PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 13-3-03
NO. JUDUL : 000336
NO. INV. : 5120000336001
NO. INDUK :

TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI PEMILIHAN *QUARRY* SEBAGAI SUMBER AGREGATE *AC BASE COURSE* DENGAN METODE SIMPLEK DAN PROGRAM *QS.3.*

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

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun Oleh:

Dana Wihendradita 95 310 116

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM YOGYAKARTA
2002

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMALISASI PEMILIHAN *QUARRY* SEBAGAI SUMBER AGREGATE *AC BASE COURSE* DENGAN METODE SIMPLEK DAN PROGRAM *QS.3.*

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

Nama : **DAMAR WIHENDRADITA**
No. Mhs : **95 310 116**
NIRM : **950051013114120114**

Nama : **YASIR HADIBROTO**
No. Mhs : **95 310 118**
NIRM : **950051013114120116**

Telah Diperiksa dan disetujui oleh :

Ir.Harbi Hardi,MT
Dosen Pembimbing I — **Tanggal** 29 09 02

Fitri Nugrahaeni,ST,MT
Dosen Pembimbing II — **Tanggal** 29/9/02

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk :

1. Bapak, Ibu, mas Piping, Titi terima kasih untuk kasih sayang dan cintanya.
2. Keluarga besar Hoetomo
3. Bapak Zaenal Abidin..." Indahnya perjalanan doa dan pendewasaan batin ini "
4. Mas Amri dan mas Arif ..dosen-dosen pembimbing III..ku..!!!
5. Mas Eddy beserta keluarga Temanggung..dan rumah indah dijalan Bromo.
6. Bapak Basuki..tenyata semuanya dapat dirembuk....dengan sukses...!!!!!
7. Teman-temanku...sipil kls E angkt 95, si pak..kpn lulusmu..le?, bobo,Trimbil, Daus, Putut, Bleeguk..kpn ki le bayaran?, Yoyok, genteng, Wury, Lukman, Ijal brewok, nunung, dayat..uban, arifin, Bejo Piyungan, Candra, Viresta, Aan, elvie, iyeng. ibu+bpk kos, konco-konco kost..anton, bambang, didik, bendot, pak RT, agung gareng, doni..kpn ki nyepep maneh?..mas Heri, yudi, pak mandor, Wawan..pak dosen ganteng, Teleng..om jin, opik, dik ut..wani ooraa..!!, mas Bambang..serse gadungan, cah bagus sak jogja...Junes, Diki..arjuno loro, mbendol, pak sugeng gulo, ndaro, bos kathok, arif peno, gowek, winda, erlin, doni, farid, pak yudi..thx komputernya, Balita..Biskuit..Lobster..dan semua personelnya, Ratih, Rina, Atik, Indah, Elok, ajie, arif hendrik, adik2 spgku yang cantik..lucu..centil..velda, mery, "si cantik", riona, tatik, dita, hani, prita, rani, ika, nisa, veery, lina, wulan, novika...hoooiiii...!!!!! mas Dewa...lulus..nihh..!!! " There's no words could explain how I fell in side.. for having all of you...as my lovely girls "...buat yang belum pada bayar celana..teganya..7x..!!!, si hitam...yang selalu setia menemani kemanapun pergiku...bsk ganti olie yuk..!!!..., bdktrku..kapan nih.. kita ketemu...???, buat teman-teman yang belum tersebut..terima kasih yaa..untuk pertemanan yang indah selama ini....matur nuwun..!!!!!

Kata Pengantar

Bismillahirrahmaanirrohim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah swt yang telah melimpahkan rahmat,dan hidayah-Nya kepada kita, karena dengan kasih sayangNyalah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga terlimpah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga,sahabat dan para pengikutnyahingga akhir hayat.

Tugas akhir ini dengan judul " **OPTIMALISASI PEMILIHAN *QUARRY* SEBAGAI SUMBER AGREGATE *AC BASE COURSE* DENGAN METODE SIMPLEK DAN PROGRAM *QS.3*.** Dilaksanakan guna memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi strata satu (S1) bidang Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd, selaku Dekan FTSP, Universitas Islam Indonesia
2. Bapak DR.Ir. Edy Purwanto CES. DEA, selaku dosen penguji.
3. Bapak Ir. Harbi Hadi, MT, selaku dosen pembimbing I, yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan penuh perhatian.

4. Ibu Fitri Nugrahaeni,ST, MT, selaku dosen pembimbing II, yang dengan kasih sayang, cinta kasih, dan kelembutannya membimbing kami.
5. Bapak, ibu, kakak dan adikku tercinta yang memberikan dukungan moril maupun materiil.
6. Pimpinan dan seluruh staff laboratorium PT. Perwita Karya dan PB. Suradi Sejahtera Raya atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini
7. Teman-teman tersayang, atas segala bantuan kalian.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdiri dari enam (VI) bab , dengan sistematis penyusunan sebagaiu berikut :

BAB I **PENDAHULUAN**

BAB II **KAJIAN PUSTAKA**

BAB III **LANDASAN TEORI**

BAB IV **METODOLOGI PENELITIAN**

BAB V **PENGOLAHAN DATA**

BAB VI **PEMBAHASAN**

BAB VII **KESIMPULAN DAN SARAN**

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

DAFTAR ISI

Halaman Judul	I
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	II
Halaman Persembahan	III
Halaman Motto	IV
Kata Pengantar	V
Daftar Isi	VIII
Daftar Tabel	XII
Daftar Diagram	XIV
Daftar Notasi	XV
Daftar Lampiran	XVII
Abstraksi	XVIII

BAB I	**PENDAHULUAN**		1
	1.1.	Latar Belakang	1
	1.2.	Pokok Permasalahan	2
	1.3.	Tujuan Penelitian	2

1.4. Batasan Penelitian 3

1.5. Keaslian 4

1.6. Manfaat Penelitian 5

BAB II KAJIAN PUSTAKA 6

2.1. Widya Melisa, Penentuan Komposisi Jumlah Produk Yang Optimal Untuk Mencapai Keuntungan Maksimal Dengan Metode *Linear Programming*, Tugas Akhir TMI-UII, Yogyakarta, 2001 6

2.1.1. Permasalahan 6

2.1.2. Metode Yang Digunakan 6

2.1.3. Kesimpulan 7

2.2. Erna Indrianingsih, Analisis Kombinasi Produk Yang Optimal Dalam Upaya Meningkatkan Produktivitas Perusahaan, Tugas Akhir TMI-UII, Yogyakarta, 2000 7

2.2.1. Permasalahan 7

2.2.2 Metode Yang Digunakan 7

2.2.3. Kesimpulan 8

BAB III LANDASAN TEORI 9

3.1. Perkerasan Jalan 9

3.2. *Asphalt Concrete Base Course* 10

3.3. Rancangan Campuran Secara Umum 13

3.4. *Linear Programming* 14

3.4.1. Pemrograman Linier Strategi Bagi Teknik Optimalisasi 15

3.4.2. Model *Linear Programming* 16

3.4.3. Teknik Pemecahan Model Program Linier 18

3.4.4. Metode Grafis 19

3.4.5. Metode Simpleks 20

3.4.6. Fungsi Tujuan 25

3.4.7. Fungsi Kendala 25

3.4.8. Analisis Sensitivitas 26

3.5. *Quantitative System (QS 3)* 28

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 31

4.1. Pelaksanaan Penelitian 31

4.2. Kerangka Pemecahan Masalah 31

4.3. Diagram Alur Penelitian 33

BAB V PENGOLAHAN DATA 37

5.1. Pengumpulan Data 37

5.1.1. Harga dan Fraksi Agregat 37

5.1.2. *Job Mix Formula* 38

5.2. Analisa Data 39

5.2.1. Fungsi Tujuan 39

5.2.2. Fungsi Kendala 40

5.3. Penggunaan *Linear Programming* pada *Software QS 3* 45

BAB VI PEMBAHASAN 50

6.1. Analisa Jumlah Pembelian Material Yang Optimal 50

6.2. Analisa Kehilangan Kesempatan Memperoleh Laba (*opportunity cost*) 52

6.3. Analisa Sensitivitas Fungsi Batasan (*constraint*) 56

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 64

7.1. Kesimpulan 64

7.2. Saran 65

DAFTAR PUSTAKA 67

LAMPIRAN 68

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Spesifikasi Batas-Batas Gradasi Untuk Kombinasi	11
Tabel 3.2.	Standart Sifat Campuran *AC Base Course*	12
Tabel 3.3.	Batas-Batas Gradasi Untuk Kombinasi Agregat dan Pengisi Pada Campuran *Asphalt Concrete*	14
Tabel 5.1.	Fraksi dan Harga Total Agregate Masing-Masing *Quarry*	37
Tabel 5.2.	Perincian Harga Pengadaan Material Tiap *Quarry*	38
Tabel 5.3.	Bagan pengisian spesifikasi problem pada program *QS.3* pada sub program *Linear Programming*	46
Tabel 5.4.	Tabel pengisian koefisien fungsi tujuan problem pemilihan agregat pada software QS.3	47
Tabel 5.5.	Tabel koefisien fungsi kendala persamaan problem pemilihan quarry pada software QS.3	48
Tabel 5.6.	Solusi optimal sistem pemilihan quarry optimal dengan indikasi Kehilangan Kesempatan Memperoleh Laba (Opportunity Cost)	48
Tabel 5.7.	Sensitivitas Fungsi Batasan Quarry Terpilih	49
Tabel 6.1.	Solusi optimal Sistem Pemilihan Quarry Optimal dengan indikasi kehilangan kesempatan memperoleh laba	50
Tabel 6.2.	Tingkat keoptimalan quarry menurut biaya total material	

yang terkecil 52

Tabel 6.3. Sensitivitas Fungsi Batasan Quarry Terpilih 56

DAFTAR DIAGRAM

Diagram .1. Diagram Alur Penelitian 34

Diagram .2. Diagram Alur Analisis Data 35

Diagram .3. Diagram Alur Pemilihan *Quarry* Optimum 36

DAFTAR NOTASI

- m : macam batasan-batasan sumber atau fasilitas yang tersedia.
- n : macam-macam kegiatan yang menggunakan sumber fasilitas yang tersedia (i = 1,2,....,m)
- i : nomor setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia (i = 1, 2,....., m).
- j : nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia (j = 1, 2,.....,n).
- Xj : Tingkat aktifitas ke-j (j = 1, 2, ...,n)
- a_{ij} : Banyaknya sumber yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran kegiatan j (i = 1, 2,...,m dan j =1,2,..n)..
- b_i : Banyaknya sumber atau fasilitas yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan (i = 1, 2,.....,n).
- Z : Nilai yang harus dioptimalkan (maksimum atau minimum)
- Cj : Kenaikan nilai Z apabila ada penambahan tingkat kegiatan (Xj) dengan satu satuan, atau merupakan sumbangan setiap satuan keluaran j terhadap nilai Z.
- C(Y) : fungsi tujuan
- p_I : 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 pengisi (FF)
- $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \ldots, a_{1n}$: prosentase CA dari masing-masing *quarry* .
- $a_{21}, a_{22}, a_{23}, \ldots, a_{2n}$: prosentase FA dari masing-masing *quarry*.
- $a_{31}, a_{32}, a_{33}, \ldots, a_{3n}$: prosentase FF dari masing-masing *quarry*.
- $b_1, b_2, b_3, \ldots, b_m$: prosentase CA, FA, FF menurut JMF yang telah ditentukan.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Langkah-langkah Solusi Optimum dengan Progam *QS.3*	1
Lampiran 2	Tabel iterasi Solusi Optimum	4
Lampiran 3	Tabel *Final Solution*	7
Lampiran 4	Tabel Sensitivitas Fungsi Batasan *Quarry* Terpilih	8
Lampiran 5	*Job Mix Formula AC Base Coarse*	9
Lampiran 6	Gambar Rencana Jalan Jogja - Prambanan	43

ABSTRAKSI

Dalam suatu proyek perkerasan jalan (*pavement*) *AC Base Course*, pengadaan agregat merupakan suatu komponen proyek yang sangat penting. Karena penawaran harga dari *quarry-quarry* yang ada sangat bervariasi maka perusahaan perlu melakukan optimalisasi pemilihan *quarry* untuk memenuhi kebutuhan agregat proyek perkerasan jalan (*pavement*) *AC Base Course*.

Optimalisasi pemilihan *quarry* bertujuan mengoptimalkan keuntungan perusahaan yaitu dengan meminimalkan biaya pengadaan agregate *AC Base Course* dengan cara memilih *quarry* yang mempunyai harga dan komposisi fraksi agregat yang optimal di antara lima *quarry* yang tersedia.

Metode optimalisasi untuk melaksanakan tujuan tersebut dilakukan dengan Metode Simplek dan dengan bantuan program *QS.3*. Metode tersebut mempunyai tahap - tahap sebagai berikut : perumusan masalah ke dalam bentuk matematis, menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala, analisa data, kesimpulan. *Quarry* yang terpilih sebagai *quarry* yang optimal untuk dijadikan sumber daya material bisa satu *quarry* atau lebih,

Quarry terpilih sebagai sumber material dengan komposisi fraksi agregate, harga material,paling optimal, sisa material paling sedikit, serta nilai *opportunity cost* nol menurut hasil out put program *QS.3*, adalah Quarry Tinalah. Dengan demikian *Quarry* Tinalah dapat dipilih untuk menjadi sumber material yang optimal dalam proyek ini.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Optimalisasi pada proyek konstruksi menjadi sangat penting pada era krisis moneter sekarang ini. Banyak proyek yang jadwal pekerjaannya dihentikan karena masalah dana dan harga material yang melonjak.

Salah satu jenis proyek yang menjadi perhatian dalam hal pengoptimalisasian biaya adalah proyek perkerasan jalan (*pavement*). Proyek ini membutuhkan agregat dan aspal sebagai bahan pokok dan biaya untuk mendatangkan material-material itu semakin mahal.

Perusahaan sering dihadapkan pada suatu persoalan di mana mereka harus memilih penawaran *supplier* agregat dari *quarry* yang berbeda dengan harga yang berbeda pula. Terutama apabila yang dikerjakan hanya pekerjaan *AC (Asphalt Concrete) Base Course* di mana sisa material agregat kasar (CA), agregat halus (FA), dan bahan pengisi/*filler* (FF) merupakan kerugian bagi perusahaan.

Agregat yang diperlukan untuk rancangan campuran *AC Basse Course* dapat diambil dari satu *quarry* atau lebih. Hal ini berkaitan dengan tuntutan spesifikasi terhadap prosentase persen lolos saringan pada Standar

Dokumen Lelang, tuntutan fraksi agregat pada *Job Mix Formula* yang ditentukan dari pihak perusahaan pelaksana proyek juga masalah harga dan fraksi agregat yang berbeda dari berbagai *quarry*.

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*.

Memaksimalkan keuntungan perusahaan dilakukan melalui penyederhanaan persoalan tersebut secara matematis dengan Metode Simpleks dan untuk mempercepat proses perhitungan dengan hasil yang akurat bisa digunakan program *QS3* (*Quantity System* seri ke-3) dengan sub program *Linear Programming*.

1.2. POKOK PERMASALAHAN

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 untuk dijadikan sumber daya material proyek.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan satu atau lebih *quarry* yang paling optimal untuk dijadikan sumber daya material proyek, mengetahui besar

volume material yang harus dibeli dari *quarry* terpilih dan volume material sisa yang terjadi.

2. Mengetahui indikator nilai nol pada *opportunity cost* dari *quarry* optimal.
3. Mengetahui harga minimum dari hasil optimalisasi pemilihan *quarry* sebagai sumber daya material untuk proyek Jalan Yogya-Prambanan .

1.4. BATASAN PENELITIAN

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

Variabel Kontrol, yaitu variabel bebas yang pengaruhnya terhadap variabel tergantung dikendalikan dengan cara menjadikan pengaruhnya terbatas atau netral. Yang menjadi variabel kontrol pada penelitian ini adalah :

1. Sisa material (agregat) dianggap merupakan suatu kerugian karena penumpukan material bisa dianggap sebagai modal menganggur (*idle money*).

1.6. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

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 mengefektifkan pelaksanaan proyek dan mengefisienkan biaya proyek.

c. Dapat dijadikan masukan untuk penelitian selanjutnya.

2. Harga agregat adalah akumulasi biaya pengadaan agregat dari *quarry* sampai lokasi. Biaya-biaya tak terduga lainnya seperti truk mogok, ban bocor, perawatan truk dan lain sebagainya tidak diperhitungkan untuk analisa data.
3. Biaya sopir truk dalam menganalisa harga akumulasi material diasumsikan sama.
4. Armada truk diasumsikan selalu ada dan bisa mengakomodasikan material yang dibutuhkan.
5. Kendala-kendala non teknis yang tidak menentu seperti cuaca, kondisi ekonomi, peperangan, bencana alam dan lain sebagainya tidak diperhitungkan.
6. Sumber daya material di *quarry* diasumsikan tidak terbatas dan komposisi CA, FA, FF dianggap konstan .
7. Kualitas agregat diasumsikan tidak berpengaruh dalam sistem pemilihan agregat.
8. Kemampuan finansial *perusahaan AMP* diasumsikan selalu dapat memenuhi kebutuhan pembelian material.
9. Program yg di pakai non - Linier .

1.5. KEASLIAN

Sejauh pengetahuan penulis, penelitian mengenai sistem pemilihan *quarry* yang paling optimal sebagai sumber daya material perkerasan jalan dengan metode simplek dan dengan bantuan *software QS* belum pernah dilakukan .

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

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

2.1.1. Permasalahan

Dengan adanya beberapa variasi produk yang dapat diproduksi oleh suatu industri kerajinan keramik, di mana setiap produk mempunyai kontribusi margin yang berbeda-beda untuk tiap variasi produknya, maka berapakah jumlah produksi untuk tiap-tiap variasi produk agar dapat menghasilkan keuntungan optimal.

2.1.2. Metode Yang Digunakan

Menggunakan metode simpleks untuk mendapatkan variasi produk yang bisa mendatangkan keuntungan maksimal bagi industri.

2.1.3. Kesimpulan

Analisa *linear programming* bisa digunakan sebagai salah satu 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-UII, Yogyakarta, 2000.

2.2.1. Permasalahan

Persaingan yang semakin ketat memerlukan tindakan 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 diperusahaan adalah belum optimalnya kombinasi produk yang diproduksi sehingga produktivitas yang didapat juga belum optimal.

2.2.2. Metode Yang Digunakan

Menggunakan *linear programming* untuk mendapatkan variasi produk yang optimal sehingga bisa 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 *linear programming*.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perkerasan Jalan

Tanah saja tidak cukup kuat, tanpa adanya deformasi yang berarti, terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak di antara 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 konstruksi jalan yang murah, baik yang berkaitan dengan bahan maupun biaya pelaksanaan, namun masih dapat memenuhi tuntutan lalu lintasnya. (**Suprapto Tm, 1999**)

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 di atas lapis pondasi agregat yang telah dipadatkan sesuai dengan persyaratan dan gambar rencana. Komposisi material *AC Base Course* harus ditetapkan menurut fraksi 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	Persentase lolos
25.0 mm	1"	100
19.0 mm	¾"	100
12.7 mm	½"	75 – 100
9.5 mm	3/8"	60 – 85
4.75 mm	No. 4	38 – 55
2.36 mm	No. 8	27 – 40
600 µm	No. 30	14 – 24
300 µm	No. 50	9 – 18
150 µm	No. 100	5 – 12
75 µm	No. 200	2 – 8

(Sumber : Buku III Perjanjian Kontrak)

Lapis perkerasan *Asphalt Concrete (AC) Base Course* merupakan lapis pondasi atas pada *rigid pavement*. Pekerjaan pembuatan lapis pondasi 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	*AC Base Course*
Stabilitas (kg)	2297
Flow (mm)	3,0 – 4,0
Rongga pada campuran total (%)	4,9 – 6
Rongga pengisi dengan aspal (%)	60 – 75
Kadar efektivitas bitumen (%)	5,5 minimal
Kadar penyerapan bitumen (%)	4,9 maksimal
Kadar minimum bitumen sebenarnya (%)	2,4 minimal

Sumber : AASHTO

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 sistem pemilihan agregat sebagai material *AC Base Course* yang optimal menjadi satu-satunya prioritas penelitian. Kualitas material, sifat campuran, kriteria *filler* dan lain sebagainya tidak akan diikutsertakan dalam analisa data.

Setelah data-data mengenai kadar CA, FA dan FF pada material dari beberapa *quarry* sample 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 sistem pemilihan agregat bisa dibentuk.

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 Standar 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 diisyaratkan 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)*	=	Persentase berat dari campuran keseluruhan dari material tertahan pada saringan 2.36 mm.
Fraksi agregat halus *(FA)*	=	Persentase berat dari campuran keseluruhan dari material yang lolos saringan 2.36 mm tetapi tertahan pada saringan 75 micron
Fraksi bahan pengisi *(FF)*	=	Persentase berat dari campuran keseluruhan dari material yang lolos saringan 75 micron

(Sumber : Spesifikasi Standar Dokumen Lelang)

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

Ukuran ayakan	Persentase lolos
25.0 mm	100
19.0 mm	100
12.7 mm	75 – 100
9.5 mm	60 – 85
4.75 mm	38 – 55
2.36 mm	27 – 40
600 µm	14 – 24
300 µm	9 – 18
150 µm	5 – 12
75 µm	2 – 8

(Sumber : Spesifikasi Standar Dokumen Lelang)

3.4. Linear Programming

Pemrogaman 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 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 programa linier karena untuk mencari keputusan yang optimal didasarkan oleh keterbatasan sumber daya dan disebut linier karena fungsi batasan dan fungsi tujuan berbentuk linier. Jadi programa linier merupakan perencanaan kegiatan untuk mencapai tujuan tertentu yang dipilih dari alternatif-alternatif yang ada.

3.4.1. Programa Linier Strategi Bagi Teknik Optimalisasi

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

Teknik optimalisasi adalah suatu metode 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 programa 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 biasa digunakan dalam persoalan *Linier Programming*, yaitu :

a. Variabel Keputusan

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

Misalnya : X_1 = prosentase CA dalam 1 m^3 agregat.

X_2 = prosentase FA dalam 1 m^3 agregat.

X_3 = prosentase FF dalam 1 m^3 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 dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Maksimum } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + ... + C_nX_n$$

Di mana ada n macam produk yang akan diproduksi masing-masing sebesar $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ dan contribution margin dari masing-masing jenis produk adalah dinyatakan dalam $C_1, C_2, C_3, \ldots, C_n$. Contribution margin adalah besarnya price sales dikurangi dengan biaya variabel produksi.

b. Pembatas

Pembatas merupakan kendala yang dihadapi sehingga kita tidak bisa menentukan harga-harga variabel keputusan secara sembarang. Koefisien dari variabel keputusan pada pembatas disebut koefisien teknologis, sedangkan bilangan yang ada disisi kanan setiap pembatas disebut ruang kanan pembatas.

Fungsi kendala (batasan-batasan) :

1. $a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + a_{13}X_{13} + \ldots\ldots + a_{1n}X_{1n}\ (\leq = \geq)\ b_1$
2. 2. $a_{21}X_{21} + a_{22}X_{22} + a_{23}X_{23} + \ldots\ldots + a_{2n}X_{2n}\ (\leq = \geq)\ b_2$
3. ...

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

$X_1, X_2, X_3, \ldots\ldots, X_n \geq 0$

Dimana :

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

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

i : nomor setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia (i

= 1, 2,....., m).

j : nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia (j = 1, 2,.....,n).

Xj : Tingkat aktifitas ke-j (j = 1, 2, ...,n)

a_{ij} : Banyaknya sumber yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran kegiatan j (i = 1, 2,...,m dan j =1,2, ...,n).

b_i : Banyaknya sumber atau fasilitas yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan (i = 1, 2,.....,n).

Z : Nilai yang harus dioptimalkan (maksimum atau minimum)

Cj : Kenaikan nilai Z apabila ada penambahan tingkat kegiatan (Xj) dengan satu satuan, atau merupakan sumbangan setiap satuan keluaran j terhadap nilai Z.

c. Pembatas Tanda

Pembatas tanda adalah pembatas yang menjelaskan apakah variabel keputusannya 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 Linear

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 programa 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 karena adanya katerbatasan-keterbatasan metode ini dalam menyelesaikan masalah. Beberapa fungsi pembatas yang ada dalam masalah dilukiskan sebagai garis lurus diatas bidang datar (dua dimensi). Dari sini dapat diperoleh '***Feasible Area*** *(existing and bounded)*', dan dapat juga tidak 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. Mengidentifikasikan batasan (*constrains*).
3. Melukiskan atau menggambarkan masing-masing garis fungsi pembatas dalam suatu sistem koordinat (Salib Sumbu).

4. Mencari titik-titik yang paling optimal sehubungan adanya kriteria fungsi tujuan.

Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara :

a. Dengan menggambarkan fungsi tujuan

b. Dengan membandingkan nilai Z pada tiap alternatif.

3.4.5. Metode Simpleks

Metode simpleks adalah prosedur umum untuk menyelesaikan soal pemrogaman linier. Metoda ini sangat efektif dan mampu memecahkan soal-soal yang sangat besar, yang mencakup ratusan atau bahkan ribuan variabel dan kendala, dengan menggunakan komputer.

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

Istilah dasar yang diperlukan untuk memahami uraian singkat yang banyak digunakan dalam metode simplek 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 mencari nilai optimal dari fungsi tujuan.

b. Solusi Optimal (*Optimal Solution*)

Adalah 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 :

- Tidak ada solusi fisibel
- 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 sedikit ada dua titik ekstrim yang berdekatan. Dua titik ekstrim dikatakan berdekatan jika segmen garis yang menghubungkan keduanya itu terletak pada sudutdari 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 menjadi 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.

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

Langkah-langkah Metode Simpleks :

1. Mengubah fungsi tujuan menjadi fungsi impilisit. Pada bentuk standar semua batasan mempunyai tanda $\leq$. Ketidaksamaan ini harus dirubah menjadi kesamaan dengan cara menambah Variabel slack.

2. Menyusun persamaan dalam tabel

Setelah formulasi diubah kemudian disusun dalam bentuk simbol.

Tabel 3.4. Tabel Persamaan Metode Simpleks

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

Keterangan :

NK : Nilai kanan persamaan yaitu nilai dibelakang tanda =

Varibel dasar : Variabel yang nilainya sama dengan sisi kanan di persamaan.

3. Memilih kolom kunci (*entering variabel*).

Kolom kunci adalah kolom yang merupakan dasar untuk mengubah tabel. Pilih kolom yang mempunyai nilai pada garis fungsi tujuan yang bernilai negatif dengan angka terbesar. 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 cara mencari indeks tiap-tiap baris dengan cara

membagi nilai pada kolom NK dengan nilai yang sebaris dengan kolom kunci.

$$Indeks = \frac{Nilai\ kolom\ NK}{Nilai\ kolom\ Kunci}$$

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 tabel yang sudah di ubah atau diperbaiki nilainya. Perubahan baru berhenti setelah pada baris pertama (fungsi tujuan) tidak ada yang bernilai negatif.

3.4.6. Fungsi Tujuan

Untuk mendapatkan campuran agregat yang dapat menghasilkan biaya minimum, terdapat kendala biaya. Yang dimaksud dengan *input cost function* adalah biaya transportasi material dari *quarry* sampai ke lokasi AMP, termasuk harga material di *quarry*, untuk masing-masing komponen material *AC Base Course* (CA, FA, FF).

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

$$C(Y) = p_1(X_1) + p_2(X_2) + p_3(X_3)$$

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 pengisi (FF)

3.4.7. Fungsi Kendala

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

1. $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \ldots + a_{1n}X_n \leq b_1$
2. $a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \ldots + a_{2n}X_n \leq b_2$
3. $a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + \ldots + a_{3n}X_n \leq b_3$

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

$X_1, X_2, X_3, \ldots\ldots, X_n \geq 0$

Dimana :

$a_{11}, a_{12}, a_{13}, \ldots, a_{1n}$: prosentase CA dari masing-masing *quarry* .

$a_{21}, a_{22}, a_{23}, \ldots, a_{2n}$: prosentase FA dari masing-masing *quarry*.

$a_{31}, a_{32}, a_{33}, \ldots, a_{3n}$: prosentase FF dari masing-masing *quarry*.

$b_1, b_2, b_3, \ldots, b_m$: prosentase CA, FA, FF menurut JMF yang telah ditentukan.

3.4.8. Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas adalah analisis terhadap suatu keadaan optimum, 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 tahap 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 *linear 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 untuk mengalami perubahan di masa yang akan datang.

Setiap perubahan pada fungsi tujuan, koefisien kendala, kapasitas kendala, penambahan kegiatan baru, maupun penambahan kendala baru akan mengubah persoalan *linear 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 data tersebut di atas.

Analisis sensitivitas dilakukan oleh solusi optimum dari masalah linier programming ditemukan, baik secara grafik 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 berusaha untuk menjawab seberapa jauh perubahan data diijinkan tanpa merubah solusi optimum atau tanpa menghitung solusi baru dari awal.

Tujuan dari analisis sensitivitas adalah untuk mengurangi atau menghindari perhitungan ulang, bila terjadi perubahan-perubahan satu atau beberapa koefisien model *linear 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 seluruhnya.

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

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

Perubahan dalam fungsi pembatas :

a. Penambahan variabel baru

b. Perubahan kolom yang ada.

c. Penambahan fungsi pembatas baru.

3.5. Quantitative Sytem (QS.3)

Program *Quantitative Sytem Version 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 optimizer yang memberikan informasi optimal dari hasil olahan program. Pengertian program optimizer yaitu program yang mengolah 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.

3.5.1. Interpretasi Out Put Linear 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 tersebut adalah :

a. ***Solusion***

Solusion menunjukkan hasil olahan program berupa nilai optimal dari variabel keputusan atau nilai dari fungsi tujuan dalam program *QS.3*.

b. ***Opportunity Cost***

Opportunity Cost menunjukkan besarnya kerugian per unit kegiatan yang dialami akibat hilangnya kesempatan memperoleh laba.

c. ***Shadow Price***

Shadow Price adalah nilai yang menunjukkan seberapa besarnya pengaruh perubahan kapasitas sumber daya yang masih diijinkan terhadap 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 koefsien 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

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Pelaksanaan Penelitian

Obyek penelitian ini adalah proyek perkerasan jalan Jogja – Prambanan yang menggunakan lapisan *AC Base Course* sebagai bagian dari lapisan perkerasan jalan. Data-data yang kami butuhkan dalam penelitian ini kami dapatkan dari PT. Perwita Karya selaku *perusahaan AMP* dan *suplier* material proyek jalan tersebut dan untuk data mengenai *sieve analisis* material kami peroleh dari laboratorium PT. Perwita Karya

4.2. Kerangka Pemecahan Masalah

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

a. Studi Pendahuluan

Tahap dilakukannya studi pustaka dan observasi awal yang merupakan pengenalan proyek yang menjadi obyek dalam penelitian ini terutama yang berkaitan dengan masalah persediaan agregat.

b. Rumusan Masalah

Tahapan di mana penelitian yang lebih spesifik mulai dilakukan.

c. Pengumpulan Data dan Identifikasi Data

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. Berdasar jenisnya, data yang diperlukan berupa data kuantitatif. Berdasarkan sumbernya, diperlukan dua jenis data, yaitu :

1. Data Primer

   Data yang diperoleh dari PT. Perwita Karya. Metode yang digunakan untuk memperoleh data ini adalah :

   a. Observasi

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

   b. Wawancara

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

2. Data Sekunder

   Data yang diperoleh dari literatur-literatur, majalah, bahan kuliah, serta hal-hal lain yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.

d. Pengolahan dan Analisis Data

Tahap ini dilakukan setelah pengumpulan data, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menterjemahkan persoalan ke dalam kalimat matematis

   Persoalan dalam penelitian ini tersusun dalam beberapa variabel penting, yaitu Fraksi agregat, *JMF* dan Biaya Pengadaan Agregat.
2. Diselesaikan dengan Metode Simpleks pada *software QS 3* untuk mendapatkan solusi yang diinginkan dengan efisien dan cepat.
3. Didapat hasil yang bisa dijadikan indikasi *quarry* mana yang paling optimal untuk digunakan sebagai sumber material.

e. Kesimpulan

Membuat kesimpulan mengenai optimasi pengadaan material agregat untuk proyek perkerasan jalan *AC Base Course* dengan menentukan satu *quarry* unggulan sehingga diperoleh keuntungan yang maksimal untuk *perusahaan AMP*.

4.3. Diagram Alur Penelitian

Diagram alur kerangka pemecahan masalah Optimasi Agregat Pada *AC Base Course* adalah sebagai berikut :

Diagram .1.

Diagram Alur Penelitian

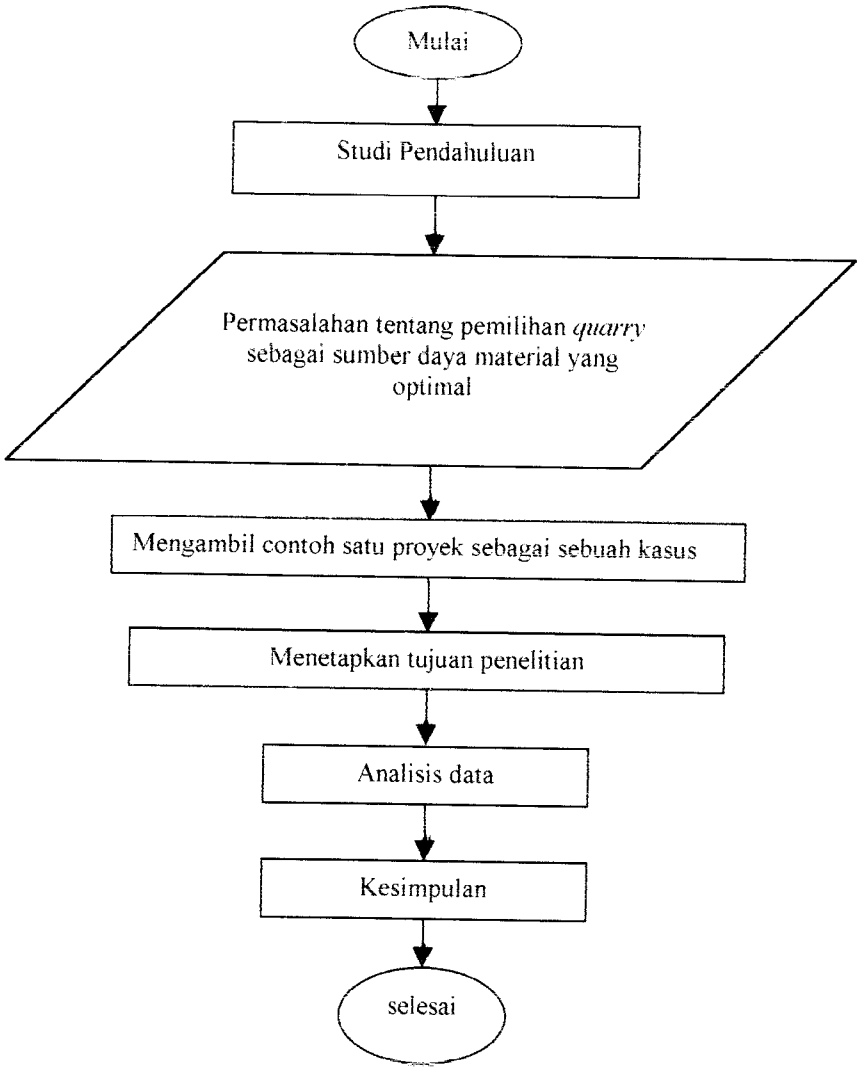


Diagram .2.

Diagram Alur Analisis Data

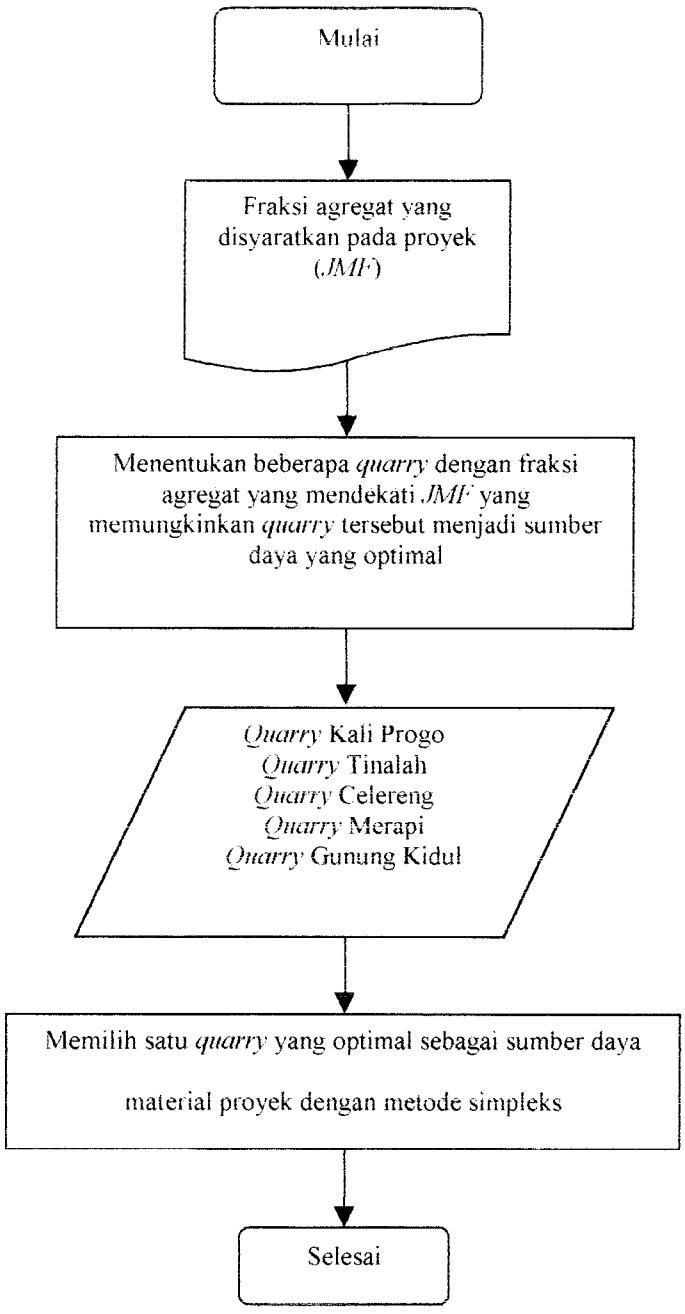
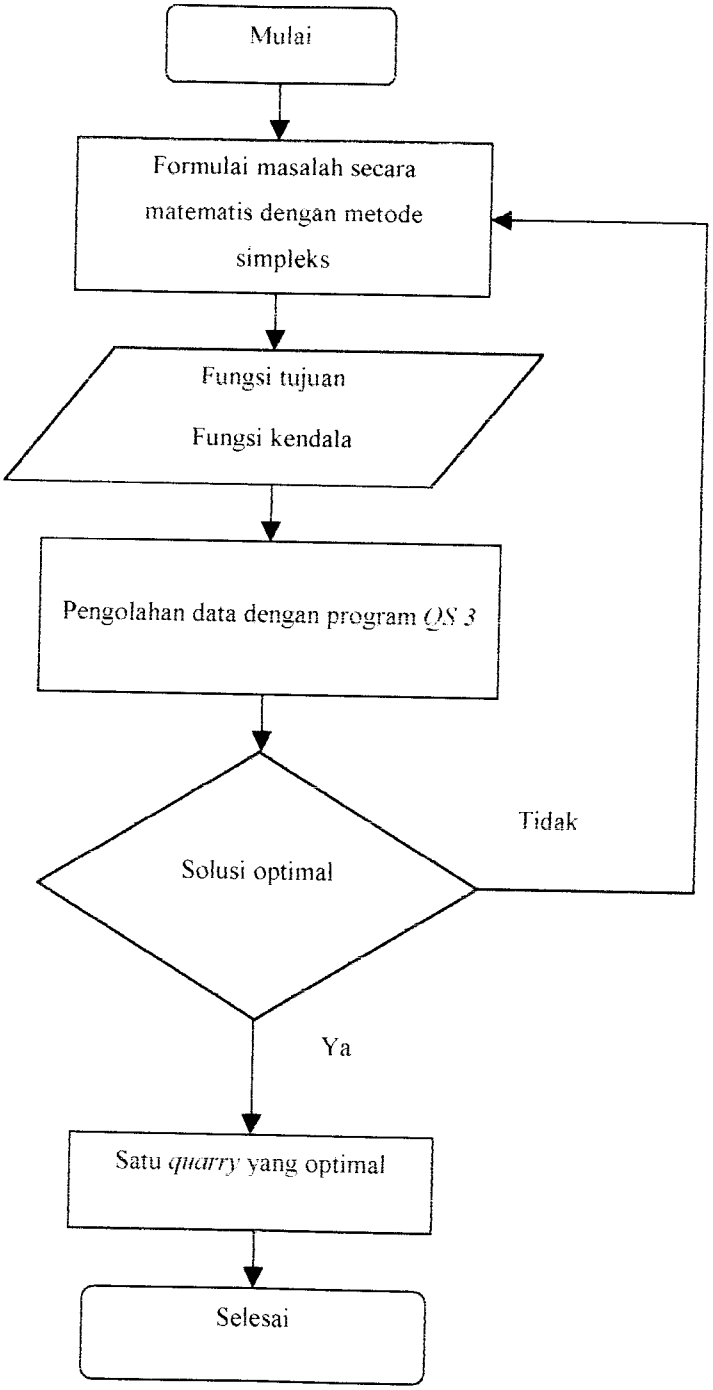


Diagram .3.

Diagram Alur Pemilihan Quarry Optimum



BAB V

PENGOLAHAN DATA

5.1. Pengumpulan Data

5.1.1. Harga dan Fraksi Agregat

Data-data mengenai harga agregat kami peroleh dari pihak perusahaan PT. Perwita Karya dan wawancara di lapangan. Untuk data-data mengenai fraksi agregat kami peroleh dari pihak laboratorium dan bagian logistik PT. Perwita Karya. Berikut kami tabelkan harga dan fraksi agregat 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
TINALAH	48	36	16	21.000
CELERENG	38	44	18	22.000
MERAPI	36	39	25	19.000
G. KIDUL	33	54	13	20.000

Sumber : Laboratorium PT. Perwita Karya 2000 Agustus

Data selengkapnya mengenai spesifikasi agregat kami lampirkan pada tugas akhir ini, sedangkan untuk perincian harga pengadaan material dari masing-masing *quarry* kami tabelkan seperti berikut ini :

Tabel 5.2. Perincian Harga Pengadaan Material Tiap *Quarry*.

Biaya (Rp/m^3)	Kali Progo	Tinalah	Celereng	Merapi	G. Kidul
Sopir	4166,667	4166,667	4166,667	4166,667	4166,667
Bongkar muat	833,33	791,667	833,33	750	833,33
Retribusi	416,667	416,667	500	833,33	333,33
Material di tempat	15.000	15.625	16.000	15.250	14.666,667
Total	20.500	21.000	22.000	19.000	20.000

5.1.2. Job Mix Formula

Data mengenai *Job Mix Formula* yang digunakan pada Proyek Jalan Jogja – Prambanan yang menjadi obyek tugas akhir ini kami peroleh dari pihak laboratorium PT. Perwita Karya. *Job Mix Formula* yang digunakan untuk Proyek Jalan Jogja-Prambanan adalah sebagai berikut :

CA : 58 %

FA : 40 %

FF : 2%

Kebutuhan agregat untuk proyek Jalan Jogja - Prambanan secara keseluruhan adalah sebanyak 21500 m^3 dengan fraksi agregat yang memenuhi *Job Mix Formula*, sehingga bila kebutuhan material sebanyak

21500 m^3 dikonversikan menurut *Job Mix Formula* yang ditentukan maka fraksi agregat secara keseluruhan menjadi seperti berikut ini :

Fraksi agregat CA keseluruhan : **58%** x 21500 = **12470 m^3**

Fraksi agregat FA keseluruhan : **40%** x 21500 = **8600 m^3**

Fraksi agregat FF keseluruhan : **2%** x 21500 = **430 m^3**

5.2. Analisa Data

Analisa data meliputi penyederhanaan persoalan ke dalam bentuk matematis (persamaan linier untuk *Linear Programming* dengan Metode Simpleks). Berikut penyederhanaan persoalan secara matematis yang kami susun :

5.2.1. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan adalah persamaan matematis yang mewakili tujuan utama dari penelitian ini, yaitu menentukan *quarry* mana yang memberikan biaya pengadaan material/agregat paling kecil. *Quarry-quarry* yang menjadi obyek dalam penelitian ini disederhanakan ke dalam bentuk matematis menjadi variabel X. Variabel-variabel X tersebut akan dikalikan dengan harga material masing-masing *quarry* untuk mendapatkan harga minimum.

Fungsi tujuan :

Minimalkan Z = 20500 X_1+21000 X_2+22000 X_3+19000 X_4+20000 X_5

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).

5.2.2. Fungsi Kendala

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

1. Kendala I

   Persamaan kendala pertama ini 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 ketentuan tersebut, maka persamaan kendala yang pertama adalah sebagai berikut :

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

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

Sebagaimana persamaan kendala pertama, maka persamaan kendala kedua ini berorientasi pada fraksi agregat FA dengan nilai-nilai pembatas yaitu fraksi agregat FA masing-masing *quarry* dan kebutuhan total fraksi agregat FA. Persamaan kendala kedua kami susun sebagai berikut :

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

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 merupakan bentuk matematis dari kendala-kendala pembatas fraksi agregat bahan pengisi/*filler*/FF. seperti kendala pertama dan kedua, maka bentuk persamaan kendala ketiga adalah sebagai berikut :

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

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).

(Gunung Kidul).

4. Kendala IV

Persamaan kendala keempat ini merupakan persamaan yang bertujuan membatasi jumlah material minimal yang harus dipenuhi oleh masing-masing *quarry*, yaitu jumlah kebutuhan total agregat sebanyak 21500 m^3. Persamaan ini tersusun sebagai berikut :

(4) $\mathbf{X1 + X2 + X3 + X4 + X5 \geq 21500}$

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).

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

Persamaan kendala kelima, keenam, ketujuh, kedelapan dan kesembilan adalah persamaan kendala untuk jumlah material minimal yang mungkin untuk tiap-tiap *quarry*. Persamaan-persamaan tersebut adalah sebagai berikut :

(5) $\mathbf{X1 \geq 0}$

(6) $\mathbf{X2 \geq 0}$

(7) $\mathbf{X3 \geq 0}$

(8) $\mathbf{X4 \geq 0}$

(9) $\mathbf{X5 \geq 0}$

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 persamaan-persamaan dengan fungsi tujuan dan fungsi kendala adalah sebagai berikut ini :

Fungsi Tujuan :

Minimalkan $Z = 20500X1 + 21000X2 + 22000X3 + 19000X4 + 20000X5$

Fungsi Kendala :

(1) $0.46X1 + 0.48X2 + 0.38X3 + 0.36X4 + 0.33X5 \geq 12470$

(2) $0.40X1 + 0.36X2 + 0.44X3 + 0.39X4 + 0.54X5 \geq 8600$

(3) $0.14X1 + 0.16X2 + 0.18X3 + 0.25X4 + 0.13X5 \geq 430$

(4) $X1 + X2 + X3 + X4 + X5 \geq 21500$

(5) $X1 \geq 0$

(6) $X2 \geq 0$

(7) $X3 \geq 0$

(8) $X4 \geq 0$

(9) $X5 \geq 0$

5.3. Penggunaan *Linear Programming* pada *Software QS3*

Saat kita menggunakan *software QS3*, kita akan memilih menu *Module 1* yang di dalamnya terdapat sub menu *Linear Programming*. Kliklah sub menu *Linear Programming* untuk memasuki program *Linear Programming*. Pada menu *Enter New Problem*, kita akan dihadapkan pada beberapa option pilihan untuk menunjukkan arah solusi yang diinginkan, antara lain : fungsi tujuan *Minimize* atau *Maximize*, jumlah

variabel/variabel slack, diselesaikan dengan *free format* atau *Spreadsheet format*, dan sebagainya. Berikut kami tampilkan bagan spesifikasi problem pada program QS 3 :

Tabel 5.3. Bagan pengisian spesifikasi problem pada program *QS.3* pada sub program *Linear Programming*

Problem Spesification

- Enter the following fields to define your problem and specify the entry format for your model
- The default constraint direction are < (≤) for maximization problem and > (≥) for minimization problems. However, you may entry any of ≤, <, <=, =<, ≥, >, >=, =>, and = to specify a particular constraint's direction.

Problem Name?	Pemilihan Quarry	
Number of variables (excluding slacks/artificials)?	5	
Number of constraints (excluding bounds)?	9	
Objective function :	( ) Maximization	(•) Minimization
Variable name :	(•) Default (X_1,…,X_n)	( ) You define
Data entry format:	(•) Spreadsheet format	( ) Free format
Variable's bounds :	(•) Default	( ) You specify

< OK > < Print > < Cancel >

Setelah kita tentukan spesifikasi problem sebagaimana tampak pada tabel di atas, progam QS 3 akan menanyakan fungsi tujuan problem sebagaimana tabel berikut :

Tabel 5.4. Tabel pengisian koefisien fungsi tujuan problem pemilihan agregat pada *software QS 3*

Objective Function Coefficients for Pemilihan Quarry

Variable	Value (Criterion : Minimization)
X_1	[20500]
X_2	[21000]
X_3	[22000]
X_4	[19000]
X_5	[20000]

< OK > < PgUp > < PgLt > < PgRt > < Help > < Print > < Cancel >

Setelah kita mengisi koefisien fungsi tujuan, selanjutnya kita masukkan koefisien fungsi kendala problem ke dalam tabel koefisien fungsi kendala sebagaimana tabel yang kami tampilkan berikut ini :

Tabel 5.5. Tabel koefisien fungsi kendala persamaan problem pemilihan *quarry* pada *software QS.3.*

Constraint	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Direction	RHS
	[.46]	[.48]	[.38]	[.36]	[.33]	[≥]	[12470]
	[.4]	[.36]	[.44]	[.39]	[.54]	[≥]	[8600]
	[.14]	[.16]	[.18]	[.25]	[.13]	[≥]	[430]
	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[≥]	[21500]
	[1]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[≥]	[0]
	[ ]	[1]	[ ]	[ ]	[ ]	[≥]	[0]
	[ ]	[ ]	[1]	[ ]	[ ]	[≥]	[0]
	[ ]	[ ]	[ ]	[1]	[ ]	[≥]	[0]
	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[1]	[≥]	[0]

< OK > < PgUp > < PgLt > < PgRt > < Help > < Print > < Cancel >

Langkah selanjutnya adalah mengolah data-data tersebut dengan menggunakan menu ***Solve The Problem.*** Hasil dari pengolahan data bisa dilihat dengan menggunakan menu ***Show The Solution,*** sebagaimana kami tampilkan pada tabel 5.6 berikut :

Tabel 5.6. Solusi Optimal Sistem Pemilihan *Quarry* dengan indikasi Kehilangan Kesempatan Memperoleh Laba (*Opportunity Cost*).

Solution Summary for PEMILIHAN AGREGAT

07-01-2002 11:00:35 Page: 1 of 1

Variable Number	Variable Name	Solution	Opportunity Cost	Minimum Obj. Coef.	Current Obj. Coef.	Maximum Obj. Ceef.
1	X1	0	374.9992	20125	20500	M
2	X2	25979.17	0	0.001953	21000	21391.3
3	X3	0	5375	16625	22000	M
4	X4	0	3249.999	15750	19000	M
5	X5	0	5562.499	14437.5	20000	M

Minimized OBJ = 545562496 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0.050781

Tabel 5.7. Sensitivitas Fungsi Batasan *Quarry* Terpilih

Constraint Summary for PEMILIHAN AGREGAT

07-01-2002 11:00:35 Page: 1 of 1

Constraint Number	Constraint Status	Shadow Price	Surplus	Minimum R. H. S.	Current R. H. S.	Maximum R. H. S.
1	Tight (>)	43750	0	11466.67	12470	M
2	Loose (>)	0	752.5006	-M	8600	9352.501
3	Loose (>)	0	3726.667	-M	430	4156.667
4	Loose (>)	0	4479.167	-M	21500	25979.17
5	Tight (>)	0	0	-M	0	0
6	Loose (>)	0	25979.17	-M	0	25979.17
7	Tight (>)	0	0	-M	0	0
8	Tight (>)	0	0	-M	0	0
9	Tight (>)	0	0	-M	0	0

Minimized OBJ = 545562496 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0.050781

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1. Analisa Jumlah Pembelian Material Yang Optimal

Tabel 6.1. Solusi optimal Sistem Pemilihan *Quarry* Optimal dengan indikasi kehilangan kesempatan memperoleh laba (*opportunity cost*)

Solution Summary for PEMILIHAN AGREGAT

07-01-2002 11:00:35 Page: 1 of 1

Variable Number	Variable Name	Solution	Opportunity Cost	Minimum Obj. Coef.	Current Obj. Coef.	Maximum Obj. Coef.
1	X1	0	374.9992	20125	20500	M
2	X2	25979.17	0	0.001953	21000	21391.3
3	X3	0	5375	16625	22000	M
4	X4	0	3249.999	15750	19000	M
5	X5	0	5562.499	14437.5	20000	M

Minimized OBJ = 545562496 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0.050781

Jumlah pembelian material menurut hasil pengolahan dengan menggunakan Program *QS3* adalah sebagai berikut :

- *Quarry* Kaliprogo (X1) = 0 m^3
- *Quarry* Tinalah (X2) = 25979.17 m^3
- *Quarry* Celereng (X3) = 0 m^3
- *Quarry* Merapi (X4) = 0 m^3
- *Quarry* Gunung Kidul (X5) = 0 m^3

Jumlah pembelian material yang optimal adalah sebesar 25979.17 m^3 dari *Quarry* Tinalah. Volume material tersebut jika dikalikan dengan harga satuan material dari *quarry* yang bersangkutan (Rp. 21.000,00/m^3) akan menghasilkan harga yang paling kecil jika dibandingkan dengan *quarry* yang bukan merupakan solusi.

Volume material yang harus dipenuhi *quarry* bukan solusi untuk memenuhi *JMF* yang ditentukan dan kebutuhan total material untuk proyek yang bersangkutan adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan :

Misalkan untuk *Quarry* Kali Progo (Q1):

CA : 46% x volume material ≥ 12470 m^3

Volume material = 27108,7 m^3

FA : 40% x volume material ≥ 8600

Volume material = 21500 m^3

FF : 14% x volume material FF ≥ 430

Volume material = 3071,43 m^3

Nilai X1, X1' dan X1" dipilih yang terbesar sehingga bisa memenuhi kebutuhan total material dan JMF, maka dihasilkan X1 = 27108,61 m^3. Pada perhitungan terlihat bahwa nilai volume material menurut fraksi FA sama dengan kebutuhan total material menurut JMF, namun bila dimasukkan ke persamaan di atasnya, maka volume tersebut tidak memenuhi (volume material < 12470 m^3).

Harga total material adalah perkalian antara volume yang harus dipenuhi dengan harga satuan dari quarry yang bersangkutan.

Berikut kami tampilkan tabel kebutuhan volume material 5 *quarry* yang bisa memenuhi kebutuhan total material dan JMF untuk proyek ini menurut ranking *quarry* dimulai dari *quarry* solusi.

Tabel 6.2. Tingkat keoptimalan *quarry* menurut biaya total material yang terkecil.

Quarry	Volume material yang harus dibeli (m^3)	Sisa material (m^3)	Biaya total material (Rp)
	A	A - 21500 m^3	A * Harga satuan
Tinalah	25979,17	4479,17	545562570
Kali Progo	27108,69	5608,69	555728350
Merapi	34638,89	13138,89	658138888,9
Celereng	32815,79	11315,79	721947368,4
Gunung Kidul	37787,88	16287,88	755757600

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

- *Quarry* Kali Progo (X1)

  Opportunity Cost = Rp 374.992

  Solusi Optimal = Rp. 545562496,00

  Harga 1 m^3 = Rp 20.500,00

Jumlah material yang harus dipenuhi dari *quarry* Kali Progo dengan *JMF* dan kebutuhan material yang disyaratkan (21500 m^3) adalah sebanyak 27108.7 m^3. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk mendatangkan material sebanyak 27108.7 x Rp. 20500,00 = Rp. 555728350,00. Biaya total tersebut bila dikurangi dengan biaya solusi optimal dan dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *Quarry* Kali Progo, maka akan terinci sebagai berikut :

$$\frac{\textbf{Rp.555728350,00 - Rp. 545562496,00}}{\textbf{27108}} = \text{Rp. } 374{,}992$$

$$\approx \text{Rp. } 375{,}00$$

Jadi kehilangan kesempatan untuk memperoleh laba (*opportunity cost*) pada *quarry* Kali Progo adalah sebesar Rp. 375,00 / m3 untuk pengambilan material sebesar 27108,695 m^3.

- *Quarry* Tinalah (X2)

  Opportunity Cost = Rp 0,00

  Solusi Optimal = Rp. 545562496,00

  Harga 1 m^3 = Rp 21.000,00

Dengan karakteristik yang dimiliki *Quarry* Tinalah, maka jumlah material yang diperoleh dari *quarry* tersebut untuk memenuhi kebutuhan material proyek adalah sebanyak 25979.17 m^3. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk mendatangkan material sebanyak 25979.17m^3 x Rp. 21000,00 = Rp. 545562570. Biaya total tersebut bila dikurangi dengan biaya solusi optimal dan

dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *Quarry* Tinalah, maka akan terinci sebagai berikut :

$$\frac{\textbf{Rp.545562496,0 - Rp. 545562496,00}}{\textbf{25979.17}} = \text{Rp. } 0{,}00$$

Jadi kehilangan kesempatan untuk memperoleh laba *(opportunity cost)* yang ada pada *quarry* Tinalah adalah sebesar Rp. 0,00 / m3 untuk pengambilan material sebesar 25979.17 m^3.

- *Quarry* Celereng(X3)

  Opportunity Cost = Rp 5735,00

  Solusi Optimal = Rp. 545562496,00

  Harga 1 m^3 = Rp 22.000,00

Dengan karakteristik yang dimiliki *Quarry* Celereng, maka jumlah material yang diperoleh dari *quarry* tersebut untuk memenuhi kebutuhan material proyek adalah sebanyak 32815.79 m^3. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk mendatangkan material sebanyak 32815.79 m^3 x Rp. 22000,00 = Rp. 721947368,4. Biaya total tersebut bila dikurangi dengan biaya solusi optimal dan dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *Quarry* Celereng, maka akan terinci sebagai berikut :

$$\frac{\textbf{Rp.721947368,4 - Rp. 545562496,00}}{\textbf{32815.79}} = \text{Rp. } 5375{,}00$$

Jadi kehilangan kesempatan untuk memperoleh laba *(opportunity cost)* yang ada pada *quarry* Celereng adalah sebesar

Rp. 5375,00 / m3 untuk pengambilan material sebesar 32815.79 m^3.

- *Quarry* Merapi(X4)

  Opportunity Cost = Rp 3249,999

  Solusi Optimal = Rp. 545562496,00

  Harga 1 m^3 = Rp19.000,00

  Dengan karakteristik yang dimiliki *Quarry* Merapi, maka jumlah material yang diperoleh dari *quarry* tersebut untuk memenuhi kebutuhan material proyek adalah sebanyak 34638,89 m^3. Biaya total yang harus dikeluarkan untuk mendatangkan material sebanyak 34638,89 m^3 x Rp. 19.000,00 = Rp.658138888,9. Biaya total tersebut bila dikurangi dengan biaya solusi optimal dan dibagi dengan jumlah material yang dibutuhkan dari *Quarry* Merapi, maka akan terinci sebagai berikut :

  $$\frac{\textbf{Rp.658138888,9 - Rp. 545562496,00}}{\textbf{34638,89}} = \text{Rp. } 3249,99$$

  Jadi kehilangan kesempatan untuk memperoleh laba *(opportunity cost)* yang ada pada *quarry* Merapi adalah sebesar Rp. 3249,99 / m3 untuk pengambilan material sebesar 34638,89 m^3.

- *Quarry* Gunung Kidul(X5)

  Opportunity Cost = Rp 7562.499

  Solusi Optimal = Rp. 545562496,00

  Harga 1 m^3 = Rp20.000,00

Dengan karakteristik pada *Quarry* Gunung Kidul, maka volume material *quarry* tersebut untuk memenuhi kebutuhan material proyek adalah sebanyak 37787,88 m^3. Biaya total yang harus dikeluarkan sebanyak 37787,88 m^3 x Rp. 20.000,00 = Rp.755757600,00, maka *opportunity cost* pengadaan material adalah :

$$\frac{\text{Rp.}755757600 - \text{Rp.}545562496{,}00}{37787{,}88} = \text{Rp. } 5562.4999$$

Kehilangan kesempatan memperoleh laba *(opportunity cost) quarry* Gunung Kidul adalah sebesar Rp.5562.4999/m3 untuk pengambilan material sebesar 37787,88 m^3.

6.3. Analisa Sensitivitas Fungsi Batasan (*Constraint*)

Tabel 6.3. Sensitivitas Fungsi Batasan *Quarry* Terpilih

Constraint Summary for PEMILIHAN AGREGAT

07-01-2002 11:00:35 Page: 1 of 1

Constraint Number	Constraint Status	Shadow Price	Surplus	Minimum R. H. S.	Current R. H. S.	Maximum R. H. S.
1	Tight (>)	43750	0	11466.67	12470	M
2	Loose (>)	0	752.5006	-M	8600	9352.501
3	Loose (>)	0	3726.667	-M	430	4156.667
4	Loose (>)	0	4479.167	-M	21500	25979.17
5	Tight (>)	0	0	-M	0	0
6	Loose (>)	0	25979.17	-M	0	25979.17
7	Tight (>)	0	0	-M	0	0
8	Tight (>)	0	0	-M	0	0
9	Tight (>)	0	0	-M	0	0

Minimized OBJ = 545562496 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0.050781

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

Dari data yang telah dihasilkan program *Linear Programming QS3*, maka dapat kami uraikan analisa sensitivitas fungsi batasan sebagai berikut ini :

1. *Constraint* I (CA)

   0.46X1+ 0.48X2+ 0.38X3+ 0.36X4+ 0.33X5 ≥ 12470. Persamaan tersebut merupakan fungsi kendala untuk menentukan besarnya CA yang dibutuhkan secara keseluruhan.

   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 penambahan atau pengurangan terhadap keuntungan/solusi optimal dapat diketahui dari *shadow price* yang terjadi.

b. *Shadow Price* : Rp. 43750,00

Setiap penambahan kapasitas sumber daya material (*current RHS*) sebesar 1 m^3 akan mengurangi keuntungan sebesar Rp. 43750,00. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$0.46X1 + 0.48X2 + 0.38X3 + 0.36X4 + 0.33X5 \geq 12470$

karena X1, X3, X4 dan X5 bernilai solusi optimal 0, maka persamaan menjadi :

$0.48\ X2 \geq 12471$

$X2 = 25981.25\ m^3$, maka

Shadow price = (25981.25 - 25979.17) x 21000 (harga Tinalah)

= Rp. 43750,00

Demikian juga sebaliknya, jika kapasitas sumber daya material dikurangi 1 m^3, maka akan menambah keuntungan sebesar Rp. 43750,00.

c. *Surplus* : 0 m^3

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

d. Minimum R.H.S. : 11466

Pengurangan kapasitas sumber daya dari 12470 m^3 sampai dengan 11466 m^3 tidak akan merubah solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang 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 (FA)

0.40X1+ 0.36X2+ 0.44X3+ 0.39X4+ 0.54X5 ≥ 8600. Persamaan tersebut merupakan fungsi kendala untuk menentukan besarnya FA yang dibutuhkan secara keseluruhan.

a. Status : *Loose*

Sumber daya ini terjadi *surplus* kapasitas. Kapasitas sumber daya yang digunakan sebesar 8600 m^3, sedangkan material yang tersedia sebanyak 0.36 x 25979.17 = 9352.5012 m^3, sehingga terjadi *surplus* material sebanyak 752.5012 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* : 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* : 750.501 m^3

Terdapat sisa sumber daya material sebanyak 752.501 m^3 karena sumber daya material yang dibutuhkan hanya sebanyak 8600 m^3, sedangkan material yang tersedia sebanyak 9352.5012 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 : 9352.501

Solusi optimal tidak akan berubah selama penambahan kapasitas sumber daya adalah sampai dengan 9352.501 m^3, dengan ketentuan bahwa kapasitas sumber daya yang lain konstan.

3. *Constraint* III

0.14X1+ 0.16X2+ 0.18X3+ 0.25X4+ 0.13X5 ≥ 430. Persamaan tersebut merupakan fungsi kendala untuk menentukan besarnya FF yang dibutuhkan secara keseluruhan.

a. Status : *Loose*

Sumber daya ini terjadi *surplus* kapasitas. Kapasitas sumber daya yang digunakan sebesar 430 m^3, sedangkan material yang

tersedia sebanyak 0.16 x 25979.17 = 4156.667 m^3, sehingga terjadi *surplus* material sebanyak 3726.667 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* : 0

Penambahan atau pengurangan kapasitas sumber daya tidak akan mempengaruhi solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain konstan.

c. *Surplus* : 3726.667 m^3

Terdapat sisa sumber daya material sebanyak 3726.667 m^3 karena sumber daya material yang dibutuhkan hanya sebanyak 430 m^3, sedangkan material yang tersedia 4156.667 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 : 4156.667

Solusi optimal tidak akan berubah selama penambahan kapasitas sumber daya adalah sampai dengan 4156.667 m^3,

dengan ketentuan bahwa kapasitas sumber daya yang lain konstan.

4. *Constraint* IV

1X1+ 1X2+ 1X3+ 1X4+ 1X5 ≥ 21500. Persamaan tersebut merupakan fungsi kendala kebutuhan minimal yang harus dipenuhi dari setiap *quarry* dengan nilai R.H.S. 21500 yang merupakan jumlah kebutuhan total material proyek jalan Jogja – Prambanan.

a. Status : *Loose*

Sumber daya ini terjadi *surplus* kapasitas. Kapasitas sumber daya yang digunakan sebesar 21500 m^3, sedangkan material yang tersedia sebanyak 25979.17, sehingga terjadi *surplus* material sebanyak 4479.17 m^3. Ini merupakan *surplus* material secara keseluruhan dari sumber daya material yang tersedia.

b. *Shadow Price* : 0

Penambahan atau pengurangan kapasitas sumber daya tidak akan mempengaruhi solusi optimal selama kapasitas sumber daya yang lain konstan.

c. *Surplus* : 4479.17 m^3

Terdapat sisa sumber daya material sebanyak 4479.17 m^3 karena sumber daya material yang dibutuhkan hanya sebanyak 21500 m^3, sedangkan material yang tersedia sebanyak 25979.17 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 : 25979.17

Solusi optimal tidak akan berubah selama penambahan kapasitas sumber daya adalah sampai dengan 25979.17 m^3, dengan ketentuan bahwa kapasitas sumber daya yang lain konstan.

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

Constraint/persamaan kendala 5, 6, 7, 8, dan 9 adalah sebagai berikut :

(1)X1 ≥ 0

(2)X2 ≥ 0

(3)X3 ≥ 0

(4)X4 ≥ 0

(5)X5 ≥ 0

Dari kelima persamaan kendala tersebut hanya persamaan kendala kedua yang akan kami bahas karena persamaan kendala yang lain bernilai solusi 0 (nol). Pada constraint kedua terdapat nilai *surplus* dan maksimum R.H.S. sebesar 25979.17, nilai tersebut merupakan nilai solusi optimal untuk X2 atau *quarry* Tinalah.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan untuk permasalahan Sistem Pemilihan *Quarry* untuk perkerasan *AC Base Course* pada Proyek Jalan Yogya – Prambanan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisa, terpilih solusi optimalnya adalah *Quarry* Tinalah (X2) dengan jumlah pembelian material sebanyak 25979.17 m^3.
2. *Opportunity Cost* untuk *Quarry* Tinalah adalah nol, berarti kehilangan kesempatan untuk memperoleh laba bagi perusahaan *AMP* tidak ada .
3. Biaya total pembelian material dari *quarry* Tinalah adalah Rp. 545.562.496,00. Harga pembelian material dari *quarry* Tinalah mempunyai nilai nominal yang paling kecil dibandingkan harga pembelian material dati *quarry -quarry* yang lain.

7.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dari analisa data, maka dapat diberikan beberapa saran yang bisa membantu perusahaan dalam mengoptimalkan pemilihan *quarry* agar didapat keuntungan yang maksimal.

1. Dalam melakukan pemilihan *quarry* sebagai sumber daya material *AC Base Course* tidak semata-mata berdasarkan harga satuan/m^3, tetapi juga tergantung fraksi agregat dan spesifikasi *JMF*. Karena fraksi agregat, harga material dan *JMF* sangat berpengaruh terhadap nilai optimal variabel keputusan *OBJ*.
2. Dalam menentukan sumber daya material yang diprioritaskan untuk ditambah atau dikurangi, perusahaan harus melihat sumber daya yang berpengaruh besar terhadap nilai fungsi tujuan. Besarnya perubahan keuntungan/kerugian dari pengurangan atau penambahan sumber daya dapat dilihat berdasarkan *shadow price* yang dimiliki sumber daya tersebut.
3. Untuk memecahkan persoalan *linear programming*, selain menggunakan *software QS 3* bisa juga digunakan *software – software* lain, seperti *LINDO, EXCELL* dan sebagainya. Hasil dari analisa *software – software* tersebut bisa dikomparasikan dengan hasil analisa *software QS3*.
4. Untuk penelitian selanjutnya kami sarankan untuk menganalisa bagaimana merumusan *JMF* untuk material perkerasan jalan dengan

tidak menggunakan cara *tiral and error*, juga dimungkinkan bisa meneliti tentang optimalisasi sumber daya material tanpa mengabaikan kualitas material.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dimyati. Tjutju Tarliah dan Dimyati. 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 Operaional*, Erlangga, Jakarta, 1995
4. Laboratorium Statistik Industri dan Penyelidikan Operasional, Modul Praktikum, Lab SIPO TMI, UII, Yogyakarta, 1999
5. Paul J Ossenbruggen, *System Analysis for Civil Engineers*, John Wiley & Sons Inc,USA, 1984
6. Widya Melisa. *Penentuan Komposisi Jumalah Produk Yang Optimal Untuk Mencapai Keuntungan Maksimal; Dengan Metode Linear Programing*, Tugas Akhir TMI-UII, Yogyakarta, 2001
7. Zaenal M. & Ali Parkan, *Belajar Cepat Linear Programing Dengan QS* (*Quantitative System*), Ekonisia, Yogyakarta, 2000

Lampiran 1 :

Langkah - langkah Solusi Optimum dengan Program QS.3

a. Pengisian spesifikasi problem pada program *QS.3* pada sub program *Linear Programing*

Problem Spesification

- Enter the following fields to define your problem and specify the entry format for your model
- The default constraint direction are < (≤) for maximization problem and > (≥) for minimization problems. However, you may entry any of ≤, <, <=, =<, ≥, >, >=, =>, and = to specify a particular constraint's direction.

Problem Name?	Pemilihan Quarry	
Number of variables (excluding slacks/artificials)?	5	
Number of constraints (excluding bounds)?	9	
Objective function :	( ) Maximization	(•) Minimization
Variable name :	(•) Default (X_1,…,X_n)	( ) You define
Data entry format:	(•) Spreadsheet format	( ) Free format
Variable's bounds :	(•) Default	( ) You specify

< OK > < Print > < Cancel >

b. Pengisian koefisien fungsi tujuan problem pemilihan agregat pada *software QS 3*

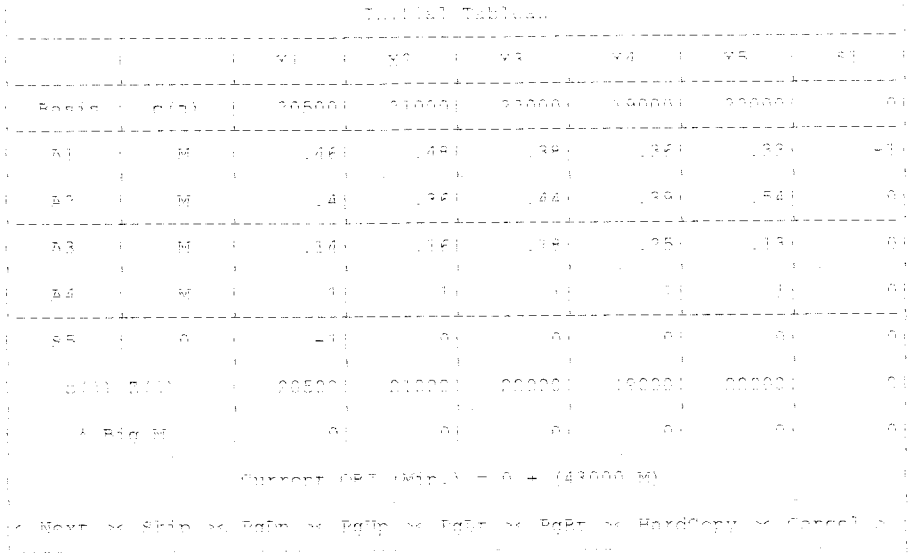
Objective Function Coefficients for Pemilihan Quarry

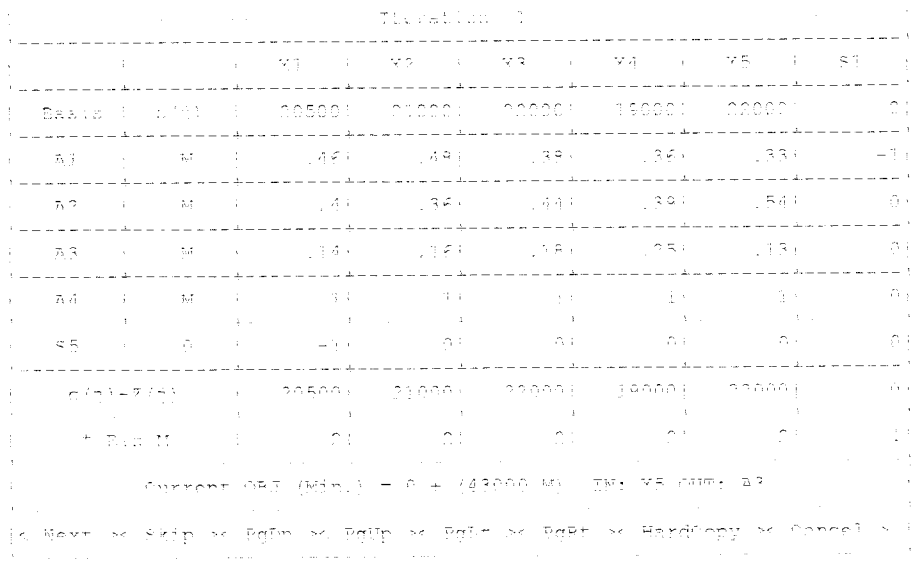
Variable	Value (Criterion : Minimization)
X_1	[20500]
X_2	[21000]
X_3	[22000]
X_4	[19000]
X_5	[20000]

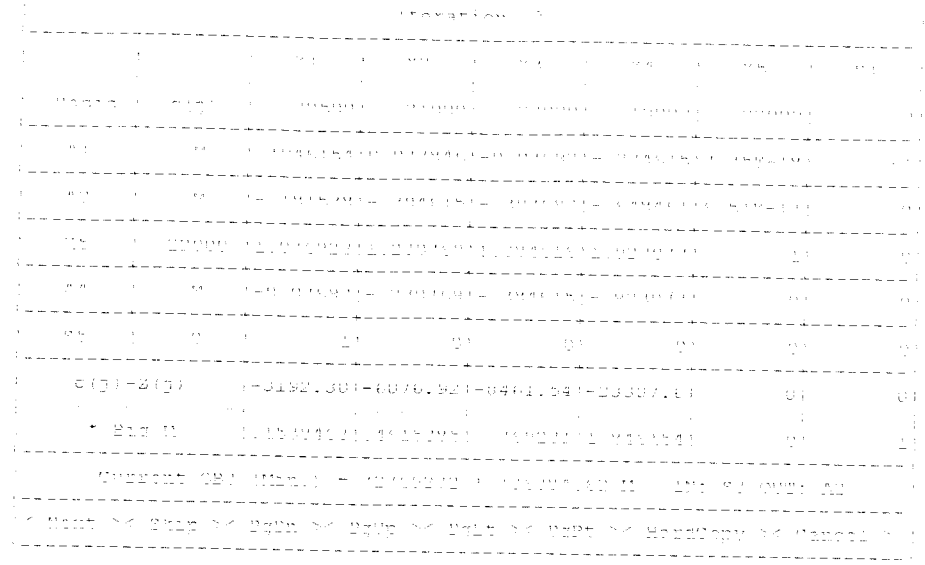
< OK > < PgUp > < PgLt > < PgRt > < Help > < Print > < Cancel >

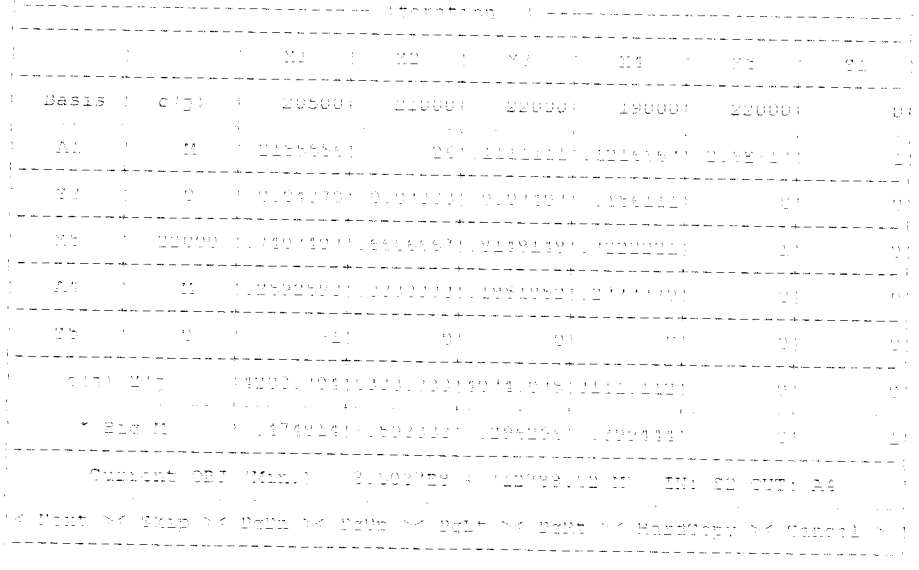
LAMPIRAN 2

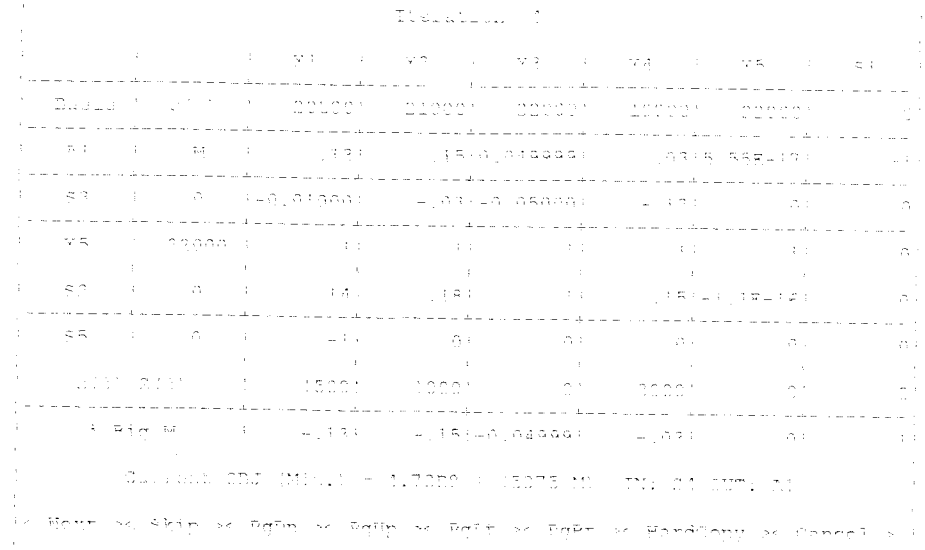
Tabel Iterasi Solusi Optimum

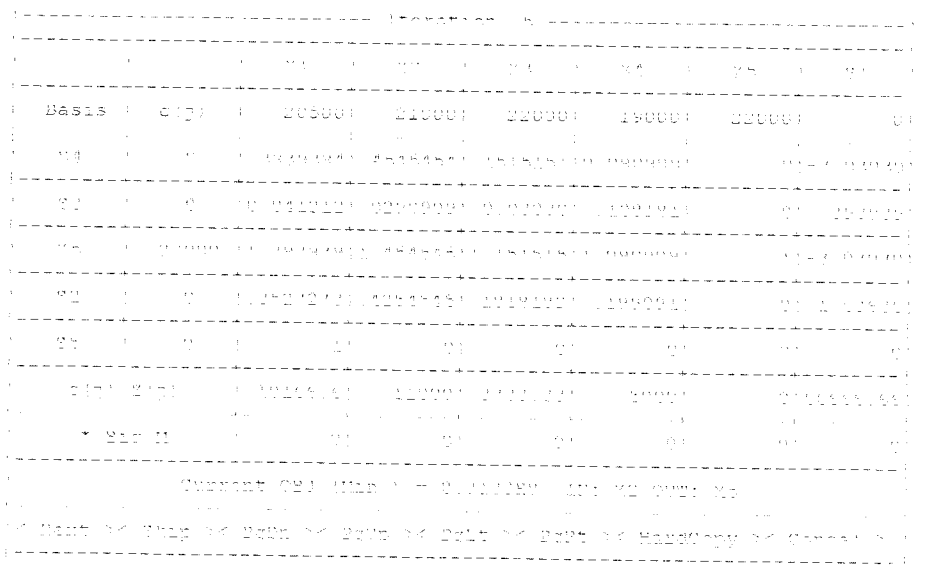












Lampiran : 3

Tabel *Final Solusion*

Solution Summary for PEMILIHAN AGREGAT

07-01-2002 11:00:35 Page: 1 of 1

Variable Number	Variable Name	Solution	Opportunity Cost	Minimum Obj. Coef.	Current Obj. Coef.	Maximum Obj. Coef.
1	X1	0	374.9992	20125	20500	M
2	X2	25979.17	0	0.001953	21000	21391.3
3	X3	0	5375	16625	22000	M
4	X4	0	3249.999	15750	19000	M
5	X5	0	5562.499	14437.5	20000	M

Minimized OBJ = 545562496 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0.050781

Lampiran 4 :

Sensitivitas Fungsi Batasan *Quarry* Terpilih

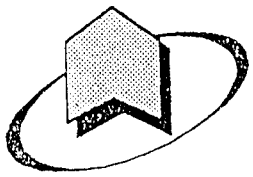
Constraint Summary for PEMILIHAN AGREGAT

07-01-2002 11:00:35 Page: 1 of 1

Constraint Number	Constraint Status	Shadow Price	Surplus	Minimum R. H. S.	Current R. H. S.	Maximum R. H. S.
1	Tight (>)	43750	0	11466.67	12470	M
2	Loose (>)	0	752.5006	-M	8600	9352.501
3	Loose (>)	0	3726.667	-M	430	4156.667
4	Loose (>)	0	4479.167	-M	21500	25979.17
5	Tight (>)	0	0	-M	0	0
6	Loose (>)	0	25979.17	-M	0	25979.17
7	Tight (>)	0	0	-M	0	0
8	Tight (>)	0	0	-M	0	0
9	Tight (>)	0	0	-M	0	0

Minimized OBJ = 545562496 Iteration = 5 Elapsed CPU seconds = 0.050781

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF SETTLEMENT AND REGIONAL DEVELOPMENT
DIRECTORATE GENERAL OF REGIONAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT



HEAVY LOADED ROAD IMPROVEMENT PROJECT – II
PACKAGE BP – 03 YOGYAKARTA – PRAMBANAN
UNDER LOAN JBIC No. IP- 466

JOB MIX FORMULA
AC CONVENTIONAL BASE COURSE
NEW SPECIFICATION

CONTRACT NO :10 / PKK / BM-W 12.P1 / 2000
DATE : AUGUST 05, 2000

CONTRACTOR
PT. DELTAMARGA ADYATAMA

CONSULTANT
PACIFIC CONSULTANT INTERNATIONAL
in association with
PT. ARCENDE

JOB MIX FORMULA

AC CONVENTIONAL BASE COARSE

HEAVY LOADED ROAD IMPROVEMENT PROJECT – II
UNDER LOAN JBIC NO IP – 466

PACKAGE
BP- 03 YOGYAKARTA – PRAMBANAN

CHECKED BY :
CONSULTANT
PCI in assoc. with PT. ARCENDE

HEAVY LOADED ROAD IMPROVEMENT PROJECT
PC Ing As With P.T. ARCENDE
PACKAGE = BP.03
YOGYAKARTA PRAMBANAN
YOGYAKARTA SPECIAL PROVINCE

Ir. M. BAKSA
SUPERVISION ENGINEER

SUBMITTED BY :
CONTRACTOR
PT. DELTAMARGA ADYATAMA

PT. Deltamarga Adyatama
Package BP – 03
Yogyakarta – Prambanan

Ir. YB. WIDODO WIBISONO, MT
GENERAL SUPERINTENDENT

APPROVED BY :
PENG. PRAS. WILAYAH

Ir. LANGGENG MULYO, CES
PROJECT OFFICER

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF SETTLEMENT AND REGIONAL DEVELOPMENT
DIRECTORATE GENERAL OF REGIONAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

HLRIP-II PACKAGE BP-03 YOGYAKARTA-PRAMBANAN
Contractor : PT. DELTAMARGA ADYATAMA
Consultant : PCI in assoc. with PT. ARCENDE

SUMMARY OF TEST RESULT
JOB MIX FORMULA
AC CONVENTIONAL BASE COARSE
(NEW SPECIFICATION)

MIX DESIGN

TEST MATERIAL

PROPERTY		TEST		SPECIFICATION
Bitumen	- Sp. Gr.	gr/cc	1.04	min. 1
Abrasion	CA 1 ½"	%	24.12	max. 40
	CA ½"	%	28.78	max. 40
Soundness	1 ½" ~ # 4	%	5.47	max. 12
	# 4 ~ 16	%	5.48	max. 12
Coating and Stripping		%	98	min. 95
Sand Equivalent	FA	%	70.43	min. 50
	Sand	%	85.31	min. 50

A) MIX PROPORTION AGGREGATE
- Coarse Aggregate (CA) Max size $1^{1/2}$" = 58 %
- Fine Aggregate (FA) = 40 %
- Filler (FF) = 2 %

B) COMBINATION OF MATERIAL

Sieve no.	$1^{1/2}$"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
% passing	100.0	98.97	90.02	78.79	69.67	61.03	58.48	56.98	49.05	42.87	40.91	39.98
Spec min		90					27					3
max	100	100	100				45					8
Fuller Curve	100	98.3	89.6	80	65.65	60	58.76	55.50	51.34	45.86		40.09

3. SPECIFIC GRAVITY COMBINATION
- Bulk Specific Gravity = 2.624 gr/cc
- Apparent Specific Gravity = 2.735 gr/cc
- Effective Specific Gravity = 2.680 gr/cc
- Effective Bitumen Content = 4.112 % (> 3.5 %)
- Total Weight of Bit. Unit = 4.9 % (4.0 % - 5.0 %)

APPROVED by	CHECKED by	SUBMITTED by
IUWALI	Ir. USAMAH S.	WAHYANA
PENG.PRAS.WIL	CONSULTANT	CONTRACTOR

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF SETTLEMENT AND REGIONAL DEVELOPMENT
DIRECTORATE GENERAL OF REGIONAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

HLRIP-II PACKAGE BP-03 YOGYAKARTA-PRAMBANAN
Contractor : PT. DELTAMARGA ADYATAMA
Consultant : PCI in assoc. with PT. ARCENDE

COMBINATION OF MATERIAL

E OF MIX : AC BASE COURSE

DATE : 10-3-2001

ASTM VE SIZE	AGGREGATE GRADING A	B	C	D	E	COMBINED AGGREGATE GRADING	AGGREGATE SURFACE FACTOR
							1 x 0,41
2"							
1 ½"	100	100	100	100	100	100	
1"	66.2	100	100	100	100	93.6	
¼"	17.0	91.8	100	100	100	81.2	
½"	8.9	9.1	93.1	100	100	56.9	
3/8"	0.8	0.3	58.1	100	95.4	45.8	
No. 4	0.3	0.2	8.4	93.6	83.4	33.5	X 0,41
No. 8			1.2	67.0	71.8	24.2	X 0,82
No. 16			0.7	41.4	62.2	16.7	X 1,64
No. 30			0.5	30.6	47.5	12.6	X 2,87
No. 50			0.5	25.9	24.5	9.1	X 6,14
No. 100			0.4	19.9	9.3	6.0	X 12,29
No. 200			0.2	14.6	4.8	4.2	X 32,27
regate ding to y weight of aggr.)	A. COARSE AGREGATE (CA)					58%	
	B. FINE AGREGATE (FA)					40%	
	C. FILLER (FF)					2%	
	D.						
	E.						
al Aggregate Surface Area						4.03	

APPROVED by	CHECKED by	SUBMITTED by
IUWALI	Ir. USAMAH S.	WAHYANA
PENG.PRAS.WIL	CONSULTANT	CONTRACTOR

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

REM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE NO. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : CA

Sumber contoh : KALI PROGO
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7		354,89	7,73	92,37	
3/8	9,51		1807,64	39,22	60,78	
1/4	6,35					
No. 4	4,76		7932,55	41,93	58,67	
No. 8	2,38		1996,618	43,32	56,68	
No. 10	2					
No. 12	1,70					
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		2116,91	45,93	54,07	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		2343,22	50,84	49,16	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149					
No. 200	0,074		3807,45	83,26	16,74	
Panci	-					

Berat total contoh : 4609 gram.

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

RIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE B. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : DA

Sumber contoh : KALI PROGO
Ditest oleh :
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7		319,72	8,32	91,75	
3/8	9,51		1512,74	40,83	51,17	
1/4	6,35					
No. 4	4,76		1838,12	47,72	52,128	
No. 8	2,38		1875,92	48,70	51,30	
No. 10	2					
No. 12	1,70					
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		2177,53	56,53	43,47	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		2247,26	58,34	41,66	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149					
No. 200	0,074		2401,72	62,35	37,65	
Panci	-					

Berat total contoh : 3852 gram.
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor :
oyek : PROJECT II PAKAGE E. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : KALI PROGO
Ditest oleh :
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76					
.	No. 8	2,38		76,98	7,69	92,31	
.	No. 10	2		219,34	21,93	78,03	
.	No. 12	1,70		235,38	23,36	76,41	
.	No. 16	1,19					
.	No. 20	0,841					
.	No. 30	0,60		323,78	32,37	67,63	
.	No. 40	0,42					
.	No. 50	0,30		356,81	35,68	64,32	
	No. 60	0,25					
	No. 80	0,177					
.	No. 100	0,149		367,20	36,72	63,28	
.	No. 200	0,074		376,51	37,65	62,35	
.	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE E. 03
koh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : KALI PROGO
Ditest oleh :
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7					
3/8	9,51					
1/4	6,35					
No. 4	4,76					
No. 8	2,38		81,72	8,17	91,38	
No. 10	2		283,48	28,34	71,66	
No. 12	1,70		321,431	32,14	67,86	
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		365,32	36,53	63,47	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		376,83	37,68	62,32	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149		388,81	38,88	61,12	
No. 200	0,074		423,53	42,35	57,02	
Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE D. 03
xoh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FF (FILLER)

Sumber contoh : KALI PROGO
Ditest oleh : TEKNISI BALAI ( ).
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7					
3/8	9,51					
1/4	6,35					
No. 4	4,76					
No. 8	2,38					
No. 10	2					
No. 12	1,70					
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60					
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		299,39	29,93	70,03	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177		829,94	82,99	17,01	
No. 100	0,149		845,82	84,58	15,42	
No. 200	0,074		847,22	84,72	15,18	
Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE D. 03
xoh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : CA

Sumber contoh : TINALAH
Ditest oleh : TEKNISI BALAI ( ).
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19		729,93	8,33	91,67	
1/2	12,7		2562,36	29,24	70,76	
3/8	9,51		2831,32	32,37	67,69	
1/4	6,35					
No. 4	4,76		4082,68	46,59	53,41	
No. 8	2,38		4253,10	48,35	51,67	
No. 10	2					
No. 12	1,70					
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		4983,51	56,87	43,13	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		4993,15	56,98	43,02	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149		5000,17	57,07	42,93	
No. 200	0,074		5001,92	57,08	42,92	
Panci	-					

Berat total contoh : 8763 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE IV. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : TINALAH
Ditest oleh : TEKNISI BAWI ( ).
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7					
3/8	9,51					
1/4	6,35					
No. 4	4,76					
No. 8	2,38		92,24	9,22	90,78	
No. 10	2		189,02	18,90	81,10	
No. 12	1,70		202,431	20,24	79,76	
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		254,70	25,47	74,53	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		279,33	27,93	72,07	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149		343,32	34,32	65,68	
No. 200	0,074		362,43	36,24	63,76	
Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

REM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor :
oyek : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT PROJECT II PAKAGE EL. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FF (FILLER)

Sumber contoh : TINALAH
Ditest oleh : TEKNISI BALAI ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76					
.	No. 8	2,38					
.	No. 10	2					
	No. 12	1,70					
	No. 16	1,19					
	No. 20	0,841					
	No. 30	0,60					
	No. 40	0,42					
	No. 50	0,30		293,73	29,37	70,63	
	No. 60	0,25					
	No. 80	0,177		825,95	82,59	17,41	
	No. 100	0,149		833,83	83,38	16,62	
	No. 200	0,074		839,72	83,97	16,02	
	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE B. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FF C FILLER)

Sumber contoh : TINALAH
Ditest oleh : TEKHISI BALAI ( ).
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7					
3/8	9,51					
1/4	6,35					
No. 4	4,76					
No. 8	2,38					
No. 10	2					
No. 12	1,70					
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60					
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		235,32	23,57	76,47	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177		802,29	80,22	19,78	
No. 100	0,149		807,76	80,77	19,23	
No. 200	0,074		827,66	82,76	17,23	
Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

REM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor :
oyek : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT PROJECT II PAKAGE E. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : CA

Sumber contoh : CELERENG
Ditest oleh :
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19		474,527	9,71	90,29	
1/2	12,7		1436,28	29,39	70,61	
3/8	9,51		1680,61	34,38	65,62	
1/4	6,35					
No. 4	4,76		1836,04	37,57	62,43	
No. 8	2,38		1904,00	38,98	61,02	
No. 10	2					
No. 12	1,70					
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		1905,01	38,98	61,02	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		1905,52	38,99	61,01	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149		1906,010	39,00	61,00	
No. 200	0,074		1906,015	39,00	61,00	
Panci	-					

Berat total contoh : 4887 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE B. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : CELERENG
Ditest oleh :
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7					
3/8	9,51					
1/4	6,35					
No. 4	4,76					
No. 8	2,38		82,99	8,29	91,70	
No. 10	2		100,77	10,08	89,92	
No. 12	1,70		220,03	22,00	77,99	
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		423,30	42,330	57,67	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30					
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149		402,81	40,28	59,72	
No. 200	0,074		459,86	45,99	54,01	
Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor :
oyek : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT PROJECT II PAKAGE II. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : CELERENG
Ditest oleh :
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7					
3/8	9,51					
1/4	6,35					
No. 4	4,76					
No. 8	2,38		83,92	8,39	91,61	
No. 10	2		100,24	10,02	89,98	
No. 12	1,70		203,62	20,36	79,64	
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		269,36	26,93	73,07	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30					
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149		396,81	39,68	60,42	
No. 200	0,074		439,22	43,92	56,08	
Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

REM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE B. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FF (FILLER)

Sumber contoh : CELEREMO
Ditest oleh :
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76					
.	No. 8	2,38					
.	No. 10	2					
.	No. 12	1,70					
.	No. 16	1,19					
.	No. 20	0,841					
.	No. 30	0,60					
.	No. 40	0,42					
.	No. 50	0,30		296,78	29,53	70,48	
	No. 60	0,25					
	No. 80	0,177		802,28	80,22	19,78	
	No. 100	0,149		810,35	81,03	18,97	
.	No. 200	0,074		813,78	81,37	18,62	
.	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

REM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATMA
mor :
oyek : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
roh nomor : PROJECT II PAKAGE E. 03
cam contoh : Yogyakarta - Prambanan.
FF (FILLER)

Sumber contoh : CELERENG
Ditest oleh :
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76					
.	No. 8	2,38					
.	No. 10	2					
.	No. 12	1,70					
.	No. 16	1,19					
.	No. 20	0,841					
	No. 30	0,60					
	No. 40	0,42					
	No. 50	0,30		292,76	29,27	70,73	
	No. 60	0,25					
	No. 80	0,177		800,42	80,04	19,96	
	No. 100	0,149		811,25	81,12	18,88	
	No. 200	0,074		819,48	81,95	18,05	
	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE B. 03
koh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
cam contoh : CA

Sumber contoh : K. KUNING (MERAPI)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19		503,98	9,20	9,08	
.	1/2	12,7		1106,611	20,20	79,799	
.	3/8	9,51		1773,09	32,366	69,99	
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76		1918,4503	35,021	64,98	
.	No. 8	2,38		1993,55	36,39	63,69	
.	No. 10	2					
.	No. 12	1,70					
.	No. 16	1,19					
.	No. 20	0,841					
.	No. 30	0,60		1807,32	32,99	67,01	
.	No. 40	0,42					
.	No. 50	0,30					
.	No. 60	0,25					
.	No. 80	0,177					
.	No. 100	0,149		1783,25	32,25	67,75	
.	No. 200	0,074		1782,93	32,25	67,75	
.	Panci	-					

Berat total contoh : 5478 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE B. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : K. KUNING (MERAPI)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76					
.	No. 8	2,38		94, 21	9, 42	90, 58	
.	No. 10	2					
.	No. 12	1,70		199, 28	19,92	80, 072	
.	No. 16	1,19					
.	No. 20	0,841					
.	No. 30	0,60		260, 03	26, 003	73, 997	
.	No. 40	0,42					
.	No. 50	0,30		299, 83	29, 983	70, 17	
.	No. 60	0,25					
.	No. 80	0,177					
.	No. 100	0,149		358, 20	35, 82	64, 18	
.	No. 200	0,074		393, 00	3, 93	60, 7	
.	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

RIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE B. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : K. KUNING (MERAPI)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
0.	No. 4	4,76					
1.	No. 8	2,38		98,83	9,89	90,117	
2.	No. 10	2					
3.	No. 12	1,70		206,3	20,63	79,37	
4.	No. 16	1,19					
5.	No. 20	0,841					
6.	No. 30	0,60		263,10	26,31	73,69	
7.	No. 40	0,42					
8.	No. 50	0,30		301,90	30,19	69,81	
9.	No. 60	0,25					
0.	No. 80	0,177					
1.	No. 100	0,149		358,20	35,82	64,18	
2.	No. 200	0,074		396,30	39,63	60,37	
3.	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

REM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor :
oyek : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
roh nomor : PROJECT II PAKAGE II. C3
am contoh : Yogyakarta - Prambanan.
FF (FILLER)

Sumber contoh : K. KUNING (MERAPI)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76					
.	No. 8	2,38					
.	No. 10	2					
.	No. 12	1,70					
.	No. 16	1,19					
5.	No. 20	0,841					
6.	No. 30	0,60					
.	No. 40	0,42					
.	No. 50	0,30		322,18	32,21	67,79	
9.	No. 60	0,25					
0.	No. 80	0,177		710,02	71,00	29,00	
.	No. 100	0,149		740,52	74,05	25,95	
.	No. 200	0,074		749,70	74,97	25,03	
.	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

REM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD EMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE B. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FP (FILLER)

Sumber contoh : K. KUNING (MERAPI)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7					
3/8	9,51					
1/4	6,35					
No. 4	4,76					
No. 8	2,38					
No. 10	2					
No. 12	1,70					
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60					
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		342,78	34,28	65,72	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177		689,59	68,96	31,04	
No. 100	0,149		735,77	73,58	26,42	
No. 200	0,074		748,90	74,89	25,11	
Panci	-					

Berat total contoh :

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE E. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : CA

Sumber contoh : GAYAM (G. KIDUL)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19		341,62	93,56	90,65	
.	1/2	12,7		7301,12	19,98	80,02	
.	3/8	9,51		988,17	27,05	72,99	
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76		1100,28	30,01	69,98	
.	No. 8	2,38		1206,59	33,03	66,99	
.	No. 10	2					
.	No. 12	1,70					
.	No. 16	1,19					
.	No. 20	0,841					
	No. 30	0,60		1350,31	36,96	63,03	
	No. 40	0,42					
	No. 50	0,30					
	No. 60	0,25					
	No. 80	0,177					
	No. 100	0,149		1352,52	37,02	62,98	
	No. 200	0,074		1354,34	37,07	62,62	
	Panci	-					

Berat total contoh : 3653 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor :
oyek : PROJECT II PAKAGE E. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : CA

Sumber contoh : GAYAM (6. KIDUL)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19		356,51	9,658	90,36	
1/2	12,7		1072,01	20,005	79,02	
3/8	9,51		1125,23	28,98	71,02	
1/4	6,35					
No. 4	4,76		1132,63	30,61	69,38	
No. 8	2,38		1233,62	33,35	66,65	
No. 10	2					
No. 12	1,70					
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		1382,71	37,38	62,62	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30					
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149		1464,21	39,17	99,82	
No. 200	0,074		1469,62	39,73	60,27	
Panci	-					

Berat total contoh : 3699 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IREM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor :
oyek : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT PROJECT II PAKAGE B. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : GAYAM (G. KIDUL)
Ditest oleh :
Tanggal :

Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,1					
1	25,4					
3/4	19					
1/2	12,7					
3/8	9,51					
1/4	6,35					
No. 4	4,76					
No. 8	2,38		108,44	10,84	89,16	
No. 10	2					
No. 12	1,70		253,56	25,36	74,67	
No. 16	1,19					
No. 20	0,841					
No. 30	0,60		302,46	30,25	89,76	
No. 40	0,42					
No. 50	0,30		302,45	30,24	69,75	
No. 60	0,25					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149		497,32	49,74	50,26	
No. 200	0,074		540,31	54,03	45,97	
Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE E. 03
koh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FA

Sumber contoh : AYAM (6. KIDUL)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76					
.	No. 8	2,38		99,33	9,94	90,07	
.	No. 10	2					
.	No. 12	1,70		200,02	20,00	79,99	
.	No. 16	1,19					
.	No. 20	0,841					
.	No. 30	0,60		279,4	27,94	72,06	
.	No. 40	0,42					
.	No. 50	0,30		334,1	33,41	66,59	
.	No. 60	0,25					
.	No. 80	0,177					
.	No. 100	0,149		449,7	49,97	59,63	
.	No. 200	0,074		543,5	54,35	45,65	
.	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :

D E P A R T E M E N P E K E R J A A N U M U M
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
B A L A I P E N G U J I A N D A N P E R A L A T A N
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

IRIM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE D. 03
xoh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FF (FILLER)

Sumber contoh : GAYAM (G. KIDUL)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
0.	No. 4	4,76					
1.	No. 8	2,38					
2.	No. 10	2					
3.	No. 12	1,70					
4.	No. 16	1,19					
5.	No. 20	0,841					
6.	No. 30	0,60					
7.	No. 40	0,42					
8.	No. 50	0,30		299,72	29,97	70,03	
.	No. 60	0,25					
.	No. 80	0,177		842,38	84,24	15,77	
.	No. 100	0,149		850,77	85,07	14,93	
.	No. 200	0,074		866,65	86,66	13,33	
3.	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram

Berat contoh melalui saringan No. 4 :

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
Jalan Arteri, Maguwoharjo, Depok, Sleman - Yogyakarta, Telp. (0274) 582622

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

REM OLEH : P.T. DELTA MARGA ADYATAMA
mor : HEAVY LOADEED ROAD IMPROVEMENT
oyek : PROJECT II PAKAGE E. 03
oh nomor : Yogyakarta - Prambanan.
am contoh : FF (FILLER)

Sumber contoh : GAYAM (G. KIDUL)
Ditest oleh : ( ).
Tanggal :

	Ukuran Saringan		Berat masing2 tertinggal	Berat Jumlah tertinggal	Jumlah tertinggal	Jumlah melalui	Keterangan
	INCHES	MM	GRAM	GRAM	%	%	
.	3	76,2					
.	2,5	63,5					
.	2	50,8					
.	1,5	38,1					
.	1	25,4					
.	3/4	19					
.	1/2	12,7					
.	3/8	9,51					
.	1/4	6,35					
.	No. 4	4,76					
.	No. 8	2,38					
.	No. 10	2					
.	No. 12	1,70					
.	No. 16	1,19					
.	No. 20	0,841					
.	No. 30	0,60					
.	No. 40	0,42					
.	No. 50	0,30		341,62	34,16	65,38	
.	No. 60	0,25					
.	No. 80	0,177		837,97	83,79	16,21	
.	No. 100	0,149		840,03	84,03	15,99	
.	No. 200	0,074		865,75	86,57	13,42	
.	Panci	-					

Berat total contoh : 1000 gram
Berat contoh melalui saringan No. 4 :