

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN METODE SIMPLEK DAN
PROGARAM QS.3 UNTUK PEMILIHAN
AGREGAT AC BASE CUORSE DENGAN
MENINJAU SISA MATERIAL**

(Studi Kasus Pada Proyek Jalan Yogyakarta - Prambanan PT. Perwita Karya)



Disusun Oleh :

Nunung Prihandoyo 95310294

Indang Padli 96310276

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2003**

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN METODE SIMPLEKS DAN PROGRAM QS.3 UNTUK PEMILIHAN AGREGAT AC BASE COURSE DENGAN MENINJAU SISA MATERIAL

(Studi Kasus Pada Proyek Peningkatan Jalan Yogyakarta-Prambanan
Kontraktor PT.Perwita Karya)

Nama : NUNUNG PRIHANDOJO
No. Mhs : 95310294
NIRM : 950051013114120291

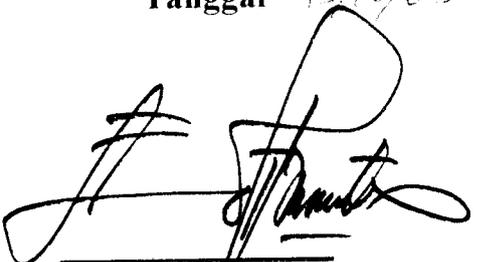
Nama : INDANG PADLI
No. Mhs : 96310276
NIRM : 960051013114120232

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Fitri Nugraheni, ST, MT
Dosen Pembimbing I


Tanggal 13/10/03

DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA
Dosen Pembimbing II


Tanggal 13-10-2003.

Kata Pengantar

Bismillahirrahmaanirrohim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T yang telah telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita, karena dengan kasih sayang-Nyalah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tidak lupa sholawat dan salam semoga terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir hayat.

Tugas akhir ini dengan judul "PENERAPAN METODE SIMPLEKS DAN PROGRAM *QS.3* UNTUK PEMILIHAN AGREGAT *AC BASE CUORSE* DENGAN MENINJAU SISA MATERIAL". Dilaksanakan guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi strata satu (S1) bidang studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan serta sumbangan pikiran dan saran berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama pelaksanaan dan menyusun laporan ini. Untuk itu dengan segala keiklasan hati penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE, Phd, selaku Dekan FTSP, Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. Lalu Makrup, MT, selaku dosen penguji.
3. Ibu Fitri Nugraheni, ST , MT, selaku dosen pembimbing I, yang telah dengan kasih sayang, cinta kasih dan kelembutannya membimbing kami
4. Bapak DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku dosen pembimbing II, yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan perhatiannya.
5. Bapak, ibu, kakak dan adikku tercinta yang memberikan dukungan moril maupun materil.
6. Pimpinan dan seluruh staf laboratorium PT. Perwita Karya atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.
7. Pimpinan dan seluruh staf Base Camp PT. Perwita Karya, Piyungan, Yogyakarta.
8. Terima kasih teman-teman yang telah mendukung dan segala bantuan kalian.
9. Semua pihak yang telah membantu penulisan selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini terdiri dari tuju (VII) bab, dengan sistematika penyusunan sebagai berikut :

BAB I	PENDAHULUAN
BAB II	KAJIAN PUSTAKA
BAB III	LANDASAN TEORI
BAB IV	METODE PENELITIAN
BAB V	PENGOLAHAN DATA
BAB VI	PEMBAHASAN

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

Pesusun menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan dimasa datang. Penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil dan pembaca pada umumnya.

Akhir kata semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmatNya kepada kita semua, sehingga kita sebagai hambaNya bisa senantiasa mensyukuri nikmat yang telah diberikan dan kita dapat selalu berkreasi untuk hal yang lebih baik dari apa yang kita peroleh sekarang. Amin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, September 2003

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	i
Lembar Persembaha	ii
Halaman Motto.....	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Lampiran	xiv
Abstraksi.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Widya Melisa. Penentuan Komposisi Jumlah Produk Yang Optimal Untuk Mencapai Keuntungan Maksimal Dengan Metode <i>Linier Programming</i> ,	

Tugas Akhir TMI-UII, Yogyakarta, 2001.....	6
2.1.1 Pembahasan	6
2.1.2 Metode Yang Digunakan	6
2.1.3 Kesimpulan.....	6
2.2 Erna Indrianingsih. Analisis Kombinasi Produk Yang Optimal Dalam Upaya Meningkatkan Produktivitas Perusahaan, Tugas Akhir TMI-UII, Yogyakarta, 2000.	7
2.2.1 Pembahasan	7
2.2.2 Metode Yang Digunakan	7
2.2.3 Kesimpulan.....	7
2.3 Damar Wihendradita dan Yasir Hadibroto. Optimalisasi Pemilihan <i>Quarry</i> Sebagai Sumber Agregat <i>AC Base Course</i> Dengan Metode Simpleks Dan Program <i>QS.3</i> , Tugas Akhir Teknik Sipil-UII, Yogyakarta, 2002.....	7
2.3.1 Pembahasan	8
2.3.2 Metode Yang Digunakan	8
2.3.3 Kesimpulan.....	8
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Perkerasan Jalan	9
3.2 <i>Asphalt Concrete Base Course</i>	10
3.3 Rancangan Campuran Secara Umum	13
3.4 <i>Linier Programming</i>	14

3.4.1	Program Linier Strategi Bagi Teknik	
	Optimalisasi.....	15
3.4.2	Model <i>Linier Programming</i>	16
3.4.3	Teknik Pemecahan Model Program Linier.....	18
3.4.4	Metode Grafis.....	19
3.4.5	Metode Simpleks.....	19
3.4.6	Fungsi Tujuan.....	24
3.4.7	Fungsi Kendala.....	24
3.4.8	Analisis Sensitivitas.....	25
3.5	<i>Quantitative System (QS.3)</i>	27
	3.5.1 <i>Interpretensi Out Put Linier Programming</i>	
	pada <i>QS.3</i>	31

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1	Pelaksanaan Penelitian	34
4.2	Kerangka Pemecahan Masalah	34
	1. Studi Pendahuluan.....	34
	2. Rumusan Masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian	34
	3. Survei Penelitian I	35
	4. Perhitungan dan Analisis Data	35
	5. Survei Penelitian II.....	36
	6. Perhitungan dan Analisis Data	36
	7. Kesimpulan.....	36
	8. Gambar Alur Penelitian	36

4.3	Sistematika Penulisan.....	40
BAB V	ANALISIS OPTIMALISASI MATERIAL UNTUK PEKERJAAN AC BASE COURSE PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN YOGYAKARTA-PRAMBANAN	
5.1	Pengumpulan Data	42
5.1.1	Harga dan Fraksi Agregat.....	42
5.1.2	Harga Penjualan dan Fraksi Agregat	43
5.1.3	<i>Job Mix Formula</i> (JMF).....	43
5.2	Pengolahan Data.....	44
5.2.1	Total Pembelian Material	44
5.2.2	Sisa Fraksi Agregat.....	47
5.2.3	Nilai Harga Total Penjualan Agregat	48
5.3	Analisis Data I	51
5.3.1	Fungsi Tujuan.....	52
5.3.2	Fungsi Kendala	52
5.3.3	Fungsi Tujuan dan Kendala (I).....	52
5.3.4	Fungsi Tujuan dan Kendala (II)	59
BAB VI	PEMBAHASAN	
6.1	Analisis Jumlah Pembelian Material Yang Optimal	66
6.1.1	Solusi Optimal Untuk Pembelian Material.....	66
6.1.2	Analisa Kehilangan Kesempatan Memperoleh Laba (<i>Opportunity Cost</i>).....	68

6.1.3 Analisa Sensitivitas Fungsi Batasan (<i>Constraint</i>).....	73
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1 Kesimpulan.....	82
7.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	85

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Spesifikasi Batas-Batas Gradasi Untuk Kombinasi Agregat Dan Bahan Pengisi Pada Campuran <i>AC</i>	11
Tabel 3.2.	Standar Sifat Campuran <i>AC Base Cuorse</i>	12
Tabel 3.3.	Batas-Batas Gradasi Untuk Kombinasi Agregat Dan Bahan Pengisi Pada Campuran <i>AC</i>	14
Tabel 3.4.	Persamaan Metode Simpleks.....	22
Tabel 5.1.	Fraksi Dan Harga Total Agregat Masing-Masing <i>Quarry</i> ...	42
Tabel 5.2.	Perincian Harga Pengadaan Material Tiap <i>Quarry</i>	43
Tabel 5.3.	Fraksi dan Harga Penjualan Agregat	43
Tabel 5.4.	Fraksi Kebutuhan Total <i>JMF</i>	44
Tabel 5.5.	Jumlah Total Pembelian	46
Tabel 5.6.	Pembelian Akhir Material Total	47
Tabel 5.7.	Sisa Fraksi Agregat.....	48
Tabel 5.8.	Total Penjualan Sisa Material	49
Tabel 5.9.	Total Harga Penjualan Sisa Material Dalam m^3	50
Tabel 5.10.	Akhir Perincian Harga Pengadaan Material Tiap <i>Quarry</i> ...	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Gambar Alur Penelitian	37
Gambar 2.	Gambar Alur Analisis Data.....	38
Gambar 3.	Gambar Alur Penentuan <i>Quarry</i> Agregat <i>AC Base</i> <i>Cuorse</i> Yang Memenuhi Spesifikasi Dengan Keuntungan Maksimum Berdasarkan Tinjauan Material Sisa	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel Interaksi Solusi Optimum.....	1
Lampiran 2	Tabel <i>Final Solution</i>	5
Lampiran 3	Tabel Sensitivitas Fungsi Batasan <i>Quarry</i> Terpilih.....	6

ABSTRAKSI

Proyek perkerasan jalan (*Pavement*) khususnya untuk bagian *AC Base Course* diperlukan pengadaan agregat, dan ini merupakan suatu komponen proyek yang sangat penting. Untuk pengadaan agregat diperlukan *Quarry* yang mempunyai fraksi yang sesuai dengan fraksi yang ditentukan untuk kebutuhan proyek tersebut. *Quarry-quarry* tersebut mengadakan penawaran harga, kemudian pihak proyek mengadakan uji dilaboratorium untuk mendapatkan nilai fraksi agregat dari *quarry* yang mengadakan penawaran harga.

Setelah nilai dari fraksi tiap-tiap *quarry* didapatkan dilakukan pemilihan yang tujuannya untuk mengoptimalkan keuntungan perusahaan, yaitu dengan jalan meminimalkan biaya pengadaan agregat *AC Base Course*, diantara kelima *quarry* yang mengadakan penawaran. Metode optimalisasi yang dipergunakan untuk melaksanakan tujuan tersebut adalah dengan metode simplek dan dengan bantuan program QS.3, sub pokok bahasan *linier programming*.

Tahapan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan adalah dengan membuat : perumusan masalah, menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala, analisa data dan kesimpulan. Nilai-nilai dari semua tahapan tersebut didapat dari data-data sekunder maupun primer. *Quarry* yang terpilih sebagai sumber pengadaan agregat harus memenuhi kriteria komposisi fraksi yang dapat sesuai dengan kebutuhan proyek, harga material yang paling optimal, sisa material yang dapat dijual dan akan menambah keuntungan, serta nilai *opportunity cost* nol berdasarkan hasil dari pengolahan program QS.3. Dengan ketentuan-ketentuan seperti diatas maka didapatkan *Quarry Merapi* sebagai sumber material yang paling optimal dalam proyek ini. Dengan *quarry* tersebut diperoleh sisa material $FA = 4909.166667 \text{ m}^3$, $FF = 8229.722222 \text{ m}^3$ kemudian bila sisa material tersebut dijual maka perusahaan akan mendapat keuntungan dari penjualan sisa material tersebut sebesar Rp 617.671.111,1,00

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Optimalisasi pada proyek konstruksi menjadi sangat penting pada keadaan krisis moneter sekarang ini. Banyak proyek yang jadwal pekerjaannya menjadi mundur dan kadang-kadang malah diberhentikan karena masalah dana dan harga material yang melonjak.

Salah satu proyek yang menjadi perhatian dalam hal pengoptimalisasian biaya adalah proyek perkerasan jalan (*pavement*). Dikarenakan kualitas agregat yang dibutuhkan sangatlah besar. Proyek ini memerlukan agregat dan aspal sebagai bahan pokok dan tentunya memerlukan biaya yang tidak sedikit.

Perusahaan pengelola proyek sering dihadapkan pada suatu persoalan dimana mereka harus dapat memilih penawaran-penawaran *supplier* agregat, dari *Quarry* yang berbeda dengan harga yang berbeda pula. Terutama apabila yang dikerjakan hanya pekerjaan *AC Base Course* dimana sisa material agregat kasar (CA), agregat halus (FA) dan bahan pengisi/*Filler* (FF), bisa merupakan kerugian ataupun keuntungan untuk perusahaan. Disebut merugikan karena akan ada kelebihan sisa material yang tidak dibutuhkan yang mengakibatkan pembengkakan biaya, dan menguntungkan karena kelebihan sisa material yang dibutuhkan bisa dijual dan akan menambah keuntungan bagi perusahaan.

Agregat yang diperlukan untuk rancangan campuran *AC Base Course* dapat diambil dari satu *Quarry* atau lebih. Hal ini berkaitan dengan tununan spesifikasi terhadap prosentase persen lolos saringan pada standar dokumen lelang. Bagian proyek perkerasan jalan yang akan ditinjau untuk menentukan model optimalisasi pada tugas akhir ini adalah lapis permukaan perkerasan jalan *Asphalt Concrete (AC) Base Course* dengan tinjauan *opportunity cost* (kehilangan kesempatan memperoleh laba).

Pemaksimalan keuntungan perusahaan dilakukan melalui penyederhanaan persoalan secara matematis dengan Metode Simpleks dan untuk mempercepat proses perhitungan dengan hasil yang akurat bisa digunakan program *QS.3 (Quantity Sistem seri ke-3)* dengan sub program *Linear Programing*.

1.2 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah seperti tersebut sebelumnya maka permasalahan dapat dirumuskan bagaimana memaksimalkan keuntungan perusahaan dengan cara meminimalkan biaya material *AC Base course* dengan memilih *Quarry* yang paling optimal dan akan dilanjutkan dengan penentuan sisa agregat, untuk dijadikan sumber daya material proyek dengan meninjau *Oportunity Cost*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah adalah:

1. menentukan salah satu *quarry* material yang akan digunakan yang paling optimal untuk dijadikan sumber daya material proyek dengan tinjauan material sisa.

2. mengetahui jumlah sisa material dari hasil optimalisasi pemilihan pengambilan agregat sebagai sumber daya material untuk Proyek Jalan, dengan meninjau sisa material yang dapat menambah keuntungan bagi perusahaan.
3. mengetahui apakah sisa material dari pemilihan pengambilan agregat akan dapat lebih menguntungkan atau merugikan apabila sisa dari material tadi dapat dimanfaatkan.

1.4 Batasan Penelitian

Untuk membatasi variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini maka variabel yang akan digunakan akan ditentukan, karena variabel yang ada akan berpengaruh dalam menentukan fungsi tujuan dan kendala dari masalah yang akan diteliti. Variabel terkait untuk dapat mengoptimalkan biaya material *AC Base Course* dengan pemilihan agregat alami dan buatan berdasarkan spesifikasi agregat yang telah ditentukan adalah sebagai berikut :

1. Harga agregat adalah akumulasi biaya pengadaan agregat dari *Quarry* sampai ke lokasi. Biaya-biaya tak terduga lainnya seperti truk mogok, ban bocor, perawatan truk dan lain sebagainya tidak dipertimbangkan
2. Biaya supir truk dalam menganalisa harga akumulasi material diasumsikan sama
3. Armada truk diasumsikan selalu ada dan bisa mengakomodasikan material yang dibutuhkan

4. Kendala-kendala non teknis yang tidak menentu seperti cuaca, kondisi ekonomi, peperangan, bencana alam dan lain sebagainya tidak diperhitungkan
5. Sumber daya material di *Quarry* diasumsikan tidak terbatas dan komposisi CA, FA, FF dianggap konstan
6. Kualitas agregat diasumsikan tidak berpengaruh dalam sistem pemilihan agregat
7. Cara pencampuran dan kriteria *filler* agregat tidak mempengaruhi pada analisis data
8. Kemampuan finansial perusahaan AMP diasumsikan selalu dapat memenuhi kebutuhan pembelian material
9. Penelitian ini dilakukan pada proyek peningkatan jalan Yogyakarta-Prambanan
10. Harga akumulasi dari pembelian material dari *Quarry* diasumsikan langsung dikurangi dengan harga total penjualan sisa material
11. Diasumsikan material yang akan digunakan sama dan sesuai dengan spesifikasi *JMF*
12. Untuk pemisahan fraksi agregat, perusahaan memiliki mesin *stone cruiser* yang dapat memisahkan kadar fraksi agregat yang ada
13. Nilai optimalisasi dari mesin pemecah batu ini ditentukan sebesar Rp 12.000,00
14. Data mengenai teknis proyek Jalan Yogyakarta-Prambanan yang terletak di Kab. Sleman adalah sebagai berikut :

Panjang jalan	= 12,147 Km
Lebar jalan	= 18 m (4 lajur)
Volume proyek	= 21500 m ³

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- a.* Sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan untuk dapat mengoptimalkan biaya pengadaan agregat sebagai material *AC Base Course*.
- b.* Memberikan masukan kepada perusahaan untuk lebih memperhitungkan kegiatan penelitian yang bertujuan untuk mengefektifkan pelaksanaan proyek dan mengefisienkan biaya proyek.
- c.* Menjadikan sisa material yang ada dan bisa dimanfaatkan untuk dapat menambah keuntungan bagi perusahaan, dan dijadikan sebagai bahan pertimbangan.
- d.* Dapat dijadikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Widya Melisa. Penentuan Komposisi Jumlah Produk Yang Optimal Untuk Mencapai Keuntungan Maksimal Dengan Metoda *Linier Programing*, Tugas Akhir TMI-UH, Yogyakarta, 2001.

2.2.1 Permasalahan

Dengan adanya beberapa variasi produk yang dapat diproduksi oleh suatu produsen pada suatu industri, dimana tiap produk mempunyai kontribusi margin yang berbeda-beda untuk setiap variasi produknya, maka berapakah jumlah produksi untuk tiap-tiap variasi produk agar dapat menghasilkan keuntungan optimal

2.2.2 Metode Yang Digunakan

Metode yang digunakan yaitu dengan metode simplek untuk mendapatkan variasi produk yang bisa mendatangkan keuntungan maksimal bagi industri.

2.2.3 Kesimpulan

Analisa *linier programing* bisa digunakan sebagai suatu alat pendukung keputusan untuk menentukan komposisi jumlah produk yang optimal sehingga menghasilkan keuntungan yang maksimal.

2.2 Erna Indrianingsih. Analisis Kombinasi Produk Yang Optimal Dalam Upaya Meningkatkan Produktivitas Perusahaan, Tugas Akhir TMI-UH, Yogyakarta, 2000.

2.2.1 Permasalahan

Persaingan yang semakin ketat memerlukan tindakan yang tepat untuk pengaturan pemakaian. Sumber-sumber daya seefektif dan seefisien mungkin. Kapasitas sumber daya yang dimiliki perusahaan belum dipergunakan secara optimal, hal ini berakibat menurunnya tingkat produktivitas perusahaan. Maka permasalahan yang ada di perusahaan adalah belum optimalnya kombinasi produk yang diproduksi sehingga produktivitas yang didapat juga belum optimal.

2.2.2 Metode Yang Digunakan

Menggunakan *linier programming* untuk mendapatkan variasi produk optimal sehingga dapat mendatangkan keuntungan maksimal bagi industri.

2.2.3. Kesimpulan

Dengan menggunakan kombinasi produk optimal terbukti bisa meningkatkan produktivitas perusahaan dan salah satu alat pendukung keputusan yang bisa digunakan untuk menentukan kombinasi produk yang optimal adalah dengan menggunakan metode *linear programming*.

2.3 Damar Wihendradita dan Yasir Hadibroto. Optimalisasi Pemilihan Quarry Sebagai Sumber Agregat AC Base Course Dengan Metode

**Simplek Dan Program QS.3, Tugas Akhir Teknik Sipil-UII,
Yogyakarta, 2002.**

2.3.1. Permasalahan

Beragam-macam kualitas agregat yang disediakan oleh *Quarry* memungkinkan untuk diadakan penelitian tentang spesifikasi yang akan diambil, tentunya harus disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh pengelola proyek. Untuk itu akan diadakan penentuan *quarry* manakah yang akan diambil berdasarkan perhitungan keuntungan dan kerugian yang didapat dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya.

2.3.2. Metode Yang Digunakan

Menggunakan metode simplek yang diaplikasikan dalam program *QS.3* sehingga akan didapatkan satu *quarry* sebagai pemenang dilihat dari segi biaya, kualitas dan kuantitas agregat.

2.3.3. Kesimpulan

Dengan menggunakan program *QS.3* diharapkan perusahaan pengelola proyek akan mendapatkan secara mudah dengan hasil yang dapat dipertanggungjawabkan, untuk memperpendek waktu pemilihan yang akan dilakukan dan tidak menambah biaya akan pelelangan *quarry* manakah yang akan diambil sebagai *supplier* dalam pekerjaan pengadaan agregat.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Melihat begitu besar arti pentingnya jalan raya bagi perkembangan kehidupan masyarakat, maka agar jalan raya itu memenuhi fungsinya secara optimum haruslah dibuat dengan perencanaan yang sangat matang. Segala aspek yang berkaitan baik secara langsung ataupun tidak langsung dengan pelaksanaan dan perencanaan pembangunan suatu jalan raya haruslah mendapat perhatian secara serius. Tanah saja tidak cukup kuat, tanpa adanya deformasi, terhadap beban roda kendaraan yang berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak diantara tanah dan roda, atau lapisan paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dibuat dari bahan khusus yang terpilih, yang selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan/ "pavement".

Mengingat volume pekerjaan jalan, pada umumnya diinginkan suatu konstruksi jalan yang murah, baik yang berkaitan dengan bahan maupun biaya pelaksanaan, namun masih dapat memenuhi tuntutan lalu lintasnya. (Suprpto Tm,1999).

Dalam merencanakan suatu jalan raya, hal pokok yang harus kita tentukan adalah bentuk dari geometriknya, sehingga jalan yang kita rencanakan nantinya dapat memberikan pelayanan yang aman dan nyaman yang paling optimal pada si

pemakai jalan raya sesuai dengan fungsinya. Perkerasan jalan dibagi menjadi dua, yaitu perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan kaku umumnya terdiri dari *concrete slab*, *sub base course* dan *sub grade*. Perkerasan lentur terdiri dari *surface course* (*wearing course*, *binder course*), *base course*, *sub base course* dan *sub grade*. Lapis perkerasan dibagi menjadi tiga, yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan tanah dasar (*sub grade*).

3.2 *Asphalt Concrete Base Course*

Asphalt concrete base course adalah lapisan pelindung aspal beton yang terdiri dari agregat dan material aspal yang dicampur dan diproses di *asphalt mixing plant* (AMP).

Pengerjaan lapisan *AC base course* dilakukan diatas lapis pondasi agregat yang telah dipadatkan sesuai dengan persyaratan dan gambar rencana. Komposisi material *AC base course* harus ditetapkan menurut friksi rancangan yang didefinisikan sebagai berikut:

Fraksi Agregat Kasar (CA) = Prosentase berat dari campuran keseluruhan dari material yang tertahan pada saringan 2,36 mm (tertahan #8).

Fraksi Agregat Halus (FA) = Prosentase berat dari campuran keseluruhan dari material yang lolos saringan 2,36 mm dan tertahan pada saringan 75 micron (lolos #8 dan tertahan #200).

Fraksi Bahan Pengisi (FF) = Prosentase berat dari campuran keseluruhan dari material yang lolos saringan 75 micron (lolos #200).

Komposisi agregat (CA, FA, FF) harus memenuhi *job mix formula (JMF)* yang telah ditentukan. Komposisi agregat yang tercantum pada *Job Mix Formula (JMF)* harus memenuhi batas-batas gradasi untuk agregat dan bahan pengisi pada campuran AC.

Tabel 3.1
Spesifikasi Batas-batas Gradasi untuk Kombinasi
Agregat dan Bahan Pengisi Pada Campuran AC.

Ukuran Ayakan	No Ayakan	Prosentase Lolos
25,0 mm	1"	100
19,0 mm	¾"	100
12,7 mm	½"	75 – 100
9,50 mm	⅜"	60 – 85
4,75 mm	no 4	38 – 55
2,36 mm	no 8	27 – 40
600µm	no 30	14 – 24
300µm	no 50	9 – 18
150µm	no 100	5 – 12
75µm	no 200	2 – 8

Lapis perkerasan *Asphalt Concrete (AC) base course* merupakan lapis pondasi atas pada rigid *pavement*. Pekerjaan lapis kondisi atas perkerasan jalan *AC base course* harus berdasarkan kriteria atau ketentuan yang harus dipenuhi, antara lain bahan yang dipakai dalam campuran *AC Base Course* dari agregat

yang bergradasi seragam, bahan pengisi dan aspal semen. Bahan yang akan digunakan harus diperiksa untuk kemudian dilakukan pencampuran untuk mendapatkan proporsi masing-masing bahan dalam campuran (*Job Mix Formula*), berdasarkan pada peraturan standar *AASHTO T 245*. Standar spesifikasi dari sifat campuran seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2
Standar sifat campuran *AC Base Course*

Sifat Campuran	<i>AC Base Course</i>
Stabilitas (Kg)	2297
Flow (mm)	3,0 – 4,0
Rongga pada campuran total (%)	4,9 – 6
Rongga pengisi dengan aspal (%)	60 – 75
Kadar efektifitas bitumen (%)	5,5 minimal
Kadar penyerapan bitumen (%)	4,9 maksimal
Kadar minimum bitumen sebenarnya (%)	2,4 minimal

Sumber : AASTHO

Agregat kasar untuk *AC Base Course* harus mempunyai sifat abrasi dan keausan 50% sesuai standar *AASHTO T 96*, agregat halus harus memenuhi sifat dan kekuatan sesuai dengan standar *AASHTO M 29*.

Dalam penelitian ini, pemecahan persoalan sistim pemilihan agregat sebagai material *AC Base Course* yang optimal. Dengan tinjauan material sisa menjadi prioritas penelitian. Kualitas material, sifat campuran, kriteria *filler* dan lain sebagainya tidak diikutsertakan dalam analisa data.

Setelah data-data mengenai kadar CA, FA, dan FF pada material dari beberapa agregat sampel diketahui, biaya material diketahui kemudian *Job Mix*

Formula (JMF) AC Base Course dan spesifikasi material yang ditentukan juga sudah didapat, maka fungsi tujuan dan fungsi kendala (batasan-batasan) pada persamaan simpleks dari persoalan sistim pemilihan agregat bisa dibentuk, kemudian diadakan penelitian kembali mengenai prosentase setiap sisa material menurut spesifikasi *JMF*, diteruskan dengan tinjauan material sisa yang dapat dijual.

3.3 Rancangan Campuran Secara Umum

a. Komposisi umum dari campuran

Campuran aspal terdiri dari agregat dan bahan aspal. Dalam beberapa hal, penambahan bahan pengisi akan diperlukan untuk meyakinkan sifat-sifat campuran dapat memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Dokumen Lelang, akan tetapi umumnya pemakaian bahan pengisi harus sesedikit mungkin.

b. Kadar Bitumen Dari Campuran

Kadar bitumen dari campuran harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga kadar aspal tidak boleh kurang dari nilai minimum yang disyaratkan pada tabel Spesifikasi Standar Dokumen Lelang.

c. Proporsi komponen agregat

Komponen-komponen agregat campuran harus ditetapkan menurut “Fraksi Rancangan” yang disyaratkan, yang didefinisikan sebagai berikut:

Fraksi Agregat Kasar (CA) = Prosentase berat dari campuran keseluruhan dari material tertahan pada saringan 2.36 mm

Fraksi Agregat Halus (FA) = Prosentase berat dari campuran keseluruhan dari material yang lolos pada saringan 2,36 mm tetapi tertahan pada saringan 75 micron.

Fraksi Bahan Pengisi (FF) = Prosentase berat dari campuran keseluruhan dari material yang lolos saringan 75 micron.

Tabel 3.3
Batas-batas gradasi untuk kombinasi agregat dan bahan pengisi pada campuran AC

Ukuran Ayakan	Prosentase Lolos
25,0 mm	100
19,0 mm	75 – 100
12,7 mm	60 – 85
9,50 mm	38 – 55
4,75 mm	27 – 40
2,36 mm	14 – 24
600 μm	9 – 18
300 μm	5 – 12
150 μm	5 – 12
75 μm	2 – 8

(sumber : Spesifikasi Standar Dokumen Lelang)

3.4. *Linier Programming*

Pemrograman linier adalah salah satu teknik riset operasi yang paling banyak digunakan dan dapat diterapkan untuk beragam persoalan produksi dan operasi (Elwood. S. Buffa dan Rakesh K. Sarin, 1996).

Linier Programming dapat membantu perusahaan dalam membuat keputusan (*decision making*) untuk memilih keputusan yang paling baik dan

pemecahan terbaik serta sebagai perencanaan kegiatan operasi perusahaan. Maka untuk mendapatkan hasil yang optimal, persyaratan yang harus dipenuhi dalam pemecahan persoalan secara matematis harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Variabel keputusan tidak negatif
- b. Adanya fungsi tujuan dari fungsi variabel keputusan dan dapat digambarkan sebagai satu set fungsi linier
- c. Keterbatasan sumber daya maupun sumber dana dapat pula digambarkan dalam satu set fungsi linier

Dengan persyaratan tersebut, suatu persoalan baru bisa disebut program linier karena untuk mencari keputusan yang optimal didasarkan oleh keterbatasan sumberdaya, dan disebut linier karena fungsi batasan dan fungsi tujuan berbentuk linier. Jadi program linier merupakan perencanaan kegiatan untuk mencapai tujuan tertentu yang dipenuhi dari alternatif-alternatif yang ada.

3.4.1. Program Linier Strategi Bagi Teknik Optimalisasi

Program linier merupakan model matematika untuk menggambarkan suatu masalah, karena sifatnya yang linier maka fungsi matematika yang ada dalam model ini harus merupakan fungsi linier.

Teknik optimalisasi adalah suatu model perencanaan dimana menentukan jumlah produksi yang paling baik atau paling cepat sehingga dapat memberikan keuntungan yang maksimum atau dapat menekan biaya operasi yang minimum. Model ini mengalokasikan fasilitas-fasilitas dalam jumlah terbatas yang tersedia, antara lain: bahan baku, mesin, tenaga kerja dan modal sedemikian rupa sehingga

kondisi optimal dapat dicapai. Untuk mencapai kondisi optimal tersebut maka digunakan teknik-teknik dari program linier seperti dengan menggunakan metode grafis atau metode simpleks.

3.4.2. Model *Linier Programming*

Dalam membangun sebuah model dan formulasi sebuah perusahaan akan digunakan karakteristik-karakteristik yang bisa digunakan dalam persoalan *Linier Programming*, yaitu:

a. Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan-keputusan yang akan dibuat. Dengan persoalan ini, variabel keputusan akan menentukan agregat mana yang paling optimal untuk dipilih sebagai bahan material.

Misalnya : X_1 = prosentase CA dalam 1 m³ agregat

X_2 = prosentase FA dalam 1 m³ agregat

X_3 = prosentase FF dalam 1 m³ agregat

Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan merupakan fungsi keputusan yang akan dimaksimumkan atau diminimumkan. Dalam hal ini fungsi tujuan didasarkan pada tujuan perusahaan untuk memperoleh laba yang maksimal. Pada umumnya fungsi tujuan ditanyakan sebagai berikut:

$$\text{Maksimumkan } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

Di mana ada n macam produk yang akan diproduksi masing-masing sebesar $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ dan adalah dinyatakan dalam $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$.

Contribution margin adalah besarnya *price scales* dikurangi dengan biaya variabel produksi.

b. Pembatas

Pembatas merupakan kendala yang dihadapi sehingga kita tidak bisa menentukan harga-harga variabel keputusan pada pembatas, ini disebut koefisien teknologis, sedangkan bilangan yang ada di sisi kanan setiap pembatas disebut ruang kanan pembatas.

Fungsi kendala (batasan-batasan) :

$$1. \quad a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + a_{13}X_{13} + \dots + a_{1n}X_{1n} (\leq = \geq) b_1$$

$$2. \quad a_{21}X_{21} + a_{22}X_{22} + a_{23}X_{23} + \dots + a_{2n}X_{2n} (\leq = \geq) b_2$$

$$3. \quad \dots$$

$$m. a_{m1}X_{m1} + a_{m2}X_{m2} + a_{m3}X_{m3} + \dots + a_{mn}X_{mn} (\leq = \geq) b_m$$

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \geq 0.$$

Dimana :

m : macam batasan-batasan sumber atau fasilitas yang tersedia.

n : macam-macam kegiatan yang menggunakan sumber fasilitas yang tersedia ($i = 1, 2, \dots, m$)

i : nomor setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia ($i = 1, 2, \dots, m$)

J : nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia ($j = 1, 2, \dots, n$)

X_j : tingkat aktifitas ke-j ($j = 1, 2, \dots, n$)

- a_{ij} : banyaknya sumber yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran kegiatan j ($i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$).
- b_i : banyaknya sumber atau fasilitas yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan ($i = 1, 2, \dots, m$).
- Z : nilai yang harus dioptimalkan (maksimum atau minimumkan).
- c_j : kenaikan nilai Z apabila ada penambahan tingkat kegiatan (X_j) dengan satu satuan, atau merupakan sumbangan setiap satuan keluaran j terhadap nilai Z .

c. Pembatasan Tanda

Pembatasan tanda adalah pembatasan yang menjelaskan apakah variabel keputusan diasumsikan hanya berharga *non negative* atau variabel keputusan tersebut boleh berharga positif, boleh juga berharga negatif (tidak terbatas dalam tanda).

3.4.3. Teknik Pemecahan Model Program Linier

Pada dasarnya metode-metode yang dikembangkan untuk pemecahan model program linier ditujukan untuk mencari solusi dari beberapa alternatif solusi yang dibentuk oleh persamaan-persamaan pembatas sehingga diperoleh nilai fungsi tujuan yang optimum. Ada dua cara yang bisa digunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan program linier ini, yaitu dengan metode grafis dan metode simpleks.

3.4.4. Metode grafis

Beberapa persoalan program linier dapat diselesaikan dengan menggunakan metode grafis, jika masalah yang dihadapi mengandung tidak lebih dari dua variabel. Bagi perusahaan yang memproduksi lebih dari dua macam produk, metode ini tidak dapat digunakan sebagai alat pengambil keputusan, hal ini disebabkan adanya keterbatasan-keterbatasan metode ini dalam menyelesaikan masalah. Beberapa fungsi pembatas yang ada dalam masalah dilukiskan dalam garis lurus diatas bidang datar (dua dimensi). Dari sini dapat diperoleh "*Feasible Area*", dan dapat juga tidak dapat diperoleh sama sekali "*Feasible Solution Area*" atau diperoleh tetapi tidak terbatas yang disebut *Unbounded Solution*.

Langkah-langkah Pemakaian Metode Grafis :

1. Menentukan fungsi tujuan
2. Mengidentifikasi batasan (*constrains*).
3. Melukiskan atau menggambarkan masing-masing garis fungsi pembatas dalam suatu system koordinat (salib sumbu).
4. Mencari titik-titik yang paling optimal sehubungan adanya kriteria fungsi tujuan.

Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara :

1. Dengan menggambarkan fungsi tujuan
2. Dengan membandingkan nilai Z pada tiap alternatif

3.4.5. Metode Simpleks

Metode simpleks adalah prosedur umum untuk menyelesaikan soal pemrograman linier. Metode ini sangat efektif dan mampu memecahkan soal-soal

yang sangat besar, yang mencakup ratusan atau bahkan ribuan variabel atau kendala, dengan menggunakan komputer.

Apabila LP hanya mengandung dua kegiatan (variabel keputusan) saja, maka persoalan tersebut bisa dapat diselesaikan dengan metode grafik. Namun bila melibatkan lebih dari dua kegiatan (variabel keputusan) maka metode grafik tidak dapat digunakan lagi sehingga diperlukan metode simpleks. Metode simpleks merupakan suatu cara yang lazim dipakai untuk menentukan kombinasi optimal dari tiga variabel atau lebih (sumber : Pangestu Subayo, SE M.B.A, **Dasar-Dasar Operations Research, BPFE Yogyakarta**).

Istilah dasar yang diperlukan untuk memahami uraian singkat yang banyak digunakan dalam metode simpleks adalah sebagai berikut :

a. Solusi fisibel (*Feasible Solution*)

Yaitu suatu penyelesaian yang memenuhi seluruh pembatas yang ada pada suatu persoalan *Linier Programming (LP)*. Suatu persoalan LP mungkin saja tidak mempunyai solusi yang fisibel, hal ini dapat terjadi apabila pada persoalan tidak ada satu titikpun yang dapat dipenuhi oleh pembatas-pembatasnya. Apabila suatu persoalan telah ditemui solusi fisibelnya maka langkah selanjutnya adalah nilai optimal dari fungsi tujuan.

b. Solusi Optimal (*Optimal Solution*)

Adanya solusi yang terbaik pada suatu persoalan LP ditinjau dari nilai fungsi tujuannya. Optimal adalah dapat bernilai minimal atau maksimal dan penyelesaian optimal dapat lebih dari satu jumlahnya.

Persoalan yang tidak mempunyai solusi optimal biasanya disebabkan karena :

1. Tidak ada solusi fisibel
2. Peningkatan nilai fungsi tujuan tidak dapat dicegah oleh pembatas yang ada.
- c. Solusi Fisibel Titik Ekstrim

Yaitu solusi fisibel yang tidak terletak pada satu segmen garis yang menghubungkan dua solusi yang lainnya. Ada tiga sifat penting dari titik ekstrim yaitu:

1. a. Jika hanya ada satu solusi optimal, maka pasti ada titik ekstrim.
b. Jika solusi optimal banyak maka paling tidak sedikit ada dua titik ekstrim yang berdekatan. Dua titik ekstrim dikatakan berdasarkan jika segmen garis yang menghubungkan keduanya itu terletak pada sudut dari batas daerah fisibel.
2. Hanya ada sejumlah titik ekstrim pada setiap persoalan.
3. Jika suatu titik ekstrim memberikan harga Z yang lebih baik dari yang lainnya, maka pasti penyelesaian tersebut merupakan solusi optimal.

Sifat-sifat inilah yang dasar dari metode simpleks yang prosedurnya meliputi tiga langkah yaitu :

1. Langkah inisialisasi
Yaitu mulai dari titik ekstrim $(0,0)$
2. Langkah iteratif

Yaitu bergerak menuju pada titik ekstrim yang lebih baik. Langkah ini bisa berulang-ulang sesuai dengan yang diperlukan.

- Langkah menghentikan langkah kedua apabila telah sampai pada titik ekstrim yang terbaik (titik optimal).

Langkah-Langkah Metode simpleks :

- Mengubah fungsi tujuan menjadi fungsi implisit. Pada bentuk standar semua batasan mempunyai tanda \leq . Ketidaksamaan ini harus diubah menjadi kesamaan dengan cara menambah variabel slack.
- Menyusun persamaan dalam tabel.

Setelah formulasi diubah kemudian disusun dalam bentuk simbol.

Tabel3.4
Tabel Persamaan Metode Simpleks

Variabel Dasar	Z	X_1	$X_2 \dots X_n$	S_1	$S_2 \dots S_m$	NK
Z	1	$-C_1$	$-C_2 \dots -C_n$	0	$0 \dots 0$	0
S_1	0	a_{11}	$a_{12} \dots a_{1n}$	1	$0 \dots 0$	b_1
S_2	0	a_{21}	$a_{22} \dots a_{2n}$	0	$0 \dots 0$	b_2
.
.
.
S_m	0	a_{m1}	$a_{m1} \dots a_{mn}$	0	$0 \dots 1$	b_m

Keterangan :

NK = Nilai kanan persamaan yaitu nilai dibelakang tanda sama dengan (=).

Variabel Dasar = Variable yang nilainya sama dengan sisi kanan di persamaan.

- Memilih kolom kunci (*Entering Variable*)

Kolom kunci adalah kolom yang merupakan dasar untuk mengubah tabel. Pilih kolom yang mempunyai nilai pada garis fungsi tujuan yang bernilai negatif dengan angka terbesarnya. Jika suatu tabel tidak mempunyai nilai negatif pada baris fungsi tujuan maka berarti tabel sudah optimal.

4. Memilih baris kunci.

Baris kunci adalah baris yang merupakan dasar untuk mengubah tabel, dengan mencari indeks tiap-tiap baris dengan cara membagi nilai pada kolom NK dengan sebaris dengan kolom baris.

$$\text{indeks} = \frac{\text{nilai kolom NK}}{\text{nilai kolom kunci}}$$

Pilih baris dengan indeks positif dengan angka terkecil. Nilai yang termasuk dalam kolom kunci dan baris kunci kemudian disebut angka kunci (*pivot*).

5. Mengubah nilai-nilai baris kunci

Nilai baris kunci diubah dengan cara membaginya dengan angka kunci. Ganti variabel dasar pada garis tersebut dengan variabel yang terdapat dibagian atas kolom kunci.

6. Nilai baris yang lain

Baris kunci dapat diubah dengan rumus sebagai berikut :

Baris baru = baris lama – (koefisien pada kolom kunci) X nilai baru baris kunci.

7. Melanjutkan perbaikan-perbaikan atau perubahan-perubahan.

Mengulangi langkah perbaikan mulai langkah tiga sampai enam untuk memperbaiki nilainya. Perubahan baru berhenti setelah pada baris pertama (fungsi tujuan) tidak ada yang bernilai negatif.

3.4.6. Fungsi Tujuan

Adalah untuk mendapatkan nilai dari suatu produk yang menghasilkan nilai minimasi atau nilai maksimasi dari tujuan yang akan dicapai. Dari nilai tersebut akan ada variabel *input cost function*, yang dimaksud dengan *input cost function* adalah pemasukan data dari fungsi tujuan.

Input cost function merupakan perkalian biaya operasional masing-masing komponen seperti :

$$C(Y) = P_1X_1 + P_2X_2 + P_3X_3$$

Di mana :

$C(Y)$ = fungsi tujuan

P_1 = harga satuan agregat kasar (CA)

X_1 = volume agregat kasar (CA)

P_2 = harga satuan agregat halus (FA)

X_2 = volume agregat halus (FA)

P_3 = harga satuan bahan pengisi *filler* (FF)

X_3 = volume bahan pengisian (FF)

3.4.7. Fungsi kendala

$$X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n = D$$

$$1. a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$2. a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$3. a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + \dots + a_{3n}X_n \leq b_3$$

$$4. \quad a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \leq 0$$

Dimana :

$a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1n}$: prosentase CA dari masing-masing agregat

$a_{21}, a_{22}, a_{23}, \dots, a_{2n}$: prosentase FA dari masing-masing agregat

$a_{31}, a_{32}, a_{33}, \dots, a_{3n}$: prosentase FF dari masing-masing agregat

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$: prosentase CA, FA, FF menurut *JMI'* yang telah ditentukan.

3.4.8. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah analisis terhadap suatu keadaan optimal akibat adanya perubahan-perubahan. Setelah suatu masalah *linier programming* dapat diselesaikan secara optimal, masih diperlukan beberapa perubahan pada koefisien dalam model yang sudah optimal tersebut. Untuk menghitung kembali dari awal, akan memakan waktu yang relatif lama. Untuk mengatasi hal ini maka digunakan analisis sensitivitas atau sering juga disebut dengan *Post Optimality Analysis*.

Solusi optimum masalah *linier programming* didasarkan pada nilai koefisien fungsi tujuan maupun kemampuan penyediaan sumber daya, yang dapat diketahui secara pasti. Dalam kenyataan nilai koefisien fungsi tujuan maupun kemampuan penyediaan sumber daya, sangat dimungkinkan mengalami perubahan di masa yang akan datang.

Setiap perubahan pada fungsi tujuan, koefisien kendala, kapasitas kendala, penambahan kegiatan baru maupun penambahan kendala baru akan merubah persoalan *linier programming* dan pada akhirnya akan mempengaruhi solusi

optimum. Menghadapi berbagai macam perubahan tersebut dikembangkan suatu strategi guna mempelajari bagaimana solusi optimum akan berubah sehubungan dengan perubahan dana tersebut di atas.

Analisis sensitivitas dilakukan oleh solusi optimum dari masalah *linier programming* ditemukan, baik secara grafis maupun dengan metode simpleks. Informasi yang sangat diperlukan dalam analisis sensitivitas dengan metode simpleks adalah tabel optimum, kita tidak perlu melakukan perhitungan kembali dari awal sehubungan dengan adanya perubahan data. Oleh karena itu analisis sensitivitas berubah untuk menjawab seberapa jauh perubahan data diijinkan tanpa merubah solusi optimum atau tanpa menghitung solusi baru dari awal.

Tujuan dari analisis sensitivitas adalah untuk menguraikan atau menghindari perhitungan ulang, bila terjadi perubahan-perubahan satu atau beberapa koefisien model *linier programming* pada saat penyelesaian optimal telah dicapai. Terjadinya perubahan satu atau beberapa koefisien model linier akan mengakibatkan :

- a. Jawab optimal tidak berubah, artinya bahwa baik variabel dasar maupun nilai-nilainya tidak mengalami perubahan.
- b. Variabel dasarnya mengalami perubahan, tetapi nilainya tetap tidak berubah.
- c. Jawab optimum berubah semuanya.

Dalam analisis sensitivitas, perubahan parameter tidak harus mempengaruhi jawab optimal. Setelah jawab optimal terjadi, mungkin akan ada perubahan-perubahan seperti berikut ini :

1. Perubahan dalam koefisien fungsi tujuan.
2. Perubahan dalam konstanta ruas kanan.

Perubahan dalam fungsi pembatas :

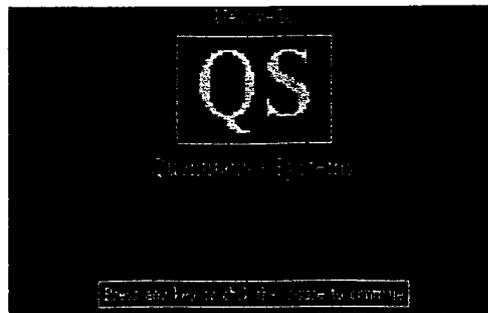
- a. Penambahan variable baru.
- b. Perubahan kolom yang ada.
- c. Penambahan fungsi pembatas baru.

3.5. *Quantitative System (QS.3)*

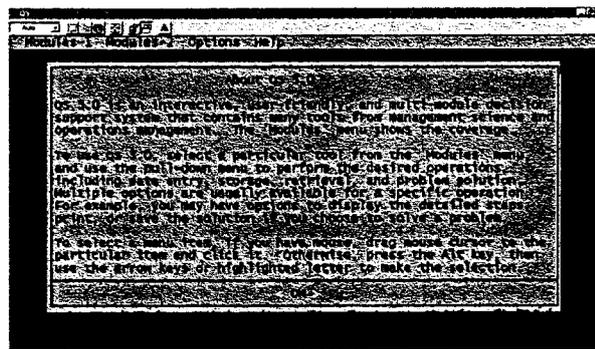
Program *Quantitative System Vertion 3 (QS.3)* merupakan suatu paket program yang dibuat secara khusus untuk menyelesaikan masalah-masalah manajemen operasi. Program *QS.3* ini adalah pengembangan dari program *Quantitative System Bussiness* atau *QSB*, mempunyai kemampuan yang baik dan kecepatan tinggi yang sangat membantu dalam menyelesaikan masalah-masalah manajemen operasional. Program *QS.3* adalah program *optimezer* yang memberikan informasi optimal dari hasil olahan program. Pengertian program *optimizer* yaitu program yang mengelola data yang tersusun dengan format tertentu hingga didapat nilai optimalnya. Oleh karena itu data harus diformat dengan format tertentu terlebih dahulu agar proses pengolahan data secara optimal dapat dilakukan oleh program ini.

Berikut ini adalah langkah-langkah pemasukan data untuk program *QS.3* pada sub program *Linier Programing* :

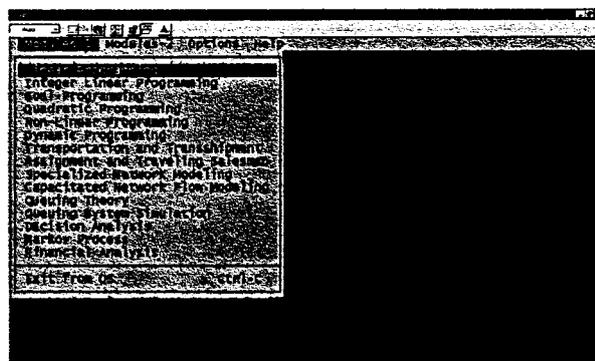
1. pada awal kita membuka program *QS.3* akan ada tampilan pada *dekstop* atau layar komputer seperti dibawah ini :



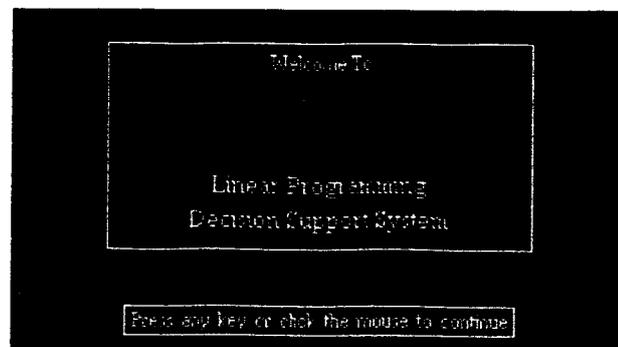
2. kemudian kita klik sembarang maka tampilan pada layar monitor akan seperti dibawah ini :



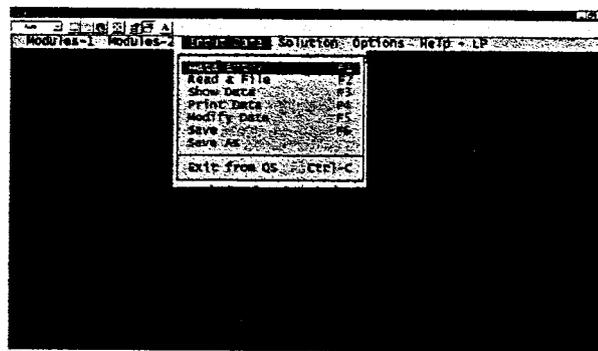
3. selanjutnya untuk meneruskan penggunaan program *Linier Programming* kita harus mengklik *icon* seperti dibawah ini :



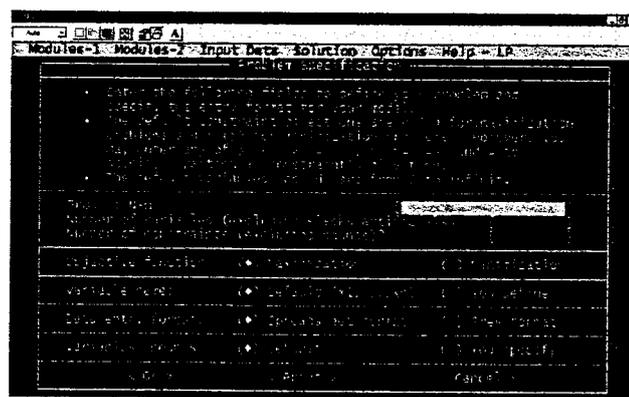
4. kemudian tampilan pada *desktop* monitor akan seperti dibawah ini :

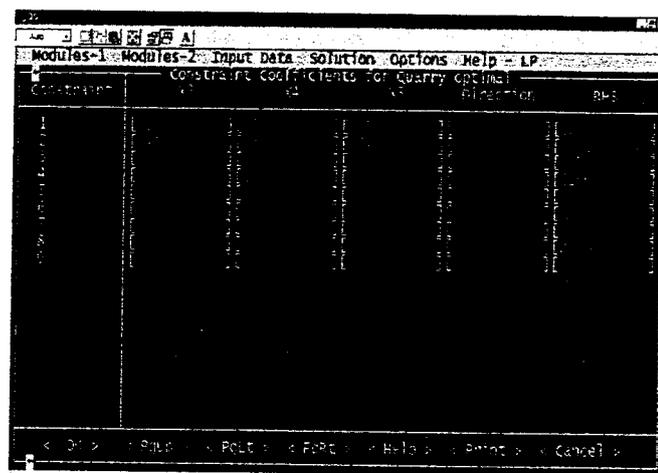
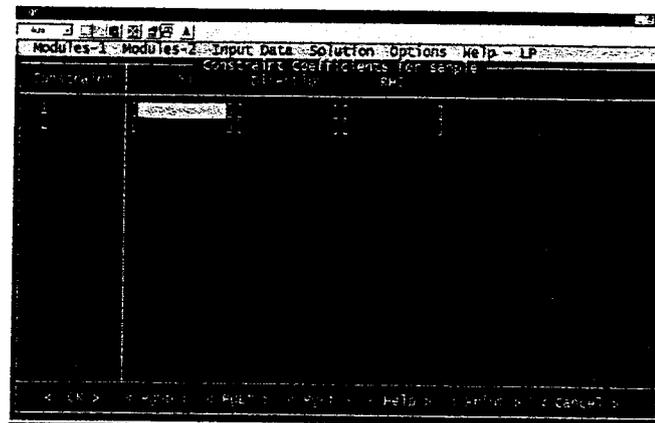
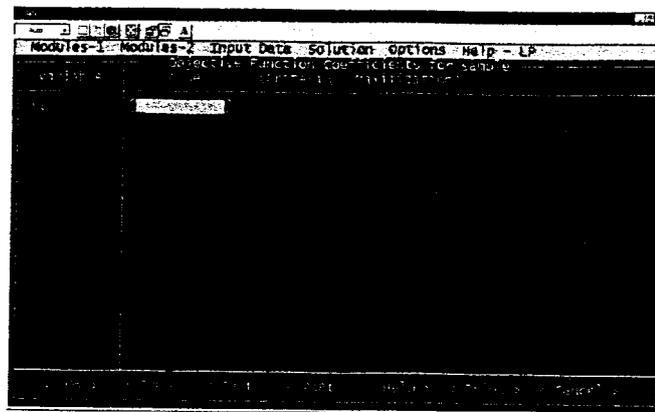


5. setelah tampilan pada monitor seperti diatas maka kita dapat melanjutkan penggunaan program ini dengan mengklik sembarang yang kemudian kita akan memulai dengan memasukan data, dengan memilih *icon data entry* yang tersedia seperti dibawah ini :

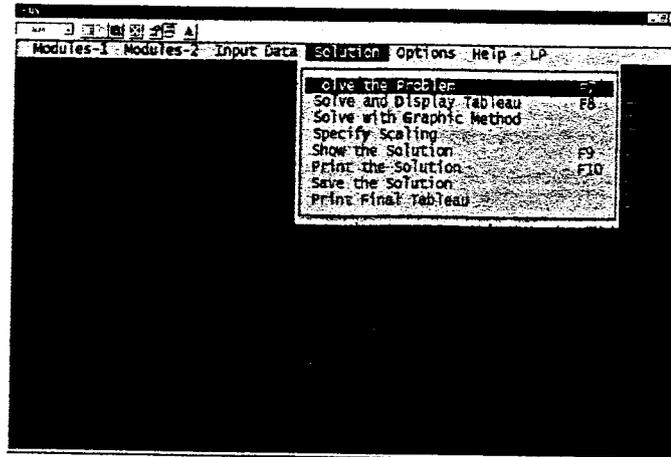


6. kemudian data dari permasalahan yang ada kita masukan seperti terlihat dibawah ini :





7. setelah data-data yang ada pada permasalahan kita dilanjutkan dengan membuka *icon* yang tersedia seperti dibawah ini:



8. kemudian langkah selanjutnya adalah mengetahui hasil yang akan kita dapatkan dengan cara mengklik icon *show the solution show the solution* kemudian akan muncul tabel hasil seperti dibawah ini :

 A screenshot of a software window showing a 'Solution Summary for Quarry optimal' table. The table has columns for 'Variable Number', 'variable Name', 'Solution', 'Opportunity Cost', 'Minimum Obj. Coef', 'Current Obj. Coef', and 'Maximum Obj. Coef'. The table contains data for variables X1, X2, and X3. Below the table, it shows 'Minimized OBJ = 5455.0000', 'Iteration = 6', and 'Elapsed CPU seconds = 0'.

Variable Number	variable Name	Solution	Opportunity Cost	Minimum Obj. Coef	Current Obj. Coef	Maximum Obj. Coef
1	X1	25378.1	374.0000	20117	30800	21981.0000
2	X2	0.0000	0.0000	14625	10000	10000
3	X3	0.0000	0.0000	14625	10000	10000

Minimized OBJ = 5455.0000 Iteration = 6 Elapsed CPU seconds = 0

3.5.1. Interpretensi Out Put Linier Programing pada QS.3

Hasil akhir (*Out Put*) dari program QS.3 adalah berupa tabel yang di dalamnya menunjukkan nilai dari fungsi tujuan. Dalam pembacaan tabel terdapat istilah-istilah yang digunakan untuk menginterpretasikan hasil akhir dari program QS.3.

Adapun istilah-istilah yang ada dalam tabel adalah :

- a. *Solution*
Solusion menunjukkan hasil olahan berupa nilai optimal dari variabel keputusan atau nilai dari fungsi tujuan dalam program QS.3.
- b. *Opportunity Cost*
Opportunity Cost menunjukkan besarnya kerugian perunit kegiatan yang dialami akibat hilangnya kesempatan memperoleh laba.
- c. *Shadow Price*
Shadow Price adalah nilai yang menunjukkan seberapa besarnya pengaruh nilai pada solusi optimal. Berdasarkan *Shadow Price* dapat diprioritaskan sumber daya mana yang akan ditambah atau dikurangi.
- d. *Current Objective Coeffisient*
Current Objective Coeffisient menunjukkan besarnya koefisien fungsi tujuan semula.
- e. *Constraint Status*
Constraint Status menunjukkan status batasan dari masing-masing sumber daya.
- f. *Status : Loose (longgar)*
Menunjukkan status bahwa sumber daya ini belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga terdapat sisa material.
- g. *Status : Tight (ketat)*
Sumber daya telah dimanfaatkan secara maksimal sehingga tidak terdapat sisa material.

h. *Surplus*

Menunjukkan besarnya nilai sisa sumber daya. Bila status sumber daya tersebut *loose* berarti terdapat *surplus* dan bila status sumber daya tersebut *tight*, maka nilai *surplus* sumber daya tersebut nol atau tidak terdapat sisa (*surplus*).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Pelaksanaan Penelitian

Obyek penelitian ini adalah proyek perkerasan jalan yang menggunakan lapisan *AC Base Course* sebagai bagian dari lapisan perkerasan jalan. Data-data yang kami butuhkan dalam penelitian ini kami dapatkan dari perusahaan *AMP* dan *supplier* material pada proyek jalan tersebut. Untuk data mengenai *sieve analisis* material kami peroleh dari laboratorium.

4.2. Kerangka Pemecahan Masalah

Tahap-tahap yang akan ditempuh untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Studi Pendahuluan

Dilakukan studi pustaka dan observasi awal yang merupakan pengenalan proyek yang menjadi obyek dalam penelitian ini terutama yang berkaitan dengan masalah persediaan agregat. Akan dipilih contoh proyek untuk penelitian ini dengan lokasi di sekitar Yogyakarta dengan pertimbangan biaya.

2. Rumusan Masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian

Tahap dimana penelitian yang lebih spesifik mulai dilakukan, dengan merumuskan masalah dari penelusuran literatur dan observasi awal. Dari rumusan masalah maka ditentukan tujuan penelitian.

3. Survei Penelitian I

Data-data yang diperlukan adalah data-data mengenai fraksi agregat, data *Job Mix Formula* yang digunakan pada proyek, dan data-data mengenai *quarry* yang dijadikan sumber material serta sisa material dari *quarry* tersebut. Berdasarkan jenisnya, diperlukan dua jenis data, yaitu :

a. Data Primer

Adalah data-data yang diperoleh secara langsung dari lapangan (kontraktor). Metode yang digunakan untuk memperoleh data ini adalah :

i. Observasi

Mendapatkan data dengan cara mengadakan pengamatan dan mencatat semua kegiatan operasional yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.

ii. Wawancara

Memperoleh data berupa catatan atas jawaban-jawaban dari beberapa pertanyaan peneliti.

b. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari dokumen kontrak (kontraktor), literatur-literatur, majalah, bahan kuliah, pekerja yang ada di lapangan (pada kontraktor) serta hal-hal lain yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.

4. Perhitungan dan Analisis Data

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui *quarry* yang memenuhi spesifikasi dengan keuntungan maksimum. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menyederhanakan persoalan dalam persamaan matematis. Dimana persoalan dalam penelitian ini tersusun dalam beberapa variabel penting, yaitu fraksi agregat, JMF dan biaya pengadaan agregat.
2. Melakukan perhitungan dengan Metode Simpleks dan *Software QS.3* untuk mendapatkan solusi yang diinginkan dengan efisien dan cepat.
3. Menganalisis *output* hasil perhitungan dari *Software QS.3*.

5. Survei Penelitian II

Survei penelitian kedua berkaitan dengan persoalan sisa material, jenis maupun volumenya kepada responden (Perusahaan) yang dipilih. Tujuannya untuk mengetahui apakah sisa material dari masing-masing *quarry* berdasarkan perhitungan dapat memberikan keuntungan yang bersifat finansial (uang) bagi responden (Perusahaan). Caranya sama seperti pada tahap Survei Penelitian I.

6. Perhitungan dan Analisis Data

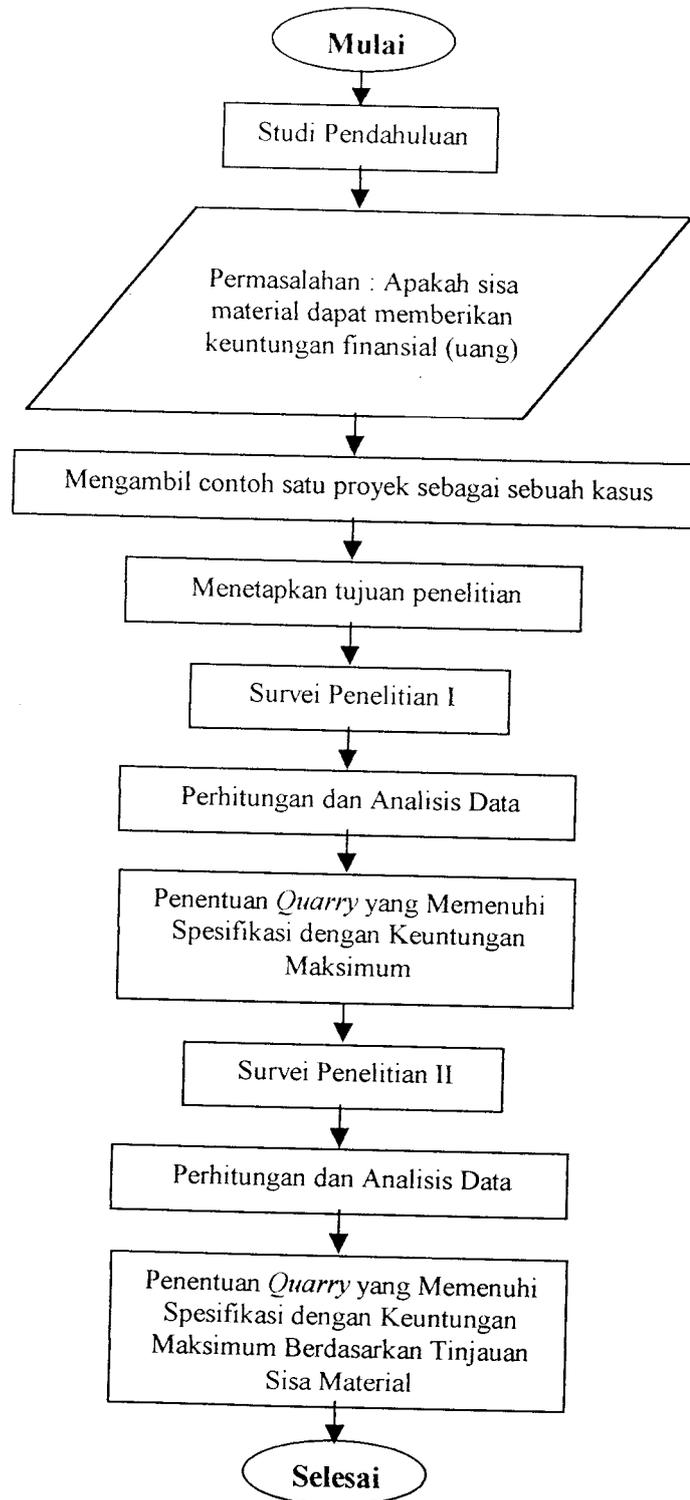
Perhitungan dan analisis data dilakukan dengan meninjau pengaruh sisa material terhadap keuntungan yang bersifat finansial (uang) bagi responden (Perusahaan).

7. Kesimpulan

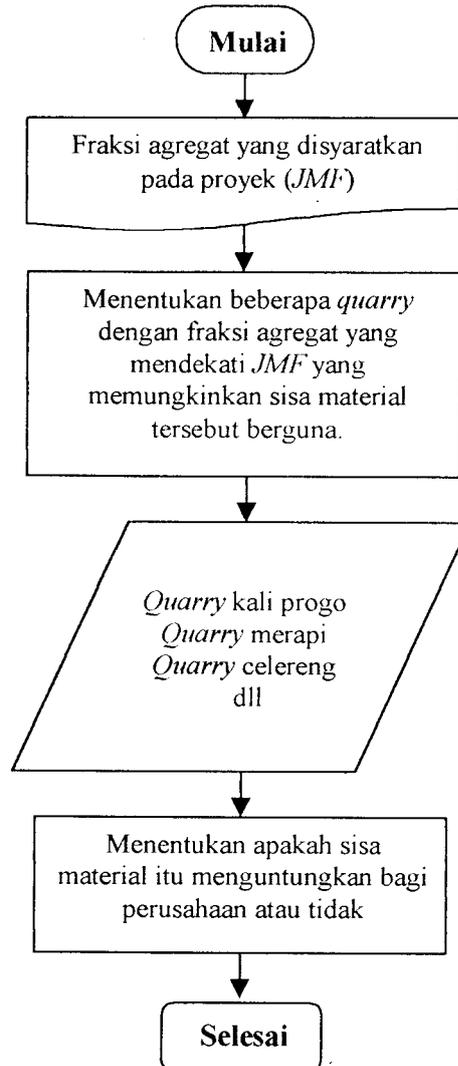
Menentukan *quarry* agregat *AC Base Course* yang memenuhi spesifikasi dengan keuntungan maksimum berdasarkan tinjauan sisa material.

8. Gambar Alur Penelitian

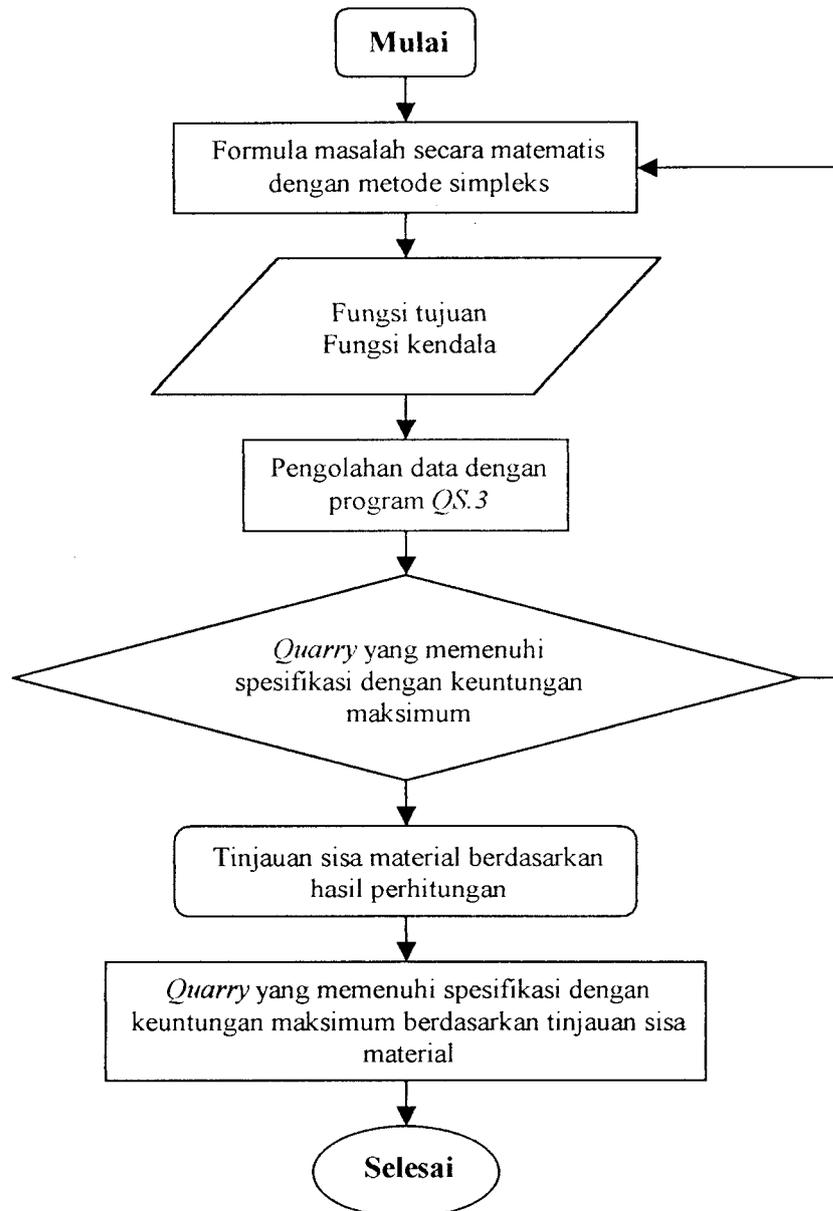
Gambar alur kerangka pemecahan masalah Optimasi agregat pada *AC Base Course* sebagai berikut :



Gambar I. Diagram Alur Penelitian.



Gambar .2.Diagram Alur Analisis Data



Gambar 3. Diagram alir penentuan *quarry* Agregat AC Base Course yang memenuhi spesifikasi dengan keuntungan maksimum berdasarkan tinjauan material sisa

4.3. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini sebagai berikut :

- Bab I Pendahuluan
Berisi tentang latar belakang diadakannya penelitian yang akan memilih *Quarry* mana yang akan dipilih dengan tinjauan sisa material dengan menggunakan program *QS.3*.
- Bab II Kajian Pustaka
Berisi tentang bahan tugas akhir yang ada kaitannya dengan tugas akhir yang akan dilaksanakan.
- Bab III Landaasan Teori
Berisi tentang dasar-dasar yang akan digunakan dalam pengerjaan tugas akhir.
- Bab IV Metode Penelitian
Berisi tentang tahapan-tahapan pekerjaan yang akan dilaksanakan pada pengerjaan tugas akhir.
- Bab V Pengolahan Data
Berisi tentang mengolah data yang berupa persoalan dijadikan bahasa matematik yang akan diolah dengan menggunakan *softwere*.
- Bab VI Pembahasan
Berisi tentang bahasan mengenai penelitian yang telah dilakukan.

- Bab VII Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan yang didapat dan saran-saran yang diberikan kepada pihak kontraktor.

BAB V

ANALISIS OPTIMALISASI MATERIAL UNTUK PEKERJAAN AC BASE COURSE PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN YOGYAKARTA-PRAMBANAN

5.1. Pengumpulan Data

5.1.1. Harga dan Fraksi Agregat

Data – data mengenai harga agregat di peroleh dari Tugas Akhir, Damar Wihendradita dan Yasir Hadibroto, 2002, yang bersumber dari PT. Perwita Karya dan wawancara langsung dilapangan. Untuk data-data mengenai fraksi agregat diperoleh dari pihak laboratorium dan bagian logistik PT. Perwita Karya. Berikut ini tabel dari harga dan fraksi agregat dari tiap – tiap *Quarry*.

Tabel 5.1
Fraksi dan Harga Total Agregat Masing –masing *Quarry*.

QUARRY	CA (%)	FA (%)	FF (%)	HARGA (Rp/m ³)
KALI PROGO	46	40	14	20.500,00
TINALAH	48	36	16	21.000,00
CELERENG	38	44	18	22.000,00
MERAPI	36	39	25	19.000,00
G. KIDUL	33	54	13	20.000,00

Sumber : Damar Wihendradita dan Yasir Hadibroto, JTS, FTSP,UII, 2002.

Untuk data–data yang lain sebagai penunjang mengenai spesifikasi agregat kami lampirkan pada tugas akhir ini, sedangkan untuk perincian harga pengadaan agregat material dari masing–masing *quarry* menurut tabel berikut ini:

Tabel 5.2
Perincian Harga Pengadaan Material Tiap *Quarry*.

Biaya (Rp/m ³)	Kali Progo (Rp)	Tinalah (Rp)	Celereng (Rp)	Merapi (Rp)	G. Kidul (Rp)
Sopir	4.116,667	4.116,667	4.116,667	4.116,667	4.116,667
Bongkar muat	833,33	791,667	833,33	750	833,33
Retrebusi	416,667	416,667	500	833,33	333,33
Material ditempat	15.000	15.625	16.000	15.250	14.666,667
Total	20.500	21.000	22.000	19.000	20.000

Sumber : Damar Wihendradita dan Yasir Hadibroto, JTS, FTSP, UII, 2002

5.1.2. Harga Penjualan Dan Fraksi Agregat

Harga dari penjualan berdasarkan fraksi agregat, kami dapatkan dari bagian logistik PT. Perwita Karya. Berikut ini harga penjualan material berdasarkan fraksi agregat dari bagian logistik PT. Perwita Karya yang berlokasi di Piyungan, Gunung Kidul, Yogyakarta :

Tabel 5.3
Fraksi dan Harga Penjualan Agregat.

Fraksi	CA	FA	FF
Harga Rp/m ³	35.000	42.000	50.000

Sumber : PT. Perwita Karya (*Base Camp*), Piyungan, Yogyakarta.

5.1.3. JMF (*Job Mix Formula*)

Data yang diambil dari penelitian yang terdahulu mengenai *JMF*, pada Proyek Jalan Yogyakarta–Prambanan yang akan kami teliti dan bersumber dari tugas akhir Damar Wihendradita dan Yasir Hadibroto adalah sebagai berikut ini :

CA (Fraksi Agregat Kasar) : 58 %

FA (Fraksi Agregat Halus) : 40 %

FF (Fraksi Bahan Pengisi) : 2 %

Jumlah agregat yang dibutuhkan pada Proyek Jalan Yogyakarta–Prambanan secara keseluruhan adalah sebanyak 21.500 m³ yang didapat dari tuntutan spesifikasi *JMF* (*Job Mix Formula*), sehingga apabila jumlah agregat berdasarkan dari fraksinya yang memenuhi standar yang telah ditentukan *JMF* adalah seperti dibawah ini :

$$K_s = P \times T \quad (5-1)$$

Dimana :

K_s = kebutuhan total fraksi

P = prosentase fraksi

T = total kebutuhan

Fraksi Agregat CA seluruhnya adalah : $58\% \times 21.500 \text{ m}^3 = 12.470 \text{ m}^3$

Fraksi Agregat FA seluruhnya adalah : $40\% \times 21.500 \text{ m}^3 = 8.600 \text{ m}^3$

Fraksi Agregat FF seluruhnya adalah : $2\% \times 21.500 \text{ m}^3 = 430 \text{ m}^3$

Tabel 5.4
Fraksi Kebutuhan Total JMF

Fraksi Agregat	%	Kebutuhan total (JMF) m ³	Total Fraksi m ³
CA	58	21.500	12.470
FA	40	21.500	8.600
FF	2	21.500	430

5.2. Pengolahan Data

5.2.1 Total Pembelian Material

Berdasarkan kebutuhan proyek (*JMF*) pada tabel 5.3 dan spesifikasi dari masing-masing *quarry* pada tabel 5.1 maka dapat dihitung dengan persamaan (5 –

1) pembelian yang memenuhi standar kebutuhan proyek dan spesifikasi dari masing-masing *quarry* :

$$K_s = P \times T$$

Dimana :

K_s = kebutuhan total fraksi

P = prosentase fraksi

T = total kebutuhan

Contoh Hitungan :

Pada *quarry* Kali Progo:

untuk fraksi CA

$$K_s = P \times T$$

$$12470 = 46\% \times T$$

$$T = \frac{12470}{46\%}$$

$$= 27108,69565 \text{ m}^3$$

untuk fraksi FA

$$K_s = P \times T$$

$$8600 = 40\% \times T$$

$$T = \frac{8600}{40\%}$$

$$= 21.500 \text{ m}^3$$

untuk fraksi FF

$$K_s = P \times T$$

$$430 = 14\% \times T$$



$$T = \frac{430}{14\%}$$

$$= 3071,428 \text{ m}^3$$

Tabel 5.5
Jumlah Total Pembelian

<i>Quarry</i>	Total Pembelian (m ³)
Kali Progo	27108,69
Tinalah	25979,17
Clereng	32815,79
Merapi	34638,89
Gunung Kidul	37787,88

Harga satuan dari jumlah pembelian didapat dari harga total agregat masing-masing *quarry* pada tabel 5.1 ditambahkan dengan optimasi mesin sebesar Rp. 12.000,00

$$H_s = H_Q + O_M \quad (5-2)$$

Dimana :

H_s = harga satuan

H_Q = harga *quarry*

O_M = optimasi mesin

Contoh Hitungan :

Untuk *quarry* kali Progo

$$H_s = 20.500 + 12.000$$

$$H_s = \text{Rp. } 32.500,00$$

Biaya total yang harus dikeluarkan adalah harga satuan dikalikan dengan volume material yang harus dibeli. Hasil ini dapat dilihat pada tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6
Pembelian Akhir Material Total

Quarry	Volume material yang harus dibeli (m ³)	Harga satuan (Rp)	Biaya total material (Rp)
Kali Progo	27108,69	32500	881032608,7
Tinalah	25979,17	33000	857312500
Clereng	32815,79	34000	1115736842
Merapi	34638,89	31000	1073805556
Gunung Kidul	37787,88	32000	1209212121

5.2.2 Sisa Fraksi Agregat

Sisa agregat didapat dari nilai total pembeluan pada tabel 5.5 dikalikan dengan prosentase fraksi, dikurangi dengan kebutuhan fraksi (JMF) pada tabel 5.4

$$A = \{(T \times P) - K_s\} \quad (5-3)$$

Dimana :

A = sisa fraksi

T = total kebutuhan

P = prosentase fraksi

K_s = kebutuhan total Fraksi (JMF)

Contoh hitungan :

Pada *quarry* kali progo

$$\text{Untuk Fraksi CA} = \{(27108,69565 \times 46\%) - 12470\} = 0$$

$$\text{Untuk Fraksi FA} = \{(27108,69565 \times 40\%) - 8600\} = 2243,478261 \text{ m}^3$$

$$\text{Untuk Fraksi FF} = \{(27108,69565 \times 14\%) - 430\} = 3365,217391 \text{ m}^3$$

Tabel 5.7
Sisa Fraksi Agregat

Quarry	Sisa Fraksi Agregat		
	CA (m ³)	FA (m ³)	FF (m ³)
Kali Progo	0	2243,478261	3365,217391
Tinalah	0	752,5	3726,666667
Clereng	0	5838,947368	5476,842105
Merapi	0	4909,166667	8229,7255555
Gunung Kidul	0	11805,45455	4482,424242

5.2.3 Nilai Harga Total Penjualan Agregat

Nilai dari penjualan sisa agregat didapat dari harga penjualan Fraksi agregat pada tabel 5.3 dikalikan dengan jumlah sisa agregat pada tabel 5.7

$$S_p = A \times H \quad (5-4)$$

Dimana :

S_p = harga total penjualan agregat

A = sifat agregat

H = harga penjualan agregat

Contoh Hitungan :

Pada *quarry* Kali Progo

Untuk fraksi CA

$$\begin{aligned} S_p &= 0 \times \text{Rp. } 35.000,00 \\ &= \text{Rp. } 0 \end{aligned}$$

Untuk fraksi FA

$$S_p = 2241,47861 \times \text{Rp. } 42.000,00$$

= Rp. 94.226.086,00

untuk fraksi FF

$S_p = 3365,217391 \times \text{Rp. } 50.000,00$

= Rp. 168.260.869,6

Tabel 5.8
Total Penjualan Sisa Material

<i>Quarry</i>	Sisa Material	Harga (Rp)	Jml Sisa Material m ³	Total (Rp)
Kali Progo	CA	35.000	0	0
	FA	42.000	2243,478261	94.226.089,96
	FF	50.000	3365,217391	168.260.869,6
Tinalah	CA	35.000	0	0
	FA	42.000	752,5	31.605.000
	FF	50.000	3726,666667	186.333.333,3
Clereng	CA	35.000	0	0
	FA	42.000	5838,947368	245.235.789,5
	FF	50.000	5476,842105	273.842.105,3
Merapi	CA	35.000	0	0
	FA	42.000	4909,166667	206.185.000
	FF	50.000	8229,722222	411.486.111,1
Gunung Kidul	CA	35.000	0	0
	FA	42.000	11805,454545	495.829.090,9
	FF	50.000	4482,424242	224.121.212,1

Harga sisa total material yang dapat dijual didapat dari persamaan jumlah total dari penjualan pada tabel 5.8 dibagi dengan jumlah pembelian tabel 5.5 maka didapat harga total penjualan dalam m³.

$$HTP = TP / T \quad (5 - 5)$$

Dimana :

HTP = harga total penjualan per m³

TP = total penjualan

T = kebutuhan total

Contoh hitungan :

$$HTP = \frac{Rp.262486956,5}{27108,69} = Rp. 9682,758621$$

Tabel 5.9
Total Harga Penjualan Sisa Material Dalam m³

<i>Quarry</i>	Harga Total Penjualan (Rp)
Kali Progo	9682,758621
Tinalah	8388,965517
Celereng	15817,93103
Merapi	17831,72414
Gunung Kidul	19052,41379

Maka perincian harga pengadaan material tiap-tiap *quarry* adalah dengan menggunakan persamaan pengadaan akumulatif awal ditambah dengan optimasi mesin *stone churser* dikurangi dengan penjualan sisa total agregat tabel 5.9.

$$TPA = ((HPA + OM) - HTP) \quad (5 - 6)$$

Dimana :

TPA = harga total penjualan akhir

HPA = harga pembelian awal

OM = ompimasi mesin

HTP = harga total penjualan

Contoh hitungan :

Untuk *quarry* Kali Progo

$$\begin{aligned} \text{TPA} &= ((\text{Rp. } 20.500 + \text{Rp. } 12.000) - \text{Rp. } 9682,758758 \\ &= \text{Rp. } 22.817,2413 \end{aligned}$$

Tabel 5.10
Akhir perincian harga pengadaan material tiap *Quarry*

Biaya (Rp/m ³)	Kali Progo (Rp)	Tinalah (Rp)	Celereng (Rp)	Merapi (Rp)	G. Kidul (Rp)
Pengadaan akumulatif awal	20.500	21.000	22.000	19.000	20.000
Sisa total agregat (pengurangan modal)	9.682,758	8.388,96551	15.817,9310	17831,724	19.052,4137
Optimasi mesin <i>Stone Cruiser</i> (penambahan Modal)	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Total pembelian akhir	22.817,2413	24.611,0344	18.182,0689	13168,275	12.947,5862

Sumber : Damar Wihendradita dan Yasir Hadibroto, JTS, FTSP, UII, 2002 dan PT. Perwita Karya, 2003

5.3 Analisa Data I

Dengan menggunakan penyederhanaan persoalan yang ada kedalam bentuk persamaan matematis, dan pada persamaan linier untuk *Linear*

Programming dengan menggunakan Metode Simpleks. Berikut dibawah ini penyederhanaan persoalan yang disusun pada Tugas Akhir sebelumnya.

5.3.1 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan adalah persamaan matematis yang akan mewakili tujuan utama dari penelitian. Tujuan penelitian ini adalah menentukan *quarry* material yang paling optimal dengan keuntungan maksimum.

Fungsi tujuan dari survey yang dilakukan pertama kali adalah menentukan *quarry* mana yang akan dipilih berdasarkan keuntungan maksimum. *Quarry-quarry* yang menjadi objek dalam penelitian ini disederhanakan kedalam bentuk matematis menjadi variabel X. Variabel-variabel X tersebut akan dikalikan dengan harga material masing-masing *quarry* untuk mendapatkan harga minimum.

5.3.2 Fungsi Kendala

Fungsi kendala adalah persamaan matematis dari kendala-kendala yang menjadi pembatas dalam persoalan ini, yaitu fraksi agregat yang didapatkan dari percobaan laboratorium pada masing-masing *quarry*, *Job Mix Formula* dan kebutuhan material secara menyeluruh.

5.3.3 Fungsi Tujuan dan Kendala (I)

Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari persamaan ini adalah meminimalkan harga yang akan didapatkan untuk mendapatkan keuntungan maksimum tanpa memperhitungkan sisa material.

Fungsi Tujuan :

$$\text{Minimalkan } Z = 20500X_1 + 21000X_2 + 22000X_3 + 19000X_4 + 20000X_5$$

Keterangan :

20.500 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* I (Kali Progo)

21.000 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* II (Tinalah)

22.000 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* III (Celereng)

19.000 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* IV (Merapi)

20.000 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* V (Gunung Kidul)

X₁ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* I (Kali Progo)

X₂ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* II (Tinalah)

X₃ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* III (Celereng)

X₄ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* IV (Merapi)

X₅ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* V (Gunung Kidul)

Fungsi Kendala :

1. Kendala I

Persamaan kendala pertama adalah sebuah persamaan yang bertujuan menemukan jumlah fraksi agregat CA optimal dari masing-masing *quarry* yang memenuhi kebutuhan total fraksi agregat CA yang sudah ditentukan (12470 m³). Dengan melihat ketentaun tersebut, maka persamaan kendala yang pertama adalah seperti dibawah ini :

$$(1). \quad 0,46X_1 + 0,48X_2 + 0,38X_3 + 0,36X_4 + 0,33X_5 \geq 12470$$

keterangan :

0,46 = prosentase material CA pada *quarry* I (Kali Progo)

0,48 = prosentase material CA pada *quarry* II (Tinalah)

0,38 = prosentase material CA pada *quarry* III (Celereng)

0,36 = prosentase material CA pada *quarry* IV (Merapi)

0,33 = prosentase material CA pada *quarry* V (Gunung Kidul)

12470 = jumlah total kebutuhan material CA yang disyaratkan *JMF*

X_1 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

2. Kendala II

Seperti persamaan kendala pertama, pada persamaan kendala kedua ini tujuannya menemukan fraksi agregat FA dengan nilai pembatas fraksi agregat FA dari masing-masing *quarry* dan kebutuhan total fraksi agregat FA. Persamaan dari kendala II seperti dibawah ini :

$$(2). \quad 0,40X_1 + 0,36X_2 + 0,44X_3 + 0,39X_4 + 0,54X_5 \geq 8600$$

keterangan :

0,40 = prosentase material FA pada *quarry* I (Kali Progo)

0,36 = prosentase material FA pada *quarry* II (Tinalah)

0,44 = prosentase material FA pada *quarry* III (Celereng)

0,39 = prosentase material FA pada *quarry* IV (Merapi)

0,54 = prosentase material FA pada *quarry* V (Gunung Kidul)

8.600 = jumlah total kebutuhan material FA yang disyaratkan *JMF*

X_1 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

3. Kendala III

Persamaan ini adalah bentuk matematis yang merupakan kendala - kendala pembatas fraksi agregat bahan pengisi/*filler* (FF). Seperti pada persamaan kendala I dan kendala II persamaan kendala ketiga adalah seperti dibawah ini :

$$(3). \quad 0,14X_1 + 0,16X_2 + 0,18X_3 + 0,25X_4 + 0,13X_5 \geq 430$$

keterangan :

0,14 = prosentase material FF pada *quarry* I (Kali Progo)

0,16 = prosentase material FF pada *quarry* II (Tinalah)

0,18 = prosentase material FF pada *quarry* III (Celereng)

0,25 = prosentase material FF pada *quarry* IV (Merapi)

0,13 = prosentase material FF pada *quarry* V (Gunung Kidul)

430 = jumlah total kebutuhan material FF yang disyaratkan *JMF*

X_1 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

4. Kendala IV

Persamaan kendala keempat ini adalah merupakan persamaan yang mempunyai tujuan membatasi jumlah material minimal yang harus dipenuhi oleh masing-masing *quarry*, yaitu jumlah kebutuhan total agregat sebanyak 21500 m³. persamaan matematika seperti dibawah ini :

$$(4). \quad X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \geq 21500$$

keterangan :

21.500 = jumlah total kebutuhan material

X_1 = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* V (Gunung Kidul)

5. Kendala V, VI, VII, VIII, IX

Persamaan matematis dari kendala kelima, keenam, ketujuh, kedelapan dan kesembilan adalah persamaan kendala matematis untuk jumlah material minimal yang mungkin untuk tiap-tiap *quarry*. Persamaan matematis tersebut seperti dibawah ini:

$$(5). \quad X_1 \geq 0$$

$$(6). \quad X_2 \geq 0$$

$$(7). \quad X_3 \geq 0$$

$$(8). \quad X_4 \geq 0$$

$$(9). \quad X_5 \geq 0$$

keterangan :

X_1 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

Secara keseluruhan maka bentuk dari persamaan matematis dari persamaan-persamaan yang termasuk dalam fungsi tujuan dan fungsi kendala adalah seperti dibawah ini :

Fungsi Tujuan :

$$\text{Minimalkan } Z = 20500X_1 + 21000X_2 + 22000X_3 + 19000X_4 + 20000X_5$$

Fungsi Kendala :

$$(1). \quad 0,46X_1 + 0,48X_2 + 0,38X_3 + 0,36X_4 + 0,33X_5 \geq 12470$$

$$(2). \quad 0,40X_1 + 0,36X_2 + 0,44X_3 + 0,39X_4 + 0,54X_5 \geq 8600$$

$$(3). \quad 0,14X_1 + 0,16X_2 + 0,18X_3 + 0,25X_4 + 0,13X_5 \geq 430$$

$$(4). \quad X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \geq 21500$$

$$(5). \quad X_1 \geq 0$$

$$(6). \quad X_2 \geq 0$$

$$(7). \quad X_3 \geq 0$$

$$(8). \quad X_4 \geq 0$$

$$(9). \quad X_5 \geq 0$$

5.3.4 Fungsi Tujuan dan Kendala (II)

Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari survey yang kedua adalah menentukan *quarry* mana yang akan dipilih dengan memperhitungkan sisa material. *Quarry-quarry* yang menjadi objek dalam penelitian ini disederhanakan kedalam bentuk matematis menjadi variabel X. Variabel-variabel X tersebut akan dikalikan dengan harga material yang telah dikurangi dengan harga penjualan masing-masing *quarry*. Pada tabel 5.10.

Fungsi Tujuan

Minimalkan :

$$Z=22817,2413X_1+24611,0344X_2+18182,0689X_3+13168,275X_4+12947,5862X_5$$

Keterangan :

22817,2413 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* I (Kali Progo)

24611,0344 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* II (Tinalah)

18182,0689 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* III (Celereng)

13168,275 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* IV (Merapi)

12947,5862 = Harga total agregat per m³ pada *quarry* V (Gunung Kidul)

X₁ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* I (Kali Progo)

X₂ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* II (Tinalah)

X₃ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* III (Celereng)

X₄ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* IV (Merapi)

X₅ = jumlah material optimal dalam m³ dari *quarry* V (Gunung Kidul)

Fungsi Kendala

1. Kendala I

Persamaan kendala pertama adalah sebuah persamaan yang bertujuan menemukan jumlah fraksi agregat CA optimal dari masing-masing *quarry* yang memenuhi kebutuhan total fraksi agregat CA yang sudah ditentukan (12470 m^3). Dengan melihat ketentaun tersebut, maka persamaan kendala yang pertama adalah seperti dibawah ini :

$$(1). \quad 0,46X_1 + 0,48X_2 + 0,38X_3 + 0,36X_4 + 0,33X_5 \geq 12470$$

keterangan :

0,46 = prosentase material CA pada *quarry* I (Kali Progo)

0,48 = prosentase material CA pada *quarry* II (Tinalah)

0,38 = prosentase material CA pada *quarry* III (Celereng)

0,36 = prosentase material CA pada *quarry* IV (Merapi)

0,33 = prosentase material CA pada *quarry* V (Gunung Kidul)

12470 = jumlah total kebutuhan material CA yang disyaratkan *JMP*

X_1 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material CA optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

1. Kendala II

Seperti persamaan kendala pertama, pada persamaan kendala kedua ini tujuannya menemukan fraksi agregat FA dengan nilai nilai pembatas fraksi agregat

FA dari masing-masing *quarry* dan kebutuhan total fraksi agregat FA. Persamaan dai kendala II seperti dibawah ini :

$$(2). \quad 0,40X_1 + 0,36X_2 + 0,44X_3 + 0,39X_4 + 0,54X_5 \geq 8600$$

keterangan :

0,40 = prosentase material FA pada *quarry* I (Kali Progo)

0,36 = prosentase material FA pada *quarry* II (Tinalah)

0,44 = prosentase material FA pada *quarry* III (Celereng)

0,39 = prosentase material FA pada *quarry* IV (Merapi)

0,54 = prosentase material FA pada *quarry* V (Gunung Kidul)

8.600 = jumlah total kebutuhan material FA yang disyaratkan *JMF*

X_1 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material FA optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

2. Kendala III

Persamaan ini adalah bentuk matematis yang merupakan kendala - kendala pembatas fraksi agregat bahan pengisi/*filler* (FF). Seperti pada persamaan kendala I dan kendala II persamaan kendala ketiga adalah seperti dibawah ini :

$$(3). \quad 0,14X_1 + 0,16X_2 + 0,18X_3 + 0,25X_4 + 0,13X_5 \geq 430$$

keterangan :

0,14 = prosentase material FF pada *quarry* I (Kali Progo)

0,16 = prosentase material FF pada *quarry* II (Tinalah)

0,18 = prosentase material FF pada *quarry* III (Celereng)

0,25 = prosentase material FF pada *quarry* IV (Merapi)

0,13 = prosentase material FF pada *quarry* V (Gunung Kidul)

430 = jumlah total kebutuhan material FF yang disyaratkan *JMF*

X_1 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material FF optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

3. Kendala IV

Persamaan kendala keempat ini adalah merupakan persamaan yang mempunyai tujuan membatasi jumlah material minimal yang harus dipenuhi oleh masing-masing *quarry*, yaitu jumlah kebutuhan total agregat sebanyak $21500 m^3$. persamaan matematika seperti dibawah ini :

$$(4). \quad X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \geq 21500$$

keterangan :

21.500 = jumlah total kebutuhan material

X_1 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

4. Kendala V, VI, VII, VIII, IX

Persamaan matematis dari kendala kelima, keenam, ketujuh, kedelapan, dan kesembilan adalah persamaan kendala matematis untuk jumlah material minimal yang mungkin untuk tiap-tiap *quarry*. Persamaan matematis tersebut seperti dibawah ini:

$$(5). \quad X_1 \geq 0$$

$$(6). \quad X_2 \geq 0$$

$$(7). \quad X_3 \geq 0$$

$$(8). \quad X_4 \geq 0$$

$$(9). \quad X_5 \geq 0$$

keterangan :

X_1 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* I (Kali Progo)

X_2 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* II (Tinalah)

X_3 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* III (Celereng)

X_4 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* IV (Merapi)

X_5 = jumlah material optimal dalam m^3 dari *quarry* V (Gunung Kidul)

Secara keseluruhan maka bentuk dari persamaan matematis dari persamaan-persamaan yang termasuk dalam fungsi tujuan dan fungsi kendala adalah seperti dibawah ini :

Fungsi Tujuan :

Minimalkan

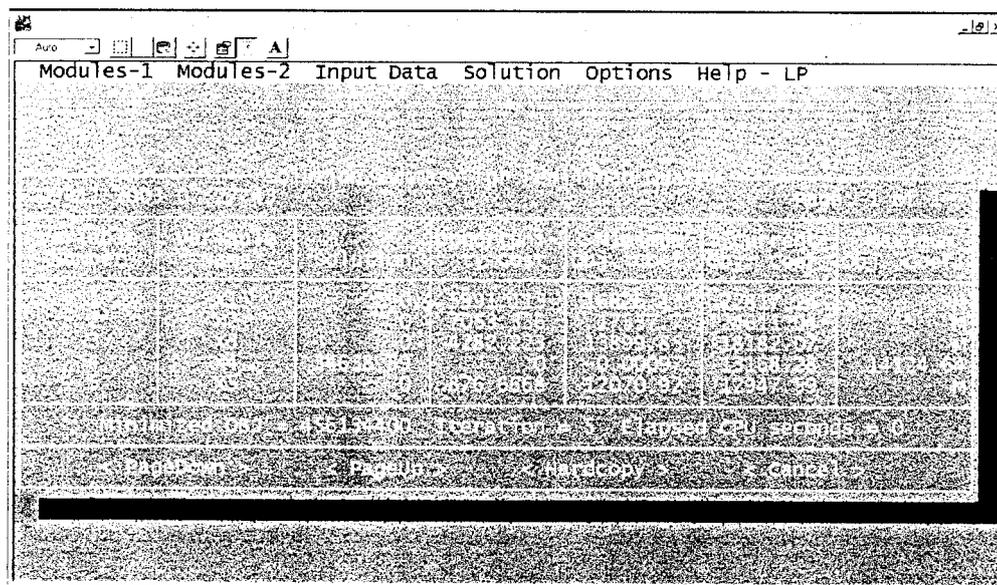
$$Z=22817,2413X_1+24611,0344X_2+18182,0689X_3+13168,275X_4+12947,5862X_5$$

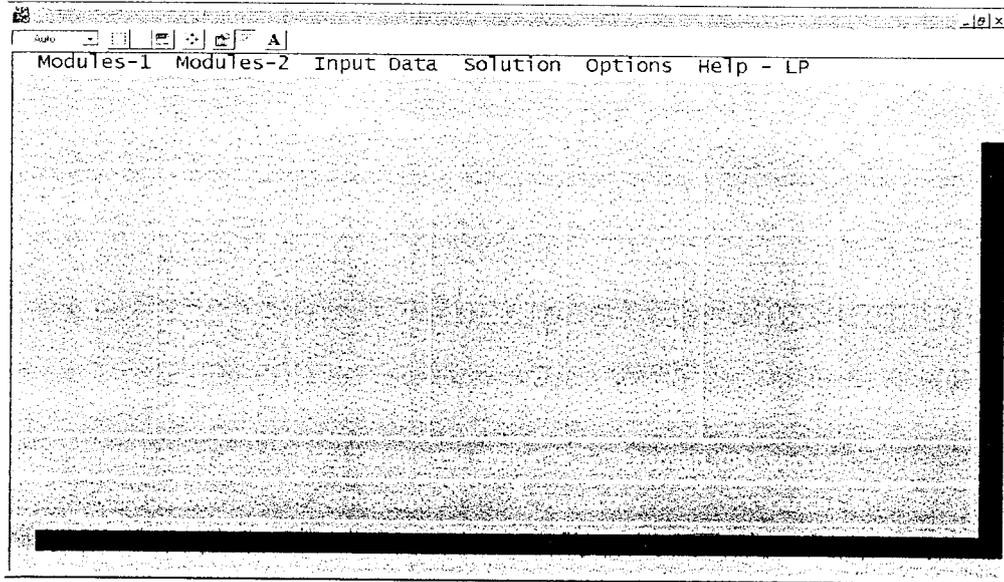
Fungsi Kendala :

$$(1). \quad 0,46X_1+0,48X_2+0,38X_3+0,36X_4+0,33X_5 \geq 12470$$

- (2). $0,40X_1 + 0,36X_2 + 0,44X_3 + 0,39X_4 + 0,54X_5 \geq 8600$
- (3). $0,14X_1 + 0,16X_2 + 0,18X_3 + 0,25X_4 + 0,13X_5 \geq 430$
- (4). $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \geq 21500$
- (5). $X_1 \geq 0$
- (6). $X_2 \geq 0$
- (7). $X_3 \geq 0$
- (8). $X_4 \geq 0$
- (9). $X_5 \geq 0$

Berikut dibawah ini hasil pemasukan dan pengolahan dari analisa data kedua dengan menggunakan program *QS.3* sub pokok bahasan *linier programming* tinjauan material sisa.





BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Analisis Jumlah Pembelian Material Yang Optimal

6.1.1 Solusi Optimal Untuk Pembelian Material

1. Solusi optimal pada pembelian material dengan tidak menghitung harga penjualan dari sisa material yang ada (kesempatan memperoleh laba).

Tabel 6.1 Solusi optimal dengan tidak menghitung sisa material

2. Solusi optimal untuk pembelian material dengan menghitung sisa material yang dapat dijual dan akan menambah keuntungan.

Tabel 6.2 Solusi optimal dengan menghitung sisa material

Material	Unit	Obj. Coef	Minimum	Supply	Net Profit	
A	0	5991.113	16826.13	2200.00	N	
B	0	7033.376	17557.7	2460.00	N	
C	0	4232.223	13899.85	18182.07	N	
D	34638.89	0	-0.00097	13168.28	14124.50	N
E	0	876.6668	12070.92	12947.53	N	

Minimized OBJ = 456134400 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0

< PageDown > < PageUp > < Handcopy > < Cancel >

Berdasarkan hasil pengolahan data yang didapat pada analisis optimalisasi material untuk pekerjaan *AC Base Course*, pada proyek peningkatan jalan Yogyakarta-Prambanan, didapat hasil seperti dibawah ini :

a. Pada tabel 6.1. (Solusi optimal pada system pemilihan *quarry* dengan tidak menghitung sisa material) di dapat jumlah pembelian material optimal adalah sebesar 25979,17 m³ dari *quarry* Tinalah dengan harga pembelian Rp 21.000 per m³.

b. Pada tabel 6.2 (Solusi optimal system pemilihan *quarry* dengan menghitung kelebihan sisa material yang dapat dijual) didapat jumlah pembelian optimal sebesar 34638,89 m³ dari *quarry* Merapi, dengan indikasi sisa material yang dapat dijual dan akan menambah keuntungan bagi perusahaan. Dengan harga pembelian Rp 19.000,00 ditambah dengan optimasi mesin sebesar Rp 12.000,00 per m³ dari *Quarry*, maka harga total dari pembelian material per m³ yang didapat adalah Rp 31.000,00. Solusi optimal dari pemilihan *quarry* ini sebesar Rp 456.134.400,00

Hitungan :

Solusi optimal pemilihan *quarry*.

Jumlah pembelian agregat total material yang paling optimal 34638,89 m³

Dengan fraksi agregat : CA : 36 % , FA : 39 % , FF : 25 %

Harga material dalam m³ adalah Rp 19.000,00 ditambahkan dengan optimasi mesin sebesar Rp 12.000,00. maka harga material total dalam m³ adalah Rp 31.000,00

Biaya total yang dikeluarkan untuk mendatangkan material sebanyak $34638,88889 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 31.000,00 = \text{Rp } 1.073.805.556,00$

Solusi optimal sebesar Rp 456.134.400,00

Biaya total tersebut apabila dikurangi dengan solusi optimal maka akan didapat jumlah total penjualan agregat sisa dari keperluan yang dibutuhkan *JMK*. Maka jumlah total dari penjualan agregat sisa adalah (dalam Rp) :

$\text{Rp } 1.073.805.556,00 - \text{Rp } 456.134.400,00 = \text{Rp } 617.671.111,00$ (pada tabel 5.8)

6.2.1. Analisa Kehilangan Kesempatan Memperoleh Laba (*Opportunity Cost*).

Dalam analisa ini akan diperlihatkan analisa untuk pengadaan material dengan mempertimbangkan sisa material yang ada.

Hitungan :

➤ Quarry Kali Progo (X1)

Opportunity Cost : 5991,113

Solusi Optimal : Rp. 456.134.400,00

Harga Satuan 1 m^3 : Rp. 22.817,24138.

Dengan hasil yang didapat seperti diatas, maka jumlah material yang diperoleh dari *quarry* tersebut adalah sebanyak $27108,69565 \text{ m}^3$. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk pengadaan material adalah sebanyak $27108,69565 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 22.817,24138 = \text{Rp. } 618.545.652,2$, maka nilai dari *opportunity cost* adalah hasil dari biaya total yang dikeluarkan dikurangi dengan nilai biaya dari solusi

optimal yang kemudian dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *quarry* tersebut, maka akan terinci seperti dibawah ini :

$$\frac{Rp.618.545.652,2 - Rp.456.134.400,00}{27108,69565} = Rp. 5.991,113$$

Jadi kehilangan kesempatan memperoleh laba (*opportunity cost*) yang ada pada *quarry* Kali Progo adalah sebesar Rp. 5.991,113 karena jumlah yang dikeluarkan untuk pembelian material sebesar 27108,69565 m³ adalah Rp 618.545.652,2 dan nilai jumlah tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai solusi optimal *quarry* terpilih.

➤ *Quarry* Tinalah (X2)

Opportunity Cost : 7053,336

Solusi Optimal : Rp 456.134.400,00

Harga Satuan 1 m³ : Rp 24.611,03448

Dengan hasil yang didapat seperti diatas, maka jumlah material yang diperoleh dari *quarry* tersebut adalah sebanyak 25979,17 m³. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk pengadaan material adalah sebanyak 25979,17 m³ x Rp. 24.611,03448 = Rp 639.374.166,7, maka nilai dari *opportunity cost* adalah hasil dari biaya total yang dikeluarkan dikurangi dengan nilai biaya dari solusi optimal yang kemudian dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *quarry* tersebut, maka akan terinci seperti dibawah ini :

$$\frac{Rp.639.374.166,7 - Rp.456.134.400,00}{25979,17} = Rp. 7.053,336$$

Jadi kehilangan kesempatan memperoleh laba (*opportunity cost*) yang ada pada *quarry* Tinalah adalah sebesar Rp. 7.053,336 karena jumlah yang dikeluarkan untuk pembelian material sebesar 25979,17 m³ adalah Rp 639.374.166,7 dan nilai jumlah tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai solusi optimal *quarry* terpilih, nilai ini merupakan *Opportunity Cost* yang terbesar karena jumlah pengurangan yang ada kemudian dibagi dengan material kebutuhan yang disesuaikan dengan fraksi *JMF* menghasilkan jumlah yang paling besar dibandingkan dengan nilai dari *Opportunity Cost* yang lainnya.

➤ *Quarry* Celereng (X3)

Opportunity Cost : 4282,223

Solusi Optimal : Rp. 456.134.400,00.

Harga Satuan 1 m³ : Rp. 18.182,06897

Dengan hasil yang didapat seperti diatas, maka jumlah material yang diperoleh dari *quarry* tersebut adalah sebanyak 34638,89 m³. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk pengadaan material adalah sebanyak 34638,89 m³ x Rp. 18182.06897 = Rp. 596.658.947,4, maka nilai dari *opportunity cost* adalah hasil dari biaya total yang dikeluarkan dikurangi dengan nilai biaya dari solusi optimal yang kemudian dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *quarry* tersebut, maka akan terinci seperti dibawah ini :

$$\frac{Rp. 596.658.974,4 - Rp. 456.134.400,00}{34638,89} = Rp. 4.282,223$$

Jadi kehilangan kesempatan memperoleh laba (*opportunity cost*) yang ada pada *quarry* Celereng adalah sebesar Rp. 4282,223 untuk pembelian material sebesar 34638,89 m³.

➤ *Quarry* Merapi (X4)

<i>Opportunity Cost</i>	: 0,00
Solusi Optimal	: Rp. 456.134.400,00
Harga Satuan 1 m ³	: Rp. 13.168,27586

Dengan hasil yang didapat seperti diatas, maka jumlah material yang diperoleh dari *quarry* tersebut adalah sebanyak 32.815,79 m³. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk pengadaan material adalah sebanyak 32.815,79 m³ x Rp. 13.168,27586 = Rp. 456134444.4, maka nilai dari *opportunity cost* adalah hasil dari biaya total yang dikeluarkan dikurangi dengan nilai biaya dari solusi optimal yang kemudian dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *quarry* tersebut, maka akan terinci seperti dibawah ini :

$$\frac{Rp.456.134.444 - Rp.456.134.400}{32815,79} = Rp.0.00023 \sim 0.00$$

Jadi kehilangan kesempatan memperoleh laba (*opportunity cost*) yang ada pada *quarry* Merapi adalah sebesar Rp. 0,00 untuk pembelian material sebesar 32815,79m³. Nilai ini merupakan nilai dari solusi yang optimal (*quarry* terpilih), maka tidak akan terjadi kehilangan kesempatan memperoleh laba. Semua kebutuhan material yang disesuaikan dengan kebutuhan proyek dan sisa yang terjadi habis terjual dan menambah keuntungan untuk perusahaan.

➤ *Quarry* Gunung Kidul (X5)

Opportunity Cost : 876,6668

Solusi Optimal : Rp. 456.134.400,00

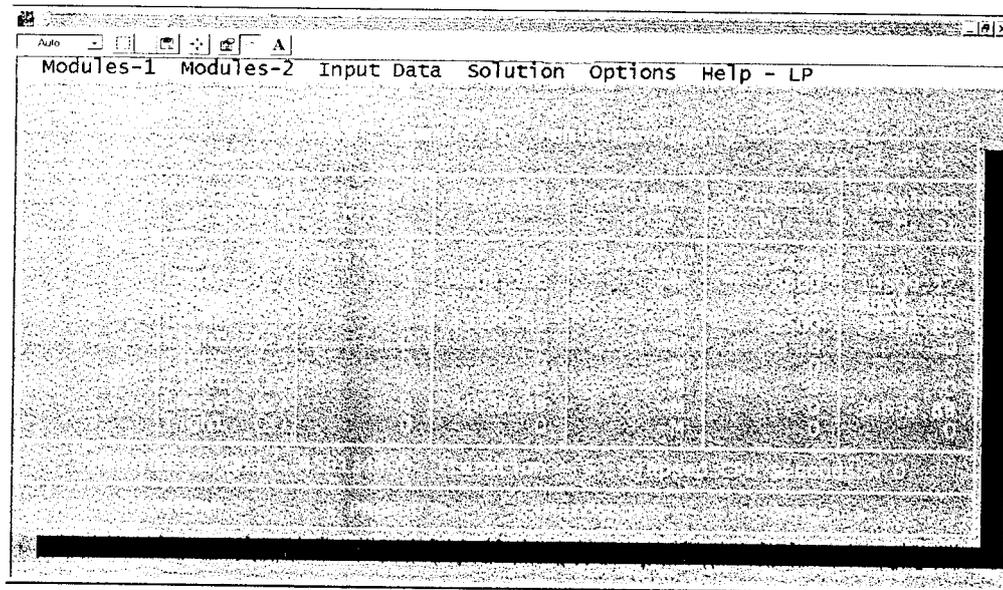
Harga Satuan 1 m³ : Rp. 12.947,58621

Dengan hasil yang didapat seperti diatas, maka jumlah material yang diperoleh dari *quarry* tersebut adalah sebanyak 37.787,88 m³. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk pengadaan material adalah sebanyak 37.787,88 m³ x Rp. 12.947,58621 = Rp. 489.261.818,2, maka nilai dari *opportunity cost* adalah hasil dari biaya total yang dikeluarkan dikurangi dengan nilai biaya dari solusi optimal yang kemudian dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *quarry* tersebut, maka akan terinci seperti dibawah ini :

$$\frac{Rp.489.261.818,2 - Rp.456.134.400}{37787,88} = Rp. 876,6668$$

Jadi kehilangan kesempatan memperoleh laba (*opportunity cost*) yang ada pada *quarry* Gunung Kidul adalah sebesar Rp. 876,6668 untuk pembelian material sebesar 37787,88 m³, karena jumlah yang dikeluarkan untuk pembelian material sebesar 37787,88 m³ adalah Rp. 489.261.818,2 dan nilai jumlah tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai solusi optimal *quarry* terpilih.

6.2.2 Analisa Sensitifitas Fungsi Batasan (*Constraint*)



Penjelasan :

Kolom *Current R. H. S* yang dihasilkan program ini (QS.3) akan menunjukkan tentang nilai atau koefisien (parameter model) dari kapasitas sumber daya. Sedangkan untuk nilai *Surplus* adalah menunjukkan adanya kelebihan dari adanya sumber daya yang belum dimanfaatkan, untuk kolom *minimum R.H. S* menunjukkan penurunan kapasitas sumber daya yang diijinkan sedangkan untuk nilai dari *maksimum R. H. S* adalah menunjukkan kenaikan kapasitas sumber daya yang diijinkan.

Dari data-data yang didapat dan kemudian dimasukkan kedalam program *linear programming QS.3* ini, maka hasil yang diperoleh akan kami uraikan seperti berikut dibawah ini :

1. *Constraint I* (fraksi CA)

$$0,46X_1 + 0,48X_2 + 0,38X_3 + 0,36X_4 + 0,33X_5 \geq 12470$$

Persamaan tersebut merupakan fungsi kendala untuk menentukan besarnya kadar dari fraksi CA yang dibutuhkan secara keseluruhan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh JMF.

a. Status : *Tight*

Sumber daya ini telah digunakan secara maksimal sehingga tidak terjadi sisa sumber daya/material. Karena habis terpakai, maka pengurangan atau penambahan kapasitas sumber daya ini akan mempengaruhi solusi optimalnya. Besarnya pengaruh dari penambahan atau pengurangan terhadap keuntungan atau solusi optimala dapat diketahui dari *Shadow price* yang terjadi.

b. *Shadow price* : Rp 36.578,54

Setiap penambahan kapasitas sumber daya material (current R. H. S) sebesar 1 m^3 akan mengurangi keuntungan sebesar Rp 36.578,54 dengan perhitungan seperti dibawah ini :

$$0,46X_1 + 0,48X_2 + 0,38X_3 + 0,36X_4 + 0,33X_5 \geq 12470$$

untuk nilai dari X_1, X_2, X_3 dan X_5 pada tabel hasil pengolahan dengan menggunakan program *QS.3 (linear Programing)* sebesar nol (0), karena bukan solusi optimal. Untuk nilai kapasitas sumber daya material ditambahkan sebesar 1 m^3 , maka persamaan diatas menjadi :

$$0,36X_4 \geq 12471$$

$X_4 = 34641,66667 \text{ m}^3$, maka untuk perhitungan *Shadow Price* adalah sebagai berikut :

$$\text{Shadow price} = (34.641,66667 - 34.638,89) \times \text{Rp } 13.168,275$$

$$= \text{Rp } 36.578,54$$

demikian juga apabila kapasitas sumber daya dikurangi 1m^3 , maka akan menambah keuntungan sebesar Rp 36.578,54

c. Surplus : 0 m^3

Pemanfaatan sumber daya sudah maksimal sehingga tidak terjadi sisa sumber daya atau material.

d. Minimum R.H.S : $7938,462\text{ m}^3$

Pengurangan kapasitas sumber daya dari 12470 m^3 sampai dengan $7938,462\text{ m}^3$ tidak akan merubah solusi optimal selama kapasitas sumber daya lain tidak berubah.

e. Maksimum R.H.S : tidak terbatas (M)

Penambahan kapasitas sumber daya hingga tak terbatas tidak akan merubah solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain tidak berubah.

2. *Constraint II* (fraksi FA)

$$0,40X_1 + 0,36X_2 + 0,44X_3 + 0,39X_4 + 0,54X_5 \geq 8600$$

Persamaan tersebut merupakan fungsi kendala untuk menentukan besarnya kadar dari fraksi FA yang dibutuhkan secara keseluruhan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh *JMI*:

a. Status : *Loose*

Sumber daya ini terjadi *surplus* kapasitas. Kapasitas sumber daya yang digunakan sebesar 8600 m^3 , sedangkan material yang tersedia sebesar $0,39 \times 34638,89\text{ m}^3 = 13509,16667\text{ m}^3$, sehingga terjadi *surplus* material

sebesar $4909,166 \text{ m}^3$. Pada kondisi ini solusi terbaik adalah menggunakan kapasitas yang minimal karena bila akan bertambah kapasitasnya juga tidak akan mempengaruhi solusi optimalnya kecuali bila sumber daya yang lain kapasitasnya juga ditambah secara proporsional, sesuai dengan penambahan sumber daya yang habis (*tight/ketat*).

b. *Shadow price* : Rp 0

Karena terjadi *surplus* pada sumber daya ini maka penambahan atau pengurangan kapasitas sumber daya tidak akan mempengaruhi solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain konstan.

c. Surplus : $4909,166 \text{ m}^3$

Terdapat sisa sumber daya material sebanyak $4909,166 \text{ m}^3$ karena sumber daya material yang dibutuhkan hanya sebanyak 8600 m^3 , sedangkan material yang tersedia sebanyak $13509,16667 \text{ m}^3$.

d. Minimum R.H.S : tidak terbatas (-M)

Pengurangan kapasitas sumber daya sebanyak tak terhingga tidak akan merubah solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain konstan.

e. Maksimum R.H.S : $13509,17 \text{ m}^3$

Solusi optimal tidak akan berubah selama penambahan kapasitas sumber daya adalah sampai dengan $13509,17 \text{ m}^3$, dengan ketentuan bahwa kapasitas sumber daya yang lain konstan.

3. Constraint III (fraksi FF)

$$0,14X_1 + 0,16X_2 + 0,18X_3 + 0,25X_4 + 0,13X_5 \geq 430$$

Persamaan tersebut merupakan fungsi kendala untuk menentukan besarnya kadar dari fraksi FF yang dibutuhkan secara keseluruhan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh *JMF*.

a. Status : *Loose*

Sumber daya ini terjadi *surplus* kapasitas. Kapasitas sumber daya yang digunakan sebesar 430 m^3 , sedangkan material yang tersedia sebesar $0,25 \times 34638,89 \text{ m}^3 = 8659,7225 \text{ m}^3$, sehingga terjadi *surplus* material sebesar $8229,722 \text{ m}^3$. Pada kondisi ini solusi terbaik adalah menggunakan kapasitas yang minimal karena bila akan bertambah kapasitasnya juga tidak akan mempengaruhi solusi optimalnya kecuali bila sumber daya yang lain kapasitasnya juga ditambah secara proporsional, sesuai dengan penambahan sumber daya yang habis (*tight/ketat*).

b. *Shadow price* : Rp 0

Karena terjadi *surplus* pada sumber daya ini maka penambahan atau pengurangan kapasitas sumber daya tidak akan mempengaruhi solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain konstan.

c. Surplus : $8229,722 \text{ m}^3$

Terdapat sisa sumber daya material sebanyak $8229,722 \text{ m}^3$ karena sumber daya material yang dibutuhkan hanya sebanyak 430 m^3 , sedangkan material yang tersedia sebanyak $8659,7225 \text{ m}^3$.

d. Minimum R.H.S : tidak terbatas (-M)

Pengurangan kapasitas sumber daya sebanyak tak terhingga tidak akan merubah solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain konstan.

e. Maksimum R.H.S : $8659,722 \text{ m}^3$

Solusi optimal tidak akan berubah selama penambahan kapasitas sumber daya adalah sampai dengan $8659,722 \text{ m}^3$, dengan ketentuan bahwa kapasitas sumber daya yang lain konstan.

4. Constraint IV

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \geq 21500$$

Persamaan tersebut merupakan fungsi kendala kebutuhan minimal yang harus dipenuhi dari setiap *quarry* dengan nilai R.H.S. 21500 m^3 yang merupakan jumlah kebutuhan total material proyek jalan Yogyakarta-Prambanan.

a. Status : *Loose*

Sumber daya ini terjadi *surplus* kapasitas. Kapasitas sumber daya yang digunakan sebesar 21500 m^3 , sedangkan material yang tersedia sebesar $34638,89 \text{ m}^3$, sehingga terjadi *surplus* material sebesar $34638,89 \text{ m}^3$. Ini merupakan *surplus* material secara keseluruhan dari sumber daya material yang tersedia.

b. *Shadow price* : Rp 0

Karena terjadi *surplus* pada sumber daya ini maka penambahan atau pengurangan kapasitas sumber daya tidak akan mempengaruhi solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain konstan.

c. Surplus : $34638,89 \text{ m}^3$

Terdapat sisa sumber daya material sebanyak $13138,89 \text{ m}^3$ karena sumber daya material yang dibutuhkan hanya sebanyak 21500 m^3 , sedangkan material yang tersedia sebanyak $34638,89 \text{ m}^3$.

d. Minimum R.H.S : tidak terbatas (-M)

Pengurangan kapasitas sumber daya sebanyak tak terhingga tidak akan merubah solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain konstan.

e. Maksimum R.H.S : $34.638,89 \text{ m}^3$

Solusi optimal tidak akan berubah selama penambahan kapasitas sumber daya adalah sampai dengan $34.638,89 \text{ m}^3$, dengan ketentuan bahwa kapasitas sumber daya yang lain konstan.

5. Constraint V,VI,VII,VIII dan IX

Persamaan kendala 5,6,7,8 dan 9 adalah sebagai berikut :

$$(1). \quad X_1 \geq 0$$

$$(2). \quad X_2 \geq 0$$

$$(3). \quad X_3 \geq 0$$

$$(4). \quad X_4 \geq 0$$

$$(5). \quad X_5 \geq 0$$

Dari kelima persamaan kendala diatas hanya persamaan keempat yang mempunyai nilai. Nilai tersebut merupakan nilai dari solusi optimal pemilihan *quarry*. Untuk persamaan yang lain bernilai nol (0), karena bukan merupakan nilai dari solusi optimal. Pada persamaan pertama terdapat nilai surplus sebesar $34638,89 \text{ m}^3$ dan nilai tersebut merupakan nilai solusi optimal dengan *quarry* terpilih adalah *Quarry Merapi*.

Untuk hasil yang diperoleh pada tugas akhir ini didapatkan *Quarry* terpilih yaitu Merapi dengan pembelian total sebanyak $34.638,89 \text{ m}^3$ dan harga pembelian dari *quarry* sebesar Rp 19.000,00 per m^3 , harga ini akan kami

akumulasikan kembali dengan penambahan modal untuk optimasi mesin, karena untuk mendapatkan hasil yang paling optimal fraksi yang ada pada *quarry* disesuaikan dengan kebutuhan dari proyek sebagai panduannya diambil nilai yang disyaratkan oleh *JMF*. Dengan jumlah pembelian tersebut akan didapatkan sisa material yang dapat dijual. Untuk *quarry* Merapi dengan perincian sebagai berikut : jumlah pembelian total dari *quarry* Merapi yang disesuaikan dengan kebutuhan *JMF* adalah sebesar $34.638,89 \text{ m}^3$, dengan harga pembelian sebesar Rp. 19.000,00 per m^3 . Untuk harga pembelian dari *quarry* ditambahkan dengan nilai dari optimasi mesin sebesar Rp. 12.000,00 ; maka jumlah total pembelian dari *quarry* Merapi adalah sebesar Rp. 31.000,00. Dengan demikian jumlah pembelian total yang dibeli dari *quarry* Merapi adalah $\text{Rp. } 31.000,00 \times 34.638,89 \text{ m}^3 = \text{Rp. } 1.073.805.556,00$. Untuk jumlah dari sisa agregat yang ada adalah sebanyak $4909,1667 \text{ m}^3$ untuk fraksi FA dan untuk fraksi FF adalah sebanyak $8229,7223 \text{ m}^3$.

Nilai penjualan dari fraksi FA adalah Rp. 42.000,00 dan untuk FF adalah Rp. 50.000,00 , maka jumlah dari penjualan per fraksi adalah $\text{FA} = \text{Rp. } 42.000,00 \times 4909,1667 = \text{Rp. } 206.185.001,4$ dan $\text{FF} = \text{Rp. } 50.000,00 \times 8229,7223 = \text{Rp. } 411.486.115,00$ dengan demikian jumlah penjualan total dari *quarry* Merapi adalah sebesar $\text{Rp. } 206.185.001,4 + \text{Rp. } 411.486.115,00 = \text{Rp. } 617.671.116,4$.

Pada pemilihan *quarry* dengan tidak mempertimbangkan sisa material didapat *quarry* terpilih adalah Tinalah dengan pembelian sebanyak $25979,17 \text{ m}^3$. dengan harga per m^3 adalah sebesar Rp 21.000,00, maka biaya total pembelian

untuk *quarry* Tinalah adalah Rp 545.562.496,00, dengan asumsi sisa material tidak dapat dijual/tidak diperhitungkan.

Dengan melihat kedua kasus diatas, maka untuk pemilihan *quarry* sebagai sumber material akan lebih menuntungkan apabila dilakukan pemilihan dengan meninjau sisa material yang bisa dijual yang akan menambah keuntungan.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dari bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan untuk permasalahan Sistem Pemilihan *Quarry* untuk perkerasan jalan *AC Base* pada Proyek Peningkatan jalan Yogyakarta – Prambanan dengan meninjau sisa material yang ada adalah sebagai berikut :

1. *Quarry* yang paling optimal yang akan digunakan sebagai sumber material adalah *Quarry* Merapi.
2. Sisa material yang dapat dijual yang akan menambah keuntungan bagi perusahaan adalah sebanyak 4909.166667 m³ untuk fraksi FA, 8229.722222 m³ untuk fraksi FF. dengan *opportunity cost* yang didapat adalah nol, yang berarti kehilangan kesempatan memperoleh laba untuk perusahaan tidak ada.
3. Sisa material akan lebih menuntungkan apabila material sisa dapat dijual, karena biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk pembelian material akan dikembalikan dengan hasil dari penjualan dari sisa agregat.

7.2 Saran

Berdasarkan dari kesimpulan yang didapat dari analisa data, maka peneliti dapat memberikan saran yang bisa membantu untuk perusahaan dalam hal pengoptimalisasian pemilihan *Quarry* agar dapat memberikan tambahan keuntungan.

1. dalam menentukan sumber daya material yang diprioritaskan diharapkan perusahaan dapat menambah atau mengurangi, karena keuntungan dapat ditambah dengan melihat sumberdaya yang berpengaruh besar terhadap fungsi tujuan yang akan dicapai.
2. untuk memecahkan persoalan selain menggunakan *software QS*. 3 bisa juga dengan menggunakan *software-software* lain seperti *lindo*, dan dapat juga dipecahkan dengan menggunakan sub pokok bahasan yang lain seperti *goal programming*.
3. dalam menentukan material yang akan digunakan perusahaan bisa mengolah dari material yang belum jadi yang kemudian diolah berdasarkan fraksi yang telah ditentukan oleh yang ditentukan karena ini akan dapat lebih menambah kualitas dari hasil pekerjaan.
4. untuk pada penelitian selanjutnya diharapkan analisa yang lebih spesifik ke pengoptimalan dari mesin, sebagai alat bantu yang berpengaruh terhadap penentuan dari fraksi yang akan dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dimiyati, Tjutju Tarliah dan Dimiyati, Ahmaf. *Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan*, Edisi kedua, Sinar Baru Algensindo, Bandung 1992
2. Erna Indrianingsih. *Analisis Kombinasi Produk Yang Optimal Dalam Upaya Meningkatkan Produktivitas Perusahaan*, Tugas Akhir TMI-UII, Yogyakarta, 2000
3. Imam Suharto, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operational*, Erlangga, Jakarta, 1995
4. Laboratorium Statistik Industri dan Penyelidikan Operasional, Modul Praktikum, Lab SIPO TMI, UII, Yogyakarta, 1999
5. Widya Melisa. *Penentuan Komposisi Jumlah Produk Yang Optimal Untuk Mencapai Keuntungan Maksimal, Dengan Metode Linier Programming*, Tugas Akhir TMI-UII, Yogyakarta, 2000
6. Zaenal M dan Ali Parkan, *Belajar Linier Programming Dengan QS*, Ekonisia, Yogyakarta, 2000
7. Damar Wihendradita dan Yasirhadibroto. *Optimalisasi Pemilihan Quarry Sebagai Sumber Agregat AC Base Course Dengan Metode Simplek Dan Program QS.3*, Tugas Akhir Teknik Sipil-UII, Yogyakarta, 2002.
8. Suyono Sosrodarsono dan Romanhadi. *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*, DPU 1992.
9. D. U. Sudarsono. *Rencana Campuran (mix design)*, Bag A, DPU 1993.
10. Joko Untung Sudarsono. *Konstruksi Jalan Raya*, DPU 1979.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

TABEL ITERASI SOLUSI OPTIMUM

Modules-1 Modules-2 Input Data Solution Options Help - LP

Initial Tableau

		X1	X2	X3	X4	X5	S1
Basis	c(j)	22817.24	24611.04	18182.07	13168.28	12947.59	0
A1	M	.46	.48	.39	.36	.33	-1
A2	M	.4	.36	.44	.39	.54	0
A3	M	.14	.16	.18	.25	.13	0
A4	M	1	1	1	1	1	0
S5	0	-1	0	0	0	0	0
c(j)-Z(j)		22817.24	24611.04	18182.07	13168.28	12947.59	0
* Big M		0	0	0	0	0	0

Current OBJ (Min.) = 0 + (43000 M)

< Next >> Skip >> PgDn >> PgUp >> PgLt >> PgRt >> HardCopy >> Cancel >

Modules-1 Modules-2 Input Data Solution Options Help - LP

Iteration 1

		X1	X2	X3	X4	X5	S1
Basis	c(j)	22817.24	24611.04	18182.07	13168.28	12947.59	0
A1	M	.46	.48	.38	.36	.33	-1
A2	M	.4	.36	.44	.39	.54	0
A3	M	.14	.16	.18	.25	.13	0
A4	M	1	1	1	1	1	0
S5	0	-1	0	0	0	0	0
c(j)-Z(j)		22817.24	24611.04	18182.07	13168.28	12947.59	0
* Big M		-2	-2	-2	-2	-2	1

Current OBJ (Min.) = 0 + (43000 M) IN: X5 OUT: A3

< Next >> Skip >> PgDn >> PgUp >> PgLt >> PgRt >> HardCopy >> Cancel >

```

Modules-1 Modules-2 Input Data Solution Options Help - LP
----- Iteration 2 -----
|      |      |      |      |      |      |      |      | |
|      |      |      |      |      |      |      |      |
| Basis | c(j) | 22817.24 | 24611.04 | 18182.07 | 13168.28 | 12947.59 | 0 |
| A1    | M    | .1046154 | 0.073846 | -0.07692 | -.274615 | 7.75E-18 | -1 |
| A2    | M    | -.181538 | -.304615 | -.307692 | -.648461 | 6.51E-17 | 0 |
| X5    |      | 12947.59 | 1.076923 | 1.230769 | 1.384616 | 1.923077 | 1 | 0 |
| A4    | M    | -0.07692 | -.230769 | -.384615 | -.923077 | 0 | 0 |
| S5    | 0    | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c(j)-Z(j) |      | 18873.682 | 8675.544 | 254.6369 | -11730.9 | 0 | 0 |
| * Big M |      | .1538463 | .4615385 | .769231 | 1.846154 | 0 | 1 |
| Current OBJ (Min.) = 42826644 + (36384.62 M) IN: S3 OUT: A2
| < Next >> Skip >> PgDn >> PgUp >> PgLt >> PgRt >> HardCopy >> Cancel >
-----

```

```

Modules-1 Modules-2 Input Data Solution Options Help - LP
----- Iteration 3 -----
|      |      |      |      |      |      |      |      | |
|      |      |      |      |      |      |      |      |
| Basis | c(j) | 22817.24 | 24611.04 | 18182.07 | 13168.28 | 12947.59 | 0 |
| A1    | M    | .2155556 | .26 | .1111111 | .1216667 | -2.6E-17 | -1 |
| S3    | 0    | -0.04370 | -0.07333 | -0.07407 | -.156111 | 0 | 0 |
| X5    |      | 12947.59 | .7407407 | .6666667 | .8148148 | .7222221 | 1 | 0 |
| A4    | M    | .2592593 | .3333333 | .1851852 | .2777779 | 0 | 0 |
| S5    | 0    | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c(j)-Z(j) |      | 13226.43 | 15979.31 | 7632.183 | 3817.244 | 0 | 0 |
| * Big M |      | -.474814 | -.593333 | -.296296 | -.399444 | 0 | 1 |
| Current OBJ (Min.) = 2.0620E8 + (12788.52 M) IN: S2 OUT: A4
| < Next >> Skip >> PgDn >> PgUp >> PgLt >> PgRt >> HardCopy >> Cancel >
-----

```

Modules-1 Modules-2 Input Data Solution Options Help - LP
Iteration 4

		X1	X2	X3	X4	X5	S1
Basis	c(j)	22817.24	24611.04	18182.07	13168.28	12947.59	0
A1	M	.13	.15	0.049999	.03	5.55E-17	-1
S3	0	-0.01000	-.03	-0.05000	-.12	0	0
X5	12947.59	1	1	1	1	1	0
S2	0	.14	.18	.1	.15	-1.1E-16	0
S5	0	-1	0	0	0	0	0
c(j)-Z(j)		9869.65	11663.45	5234.48	220.6904	0	0
* Big M		-.13	-.15	-0.04999	-.03	0	1

Current OBJ (Min.) = 2.7837E8 + (5375 M) IN: S4 OUT: A1

< Next >> Skip >> PgDn >> PgUp >> PgLt >> PgRt >> HardCopy >> Cancel >

Modules-1 Modules-2 Input Data Solution Options Help - LP
Iteration 5

		X1	X2	X3	X4	X5	S1
Basis	c(j)	22817.24	24611.04	18182.07	13168.28	12947.59	0
S4	0	.3939394	.4545454	.1515151	0.090909	0	-3.03030
S3	0	0.041212	.0290909	-0.03030	-.108181	0	-.393939
X5	12947.59	1.393939	1.454545	1.151515	1.090909	1	-3.03030
S2	0	.3527273	.4254545	.1818182	.199091	0	-1.63636
S5	0	-1	0	0	0	0	0
c(j)-Z(j)		4769.085	5778.182	3272.725	-956.363	0	39235.12
* Big M		0	0	0	0	0	0

Current OBJ (Min.) = 4.8926E8 IN: X4 OUT: X5

< Next >> Skip >> PgDn >> PgUp >> PgLt >> PgRt >> HardCopy >> Cancel >

Final Tableau (Total Iterations = 5)							
		X1	X2	X3	X4	X5	S1
Basis	c(j)	22817.24	24611.04	18182.07	13168.28	12947.59	0
S4	0	.2777778	.3333333	0.055555	0	-0.08333	-2.77777
S3	0	.1794444	.1733333	0.083888	0	0.099166	-.694444
X4	13168.28	1.277778	1.333333	1.055555	1	.9166667	-2.77777
S2	0	.0983333	.1599999	-0.02833	0	-.1825	-1.08333
S5	0	-1	0	0	0	0	0
c(j)-Z(j)		5991.104	7053.333	4282.22	0	876.6663	36578.55
* Big M		0	0	0	0	0	0
(Min.) Optimal OBJ value = 4.561346E+08							
< Next >> Skip >> PgDn >> PgUp >> PgLt >> PgRt >> HardCopy >> Cancel >							

LAMPIRAN 2

Final Solution

Solution Summary for mm						
09-15-2003 10:16:24			Page: 1 of 1			
Variable Number	Variable Name	Solution	Opportunity Cost	Minimum Obj. Coef.	Current Obj. Coef.	Maximum Obj. Coef.
1	X1	0	5991.113	16826.13	22817.24	M
2	X2	0	7053.336	17557.7	24611.04	M
3	X3	0	4282.223	13899.85	18182.07	M
4	X4	34639.89	0	-0.00097	13168.28	14124.64
5	X5	0	876.6668	12070.92	12947.59	M
Minimized OBJ = 456134400 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0						
< PageDown >		< PageUp >		< Hardcopy >		< Cancel >

LAMPIRAN 3

SENSITIVITAS FUNGSI BATASAN *QUARRY* TERPILIH

```

+----- Constraint Summary for mm -----+
| 09-15-2003 10:19:23                                     Page: 1 of 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Constraint|Constraint| Shadow | Surplus | Minimum | Current | Maximum |
| Number   | Status   | Price  |          | R. H. S. | R. H. S. | R. H. S. |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1        | Tight   ( ) | 36578.54 | 0        | 7938.462 | 12470    | M        |
| 2        | Loose   ( ) | 0        | 4909.166 | -M       | 8600     | 13509.17 |
| 3        | Loose   ( ) | 0        | 8229.722 | -M       | 430      | 8659.722 |
| 4        | Loose   ( ) | 0        | 13138.89 | -M       | 21500    | 34638.89 |
| 5        | Tight   ( ) | 0        | 0        | -M       | 0        | 0        |
| 6        | Tight   ( ) | 0        | 0        | -M       | 0        | 0        |
| 7        | Tight   ( ) | 0        | 0        | -M       | 0        | 0        |
| 8        | Loose   ( ) | 0        | 34638.89 | -M       | 0        | 34638.89 |
| 9        | Tight   ( ) | 0        | 0        | -M       | 0        | 0        |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Minimized OBJ = 456134400 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| < PageDown >      < PageUp >      < Hardcopy >      < Cancel >      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```