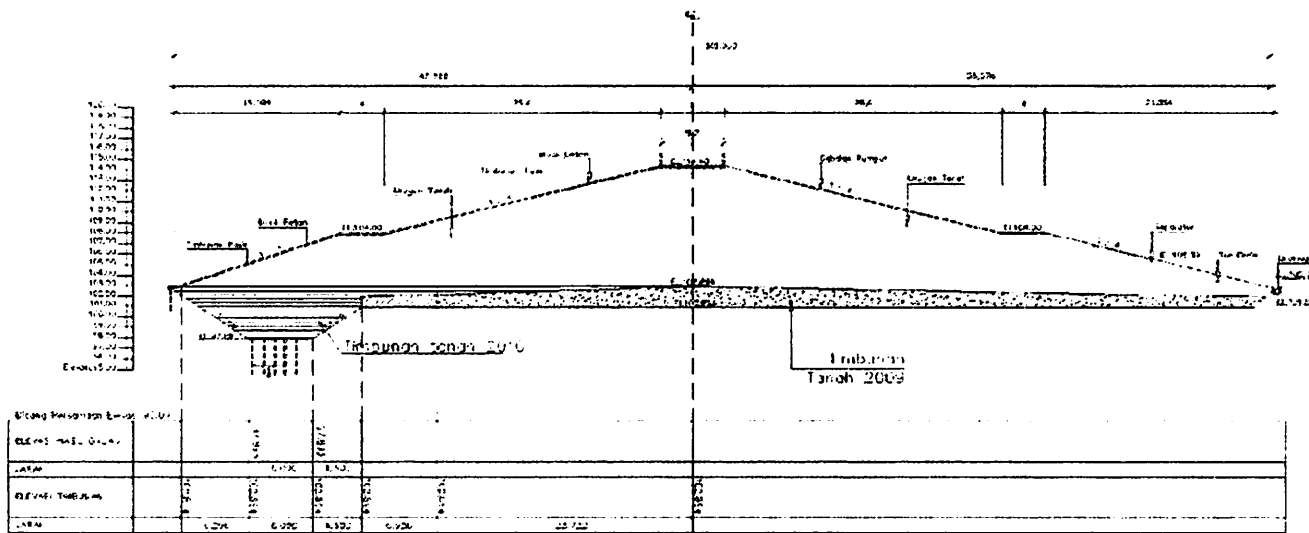
JUDUL GAMBAR
 POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN
 STA 0+297 KIRI-STA 0+300
 TUBUH BENDUNGAN

KONTRAKTOR

PT. BRANTAS ABIPRAYA (PERS) Tbk
 JALAN KEMUNING 23 KEMUNING KEMUNING KEMUNING
 KEMUNING KEMUNING KEMUNING KEMUNING

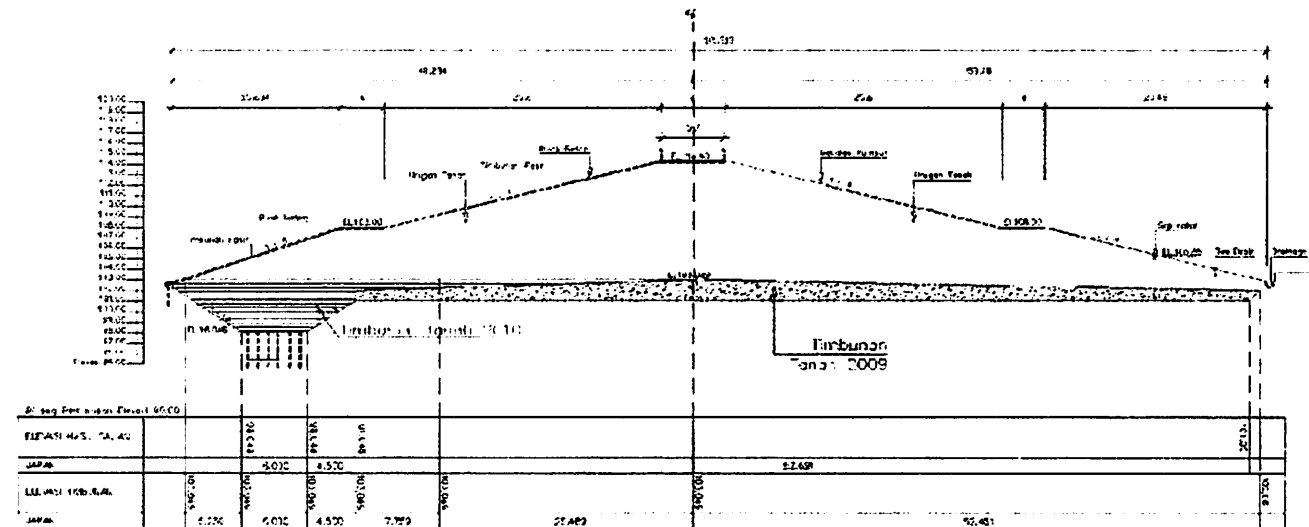
KONSULTAN SALAH SI
PT. TEKNIKA Cipta Konsultan

	NAMA	PARAF
DIGAMBAR	A. H. H. H. H.	
DISULIKAN	H. H. H. H.	
DIPERIKSA	H. H. H. H.	
DISETUI	H. H. H. H.	

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



POT MELINTANG TUBUH BENDUNGAN STA 0+325



POT MELINTANG TUBUH BENDUNGAN STA 0+350

DINAS PEKERJAAN UMUM

PROGRAM PEMBANGUNAN DAN PENGELOLAAN
 JARINGAN IRIGASI RUMAH DAN JARINGAN
 PENCAHAYAAN LAHAT
 TRANSAKSI NO. 01/1/2010/1/0001/2010
 UPTU PROJEK KALAMATI TUBUH BENDUNGAN
 (KALAMATI 2009/2010) (KALAMATI)

PEKERJAAN

LANJUTAN PEMBANGUNAN BENDUNGAN
 MARANGKAYJ
 KEGIATAN PEMBANGUNAN RESERVOIR

NOYOR KONTRAK
 602/BID-SDA/KPA/243/II/2010

**SHOP DRAWING
 TUBUH BENDUNGAN**

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG TUBUH BENDUNGAN
 STA 0+325-STA 0+350
 TUBUH BENDUNGAN

KONTRAKTOR



PT. DRANTAS ABIPRAYA (PONSERO)
 JALAN PONDOK BUNDAH NO. 100
 KOTA SURABAYA 60132

KONSULTAN SUPERVISI

PT. TEKNIKA CIPTA KONSULTAN

	NAMA	PARAF
DIGAMBAR	A. H. H. H. H.	
DIUSULKAN	H. H. H. H.	
DIPERIKSA	H. H. H. H.	
DISETUIJI	H. H. H. H.	

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

LAMPIRAN I

- PERHITUNGAN TABEL METODE SIMPLEX
- PERHITUNGAN TABEL REVISI KOEFISIEN BARIS
- PERHITUNGAN TABEL KAPASITAS PRODUKSI ALAT BERAT
- PERHITUNGAN TABEL SATUAN MATERIAL

Tabel Iterasi 2

Iterasi 2	C _j	120000	101000	85000	65000	0	(+M)	0	0	(+M)	0	(+M)	0	0	(+M)	Q	Rasio
Product Mix		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S ₁	A ₁	S ₂	S ₃	A ₃	S ₄	A ₄	S ₅	S ₆	A ₆		
X ₄	65000	0.625	0.75	0.5	1	0	0	0	-6.25	6.25	0	0	0	0	0	1171875	2343750
S ₂	0	0.2125	0.225	0.25	0	0	0	1	1.875	-1.875	0	0	0	0	0	273437.5	1093750
S ₁	0	-0.1375	-0.025	-0.22	0	1	-1	0	-3.125	3.125	0	0	0	0	0	85937.5	-390625
A ₄	(+M)	0.0175	0.005	0.03	0	0	0	0	0.125	-0.125	-1	1	0	0	0	26562.5	885417
S ₅	0	0.0075	-0.005	0	0	0	0	0	0.125	-0.125	0	0	1	0	0	1562.5	--
A ₆	(+M)	0.00375	0.0025	0.005	0	0	0	0	0.0625	-0.0625	0	0	0	-1	1	1238281.25	247656250
Z _j		40625 + 0.00375 M	(48750 + 0.0025 M)	(32500 + 0.0050 M)	65000	0	0	0	(-406250 + 0.0625 M)	406250 - 0.0625 M	(-M)	M	0	(-M)	M	(76171875000 + 1238281.25 M)	
C _j - Z _j		79375 - 0.00375 M	52250 - 0.0025 M	52500 - 0.0050 M	0	0	M	0	406250 - 0.063 M	(-406250 + 1.063 M)	M	0	0	M	0		

Sumber : Data diolah

Tabel Iterasi 3

Iterasi 3	C _j	120000	101000	85000	65000	0	(+M)	0	0	(+M)	0	(+M)	0	0	(+M)	Q	Rasio
Product Mix		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S ₁	A ₁	S ₂	S ₃	A ₃	S ₄	A ₄	S ₅	S ₆	A ₆		
X ₄	65000	0.33333	0.66667	0	1	0	0	0	-8.33333	8.33333	16.66667	-16.66667	0	0	0	729166.6667	1093750
S ₂	0	0.06667	0.18333	0	0	0	0	1	0.83333	-0.83333	8.33333	-8.33333	0	0	0	52083.3333	284091
S ₁	0	-0.00917	0.01167	0	0	1	-1	0	-2.20833	2.20833	-7.33333	7.33333	0	0	0	280729.1667	24062500
X ₃	85000	0.58333	0.16667	1	0	0	0	0	4.16667	-4.16667	-33.33333	33.33333	0	0	0	885416.6667	5312500
S ₅	0	0.00750	-0.00500	0	0	0	0	0	0.125	-0.125	0	0	1	0	0	1562.5000	-312500
A ₆	(+M)	0.00083	0.00167	0	0	0	0	0	0.04167	-0.04167	0.16667	-0.16667	0	-1	1	364583.3438	218750006
Z _j		71250 - 0.000833M	57500 - 0.001667 M	85000	65000	0	0	0	(-187500 - 0.0417 M)	(187500 - 0.0417 M)	1750000 - 0.1667 M	(-1750000 - 0.1667 M)	0	(-M)	M	(1.22656E+11 + 1233854.167 M)	
C _j - Z _j		48750 + 0.000833 M	43500 + 0.001667 M	0	0	0	M	0	187500 + 0.0417 M	(-187500 + 1.0417 M)	(1750000 + 0.1667 M)	(-1750000 + 0.1667 M)	0	M	0		

Sumber : Data diolah

Perhitungan Revisi Koefisien Baris Untuk Tabel Iterasi 1

Revisi Koefisien Baris S2

Koefisien baris S ₂ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X4 dan Baris S ₂)	x	Koefisien Elemen Baris A1 Baru	=	Koefisien Baris S ₂ Baru
0.40	-	0.30	x	0.9	=	0.13
0.45	-	0.30	x	0.8	=	0.21
0.40	-	0.30	x	0.94	=	0.118
0.30	-	0.30	x	1	=	0
0	-	0.30	x	-2	=	0.6
0	-	0.30	x	2	=	-0.6
1	-	0.30	x	0	=	1
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
0	-	0.30	x	0	=	0
625000	-	0.30	x	1000000	=	325000

Revisi Koefisien Baris A3

Koefisien baris A ₃ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X4 dan Baris A ₃)	x	Koefisien Elemen Baris A1 Baru	=	Koefisien Baris A ₃ Baru
0.10	-	0.16	x	0.9	=	-0.044
0.12	-	0.16	x	0.8	=	-0.008
0.08	-	0.16	x	0.94	=	-0.07
0.16	-	0.16	x	1	=	0
0	-	0.16	x	-2	=	0.32
0	-	0.16	x	2	=	-0.32
0	-	0.16	x	0	=	0
-1	-	0.16	x	0	=	-1
1	-	0.16	x	0	=	1
0	-	0.16	x	0	=	0
0	-	0.16	x	0	=	0
0	-	0.16	x	0	=	0
0	-	0.16	x	0	=	0
0	-	0.16	x	0	=	0
0	-	0.16	x	0	=	0
187500	-	0.16	x	1000000	=	27500

Revisi Koefisien Baris A4

Koefisien baris A ₄ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X4 dan Baris A ₄)	x	Koefisien Elemen Baris A1 Baru	=	Koefisien Baris A ₄ Baru
0.03	-	0.02	x	0.9	=	0.012
0.02	-	0.02	x	0.8	=	0.004
0.04	-	0.02	x	0.94	=	0.021
0.02	-	0.02	x	1	=	0
0	-	0.02	x	-2	=	0.04
0	-	0.02	x	2	=	-0.04
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
-1	-	0.02	x	0	=	-1
1	-	0.02	x	0	=	1
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
50000	-	0.02	x	1000000	=	30000

Revisi Koefisien Baris S5

Koefisien baris S ₅ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X4 dan Baris S5)	x	Koefisien Elemen Baris A1 Baru	=	Koefisien Baris S5 Baru
0.02	-	0.02	x	0.9	=	0.002
0.01	-	0.02	x	0.8	=	-0.006
0.01	-	0.02	x	0.94	=	-0.009
0.02	-	0.02	x	1	=	0
0	-	0.02	x	-2	=	0.04
0	-	0.02	x	2	=	-0.04
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
1	-	0.02	x	0	=	1
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
25000	-	0.02	x	1000000	=	5000

Revisi Koefisien Baris A6

Koefisien baris A ₆ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X4 dan Baris A6)	x	Koefisien Elemen Baris A1 Baru	=	Koefisien Baris A6 Baru
0.01	-	0.01	x	0.9	=	0.001
0.01	-	0.01	x	0.8	=	0.002
0.01	-	0.01	x	0.94	=	0.0006
0.01	-	0.01	x	1	=	0
0	-	0.01	x	-2	=	0.02
0	-	0.01	x	2	=	-0.02
0	-	0.01	x	0	=	0
0	-	0.01	x	0	=	0
0	-	0.01	x	0	=	0
0	-	0.01	x	0	=	0
0	-	0.01	x	0	=	0
0	-	0.01	x	0	=	0
-1	-	0.01	x	0	=	-1
1	-	0.01	x	0	=	1
1250000	-	0.01	x	1000000	=	1240000

Sumber : Data diolah

Perhitungan Revisi Koefisien Baris Untuk Tabel Iterasi 2

Revisi Koefisien Baris X4

Koefisien baris X ₄ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom S ₁ dan Baris A ₃)	x	Koefisien Elemen Baris A ₃ Baru	=	Koefisien Baris X ₄ Baru
0.9	-	-2	x	-0.1375	=	0.625
0.8	-	-2	x	-0.025	=	0.75
0.94	-	-2	x	-0.22	=	0.50
1	-	-2	x	0	=	1
-2	-	-2	x	1	=	0
2	-	-2	x	-1	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	-3.125	=	-6.25
0	-	-2	x	3.125	=	6.25
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
0	-	-2	x	0	=	0
1000000	-	-2	x	85937.5	=	1171875

Revisi Koefisien Baris S2

Koefisien baris S ₂ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom S ₁ dan Baris S ₂)	x	Koefisien Elemen Baris A ₃ Baru	=	Koefisien Baris S ₂ Baru
0.13	-	0.6	x	-0.1375	=	0.2125
0.21	-	0.6	x	-0.025	=	0.23
0.118	-	0.6	x	-0.22	=	0
0	-	0.6	x	0	=	0
0.6	-	0.6	x	1	=	0
-0.6	-	0.6	x	-1	=	0
1	-	0.6	x	0	=	1
0	-	0.6	x	-3.125	=	1.875
0	-	0.6	x	3.125	=	-1.875
0	-	0.6	x	0	=	0
0	-	0.6	x	0	=	0
0	-	0.6	x	0	=	0
0	-	0.6	x	0	=	0
0	-	0.6	x	0	=	0
325000	-	0.6	x	85937.5	=	273437.5

Revisi Koefisien Baris A4

Koefisien baris A ₄ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom S ₁ dan Baris A ₄)	x	Koefisien Elemen Baris A ₃ Baru	=	Koefisien Baris A ₄ Baru
0.012	-	0.04	x	-0.1375	=	0.018
0.004	-	0.04	x	-0.025	=	0.005
0.0212	-	0.04	x	-0.22	=	0.03
0	-	0.04	x	0	=	0
0.04	-	0.04	x	1	=	0
-0.04	-	0.04	x	-1	=	0
0	-	0.04	x	0	=	0
0	-	0.04	x	-3.125	=	0.125
0	-	0.04	x	3.125	=	-0.125
-1	-	0.04	x	0	=	-1
1	-	0.04	x	0	=	1
0	-	0.04	x	0	=	0
0	-	0.04	x	0	=	0
0	-	0.04	x	0	=	0
30000	-	0.04	x	85937.5	=	26562.5

Revisi Koefisien Baris S5

Koefisien baris S ₅ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom S1 dan Baris S ₅)	x	Koefisien Elemen Baris A ₃ Baru	=	Koefisien Baris S ₅ Baru
0.002	-	0.04	x	-0.1375	=	0.0075
-0.006	-	0.04	x	-0.025	=	-0.005
-0.0088	-	0.04	x	-0.22	=	0
0	-	0.04	x	0	=	0
0.04	-	0.04	x	1	=	0
-0.04	-	0.04	x	-1	=	0
0	-	0.04	x	0	=	0
0	-	0.04	x	-3.125	=	0.13
0	-	0.04	x	3.125	=	-0.13
0	-	0.04	x	0	=	0
0	-	0.04	x	0	=	0
1	-	0.04	x	0	=	1
0	-	0.04	x	0	=	0
0	-	0.04	x	0	=	0
5000	-	0.04	x	85937.5	=	1563

Revisi Koefisien Baris A6

Koefisien baris A ₆ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom S1 dan Baris A ₆)	x	Koefisien Elemen Baris A ₃ Baru	=	Koefisien Baris A ₆ Baru
0.001	-	0.02	x	-0.1375	=	0.00375
0.002	-	0.02	x	-0.025	=	0.00
0.0006	-	0.02	x	-0.22	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0.02	-	0.02	x	1	=	0
-0.02	-	0.02	x	-1	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	-3.125	=	0.0625
0	-	0.02	x	3.125	=	-0.0625
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
0	-	0.02	x	0	=	0
-1	-	0.02	x	0	=	-1
1	-	0.02	x	0	=	1
1240000	-	0.02	x	85937.5	=	1238281.25

Sumber : Data diolah

Perhitungan Revisi Koefisien Baris Untuk Tabel Iterasi 3

Revisi Koefisien Baris X4

Koefisien baris X ₄ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X ₃ dan Baris X ₄)	x	Koefisien Elemen Baris A ₄ Baru	=	Koefisien Baris X ₄ Baru
0.625	-	0.5	x	0.583	=	0.3335
0.75	-	0.5	x	0.167	=	-8.50
0.5	-	0.5	x	1	=	0
1	-	0.5	x	0	=	1
0	-	0.5	x	0	=	9.625
0	-	0.5	x	0	=	-9.625
0	-	0.5	x	0	=	0
-6.25	-	0.5	x	4.1667	=	-8.33335
6.25	-	0.5	x	-4.1667	=	8.33335
0	-	0.5	x	-33.333	=	16.6665
0	-	0.5	x	33.333	=	-16.6665
0	-	0.5	x	0	=	0
0	-	0.5	x	0	=	0
0	-	0.5	x	0	=	0
1171875	-	0.5	x	885416.6667	=	729166.6667

Revisi Koefisien Baris S2

Koefisien baris S ₂ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X ₃ dan Baris S ₂)	x	Koefisien Elemen Baris A ₄ Baru	=	Koefisien Baris S ₂ Baru
0.2125	-	0.25	x	0.583	=	0.06675
0.225	-	0.25	x	0.167	=	10
0.25	-	0.25	x	1	=	0
0	-	0.25	x	0	=	0
0	-	0.25	x	0	=	-18.75
0	-	0.25	x	0	=	18.75
1	-	0.25	x	0	=	1
1.875	-	0.25	x	4.1667	=	0.833325
-1.875	-	0.25	x	-4.1667	=	-0.833325
0	-	0.25	x	-33.333	=	8.33325
0	-	0.25	x	33.333	=	-8.33325
0	-	0.25	x	0	=	0
0	-	0.25	x	0	=	0
0	-	0.25	x	0	=	0
273437.5	-	0.25	x	885416.6667	=	52083.33333

Revisi Koefisien Baris S1

Koefisien baris S ₁ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X ₃ dan Baris S ₁)	x	Koefisien Elemen Baris A ₄ Baru	=	Koefisien Baris S ₁ Baru
-0.1375	-	-0.22	x	0.583	=	-0.00924
-0.025	-	-0.22	x	0.167	=	0.5
-0.22	-	-0.22	x	1	=	0
0	-	-0.22	x	0	=	0
1	-	-0.22	x	0	=	1.000
-1	-	-0.22	x	0	=	-1
0	-	-0.22	x	0	=	0
-3.125	-	-0.22	x	4.1667	=	-2.208326
3.125	-	-0.22	x	-4.1667	=	2.208326
0	-	-0.22	x	-33.333	=	-7.33326
0	-	-0.22	x	33.333	=	7.33326
0	-	-0.22	x	0	=	0
0	-	-0.22	x	0	=	0
0	-	-0.22	x	0	=	0
85937.5	-	-0.22	x	885416.6667	=	280729.1667

Revisi Koefisien Baris A6

Koefisien baris A ₆ lama	-	Elemen Perpotongan (Kolom X ₃ dan Baris A ₆)	x	Koefisien Elemen Baris A ₄ Baru	=	Koefisien Baris A ₆ Baru
0.00375	-	0.005	x	0.583	=	0.000835
0.0025	-	0.005	x	0.167	=	-0.5
0.005	-	0.005	x	1	=	0
0	-	0.005	x	0	=	0
0	-	0.005	x	0	=	0.000
0	-	0.005	x	0	=	0.125
0	-	0.005	x	0	=	0
0.0625	-	0.005	x	4.1667	=	0.0416665
-0.0625	-	0.005	x	-4.1667	=	-0.0416665
0	-	0.005	x	-33.333	=	0.166665
0	-	0.005	x	33.333	=	-0.166665
0	-	0.005	x	0	=	0
-1	-	0.005	x	0	=	-1
1	-	0.005	x	0	=	1
1238281.25	-	0.005	x	885416.6667	=	364583.3438

Sumber : Data diolah

ITEM
 PEMBAYARAN : 3.3(1)
 JENIS PEKERJAAN : URUGAN BIASA
 SAT.
 PEMBAYARAN : M3

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	ASUMSI				
1	Pekerjaan dilakukan secara mekanis				
2	Lokasi Pekerjaan : Sepanjang Jalan				
3	Kondisi Jalan : sedang / Baik				
4	Jam Kerja efektif perhari	Tk	7.00	Jam	
5	Faktor pengembangan bahan	Fk	1.20	-	
6	Tebal hamparan padat	t	0.20	M	
II	METODE PELAKSANAAN				
1	Wheel Loader memuat kedalam Dump Truck				
2	D. Truck mengangkut ke lapangan dgn jarak Quarry TP.1 ke Lap.	L	50.00	Km	
3	D. Truck mengangkut ke lapangan dgn jarak Quarry TP.2 ke Lap.	L	45.00	Km	
4	D. Truck mengangkut ke lapangan dgn jarak Quarry TP.3 ke Lap.	L	35.00	Km	
5	D. Truck mengangkut ke lapangan dgn jarak Quarry TP.4 ke Lap.	L	25.00	Km	
6	Material dihampar dengan menggunakan Motor Grader				
7	Hamparan material disiram air dengan Water Tank Truck (sebelum pelaksanaan pemadatan) dan dipadatkan dengan menggunakan Vibro Roller				
8	Selama pemadatan sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan dan level permukaan dgn menggunakan alat bantu				
III	PEMAKAIAN BAHAN, ALAT DAN TENAGA				
1	BAHAN				
1a.	Mat. timbunan = 1 x Fk	(M09)	1.2000	M3	Borrow Pit
2	A L A T				
2a.	WHEEL LOADER	(E07)			
	Kapasitas Bucket	V	2.00	M3	
	Faktor Bucket	Fb	0.90	-	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.83	-	
	Waktu Siklus :	Ts1			
	- Memuat	T1	1.00	Menit	
	- Lain-lain	T2	-	Menit	
		Ts1	1.00	Menit	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Fk \times Ts1}$	Q1	74.70	M3	
	Koef Alat / M3 = (1 : Q1)	(E07)	0.0134	Jam	

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2b1.	DUMP TRUCK TP.1	(E18)			
	Kapasitas Bak	V	6.00	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.75	-	
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	35.00	Km/Jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	50.00	Km/Jam	
	Waktu Siklus :	Ts2			
	- Waktu muat isi = (V : Q1) x 60 menit	To	4.82	Menit	
	- Waktu tempuh isi = (L : V1) x 60 menit	T1	85.71	Menit	
	- Waktu tempuh kosong = (L : V2) x 60 menit	T2	60.00	Menit	
	- Lain - lain	T4	1.91	Menit	
		Ts2	152.44	Menit	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts2}$	Q2	1.4760	M3	
	$\text{Koef. Alat / M3} = (1 : Q2)$	(E18)	0.6775	Jam	
2b2.	DUMP TRUCK TP.2	(E18)			
	Kapasitas Bak	V	6.00	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.75	-	
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	35.00	Km/Jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	50.00	Km/Jam	
	Waktu Siklus :	Ts2			
	- Waktu muat isi = (V : Q1) x 60 menit	To	4.82	Menit	
	- Waktu tempuh isi = (L : V1) x 60 menit	T1	77.14	Menit	
	- Waktu tempuh kosong = (L : V2) x 60 menit	T2	54.00	Menit	
	- Lain - lain	T4	1.91	Menit	
		Ts2	137.87	Menit	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts2}$	Q2	1.6319	M3	
	$\text{Koef. Alat / M3} = (1 : Q2)$	(E18)	0.6128	Jam	
2b3.	DUMP TRUCK TP.3	(E18)			
	Kapasitas Bak	V	6.00	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.75	-	
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	35.00	Km/Jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	50.00	Km/Jam	
	Waktu Siklus :	Ts2			
	- Waktu muat isi = (V : Q1) x 60 menit	To	4.82	Menit	
	- Waktu tempuh isi = (L : V1) x 60 menit	T1	60.00	Menit	
	- Waktu tempuh kosong = (L : V2) x 60 menit	T2	42.00	Menit	
	- Lain - lain	T4	1.91	Menit	
		Ts2	108.73	Menit	

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2b4.	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts2}$	Q2	2.0694	M3	
	$\text{Koef. Alat / M3} = (1 : Q2)$	(E18)	0.4832	Jam	
	DUMP TRUCK TP.4	(E18)			
	Kapasitas Bak	V	6.00	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.75	-	
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	35.00	Km/Jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	50.00	Km/Jam	
	Waktu Siklus :	Ts2			
	- Waktu muat isi = $(V : Q1) \times 60$ menit	To	4.82	Menit	
	- Waktu tempuh isi = $(L : V1) \times 60$ menit	T1	42.86	Menit	
	- Waktu tempuh kosong = $(L : V2) \times 60$ menit	T2	30.00	Menit	
	- Lain - lain	T4	1.91	Menit	
		Ts2	79.59	Menit	
	2c.	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts2}$	Q2	2.8271	M3
$\text{Koef. Alat / M3} = (1 : Q2)$		(E18)	0.3537	Jam	
MOTOR GRADER		(E06)			
Panjang Hampanan		Lh	50.00	M	
Lebar efektif kerja blade		b	2.40	M	
Faktor Efisiensi Alat		Fa	0.83	-	
Kecepatan rata-rata alat		V	5.00	Km/Jam	
Jumlah Lintasan		n	5.00	Lintasan	
Waktu Siklus :					
- Peralatan 1 Lintasan = $\frac{Lh : (V \times 1000)}{\text{menit}} \times 60$ menit		T1	0.60	Menit	
- Lain - lain		T2	0.47	Menit	
		Ts3	1.07	Menit	
$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{Lh \times b \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts3}$		Q3	223.40	M3	
$\text{Koef. Alat / M3} = (1 : Q3)$		(E06)	0.0045	Jam	
2d.	VIBRATOR ROLLER	(E13)			
	Kecepatan rata-rata alat	V	6.00	Km/Jam	
	Lebar efektif pemadatan	b	1.20	M	
	Jumlah Lintasan	n	8.00	Lintasan	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.83	-	
$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{(V \times 1000) \times b \times t \times Fa}{n}$	Q4	149.40	M3		

No.	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
	Koef. Alat / M3 = (1 : Q4)	(E13)	0.0067	Jam	
2e.	WATER TANK TRUCK	(E28)			
	Volume Tanki Air	V	4.00	M3	
	Kebutuhan air / M3 material padat	Wc	0.08	M3	
	Faktor Efisiensi Alat	Fa	0.83	-	
	Pengisian Tanki / Jam	n	3.00	Kali	
	$\text{Kap. Prod / Jam} = \frac{V \times Fa \times n}{Wc}$	Q5	122.96	M3	
	Koef. Alat / M3 = 1 : Q5	(E28)	0.0081	Jam	
2f.	ALAT BANTU				
	Diperlukan alat-alat bantu kecil :				
	- Sekop = 3 buah				
3	TENAGA				
	Produksi menentukan : WHEEL LOADER	Q1	74.70	M3/Jam	
	Produksi Galian / hari = Tk x Q1	Qt	522.90	M3	
	Kebutuhan tenaga :				
	- Pekerja	P	4.00	Orang	
	- Tukang	T	-	Orang	
	- Mandor	M	1.00	Orang	
	Koefisien Tenaga / M3				
	- Pekerja = (Tk x P) : Qt	(L01)	0.0535	Jam	
	- Tukang = (Tk x T) : Qt	(L02)	-	Jam	
	- Mandor = (Tk x M) : Qt	(L03)	0.0134	Jam	

Sumber : Data PT. Teknik Cipta Konsultan

ITEM PEMBAYARAN : 3.3(1)
 JENIS PEKERJAAN : URUGAN BIASA
 SAT. PEMBAYARAN : M3

NO	URAIAN	SAT	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.0535	6,930.00	371.08
2	Mandor	Jam	0.0134	7,260.00	97.19
JUMLAH HARGA TENAGA					468.27
B	BAHAN				
1	B. Timbunan	M3	1.2000	26,845.00	32,214.00
JUMLAH HARGA BAHAN					32,214.00
C	PERALATAN				
1	Wheel Loader	Jam	0.0134	325,000.00	4,350.74
2	Dump Truck	Jam	0.6775	100,000.00	67,750.00
3	Motor Grader	Jam	0.0045	328,564.61	1,470.73
4	Vibrator Roller	Jam	0.0067	230,000.00	1,539.49
5	Water Tank Truck	Jam	0.0081	150,264.65	1,222.03
6	Alat Bantu	Ls	1.0000	17.27	17.27
JUMLAH HARGA PERALATAN					76,350.26
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN = (A + B + C)				109,032.54
E	PAJAK PERTAMBAHAN NILAI (PPN) 10% x D				10,903.25
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)				119,935.79
G	PEMBULATAN				120,000.00

Sumber : Data PT. Teknik Cipta Konsultan