

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN HIBAH BERSAING



**PEMANFAATAN BATU PIROPILIT ASAL MALANG SELATAN SEBAGAI
BAHAN PERKERASAN JALAN HRS (*HOT ROLLED SHEET*)**

Hendi Bowoputro, ST, MT. NIP. 19750910 200012 1 002
Ir. Muhammad Zainul Arifin, MT. NIP. 19560813 198601 1 001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
NOVEMBER 2009

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

I. Judul Penelitian : Pemanfaatan Batu Piropilit Asal malang Selatan Sebagai Bahan Perkerasan Jalan HRS (*Hot Rolled Sheet*)”

2. Ketua Peneliti:

- a. Nama Lengkap : **Hendi Bowoputro, ST,MT**
- b. Jenis Kalamini : **Laki-laki**
- c. NIP : **19750910 200012 1 002**
- d. Jabatan Fungsional : **Dosen Tetap FT UB**
- e. Jabatan Struktural : **Sekretaris Jurusan Teknik Sipil FT UB**
- f. Bidang Keahlian : **Transportasi**
- g. Fakultas/Jurusan : **Teknik/Teknik Sipil**
- h. Perguruan Tinggi : **Universitas Brawijaya**
- i. Tim Peneliti

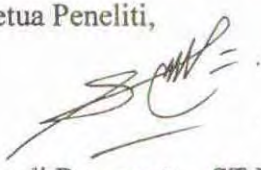
No	Nama	Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1	Hendi Bowoputro, ST,MT	Transportasi	Teknik/Teknik Sipil	Universitas Brawijaya
2	Ir. M.Zainul Arifi,MT	Transportasi	Teknik/Teknik Sipil	Universitas Brawijaya

3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian

- a. Jangka waktu penelitian : 1 (satu) tahun
- b. Biaya total yang disetujui : Rp 25.000.000,-


Prof. H. Harnon Sulistio, M.Sc, Ph.D
NIP. 19570527 198403 1 002


Malang, November 2009
Ketua Peneliti,


Hendi Bowoputro, ST,MT
NIP. 19750910 200012 1 002

Mengetahui,

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian

Kepada Masyarakat

Universitas Brawijaya,

Prof. Dr. Siti Chuzaemi, MS
NIP. 19520514 198002 2 001

RINGKASAN

Piopilit merupakan batuan jenis metamorf yang memiliki sifat dapat teraktifasi oleh pengaruh asam dan panas. Untuk mengetahui kinerja piopilit secara optimum, maka piopilit yang nantinya digunakan sebagai agregat dalam campuran HRS diproporsikan dengan batu pecah. Hal ini dilakukan karena secara fisik piopilit memiliki tingkat kekerasan yang rendah dan tingkat penyerapan air yang cukup tinggi.

Kegiatan penelitian yang sudah dicapai sesuai dengan target terjadual yaitu mulai dari persiapan preparasi alat di laboratorium dan pengambilan bahan material penelitian dengan mengambil bahan utama batu piopilit dari desa Agrotirto Kecamatan Subermanjing, kabupaten Malang. Kemudian diadakan pengujian karakteristik fisik agregat batu piopilit antara lain: berat jenis = 2.591, keausan = 40.58%, indeks kepipihan = 16.512%, indeks kelonjongan = 3.686%, ketahanan terhadap tumbukan (*Impact*) = 35.854%. Pembuatan campuran sesuai dengan rancangan penelitian, yaitu dengan tiga variabel agregat kasar, agregat halus, dan kadar aspal. Agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan proporsi batu piopilit dan batu pecah dengan lima variasi proporsi 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, dan 100/0 serta lima variasi kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9%. Masing-masing perlakuan dengan tiga kali perulangan. Sehingga jumlah benda uji sebesar 375 buah.

Setelah itu dilakukan pengujian dengan menggunakan *Marshall Standart* dan diperoleh kadar aspal optimum 8.2% dengan proporsi agregat kasar 50/50 dan agregat halus 50/50. Dengan nilai karakteristik sebagai berikut:

Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8.2 %	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	1.588 %	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	18.463 %	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	800.752 kg	Memenuhi
<i>Flow</i>	> 2mm	3.296 mm	Memenuhi
<i>MO</i>	> 200 kg/mm	264.129 kg/mm	Memenuhi

Kemudian dilanjutkan dengan penelitian mengenai nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dari campuran dengan komposisi optimum akibat pengaruh asam dengan berbagai variasi waktu perendaman, yaitu 0 hari, 1 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari, dengan benda uji sebanyak 36 buah, dimana pengujian dilakukan dengan *Marshall Standart* dan *Marshall Immersion*.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan YME atas selesainya laporan kemajuan dari penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Batu Piropilit Asal Malang Selatan Sebagai Bahan Perkerasan Jalan HRS (*Hot Rolled Sheet*)”, laporan ini berisi kegiatan penelitian yang sudah dicapai sesuai dengan target terjadual yaitu mulai dari persiapan preparasi alat di laboratorium dan pengambilan bahan material penelitian dengan mengambil bahan utama batu kapur piropilit dari desa Agrotirto Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Setelah material ada di laboratorium, diadakan pembuatan campuran sesuai dengan rancangan penelitian. Selama penyusunan laporan ini, benda uji telah selesai dibuat sebanyak 375 buah dan telah di uji karakteristiknya, sudah didapatkan kadar aspal optimum yaitu sebesar 8.2% dengan proporsi campuran agregat kasar 50/150 dan agregat halus 50/50. Setelah itu akan dilakukan perendaman benda uji dengan larutan asam.

Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih atas kesempatan yang diberikan untuk dapat didanai dari sumber dana : Direktorat Jendral Pendidikan T i , Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DP2M DIKTI). Begitu juga kepada : Kepala LPPM UB, Dekan FT UB atas kemudahan dan fasilitas yang sudah diberikan kepada semua pihak yang membantu dalam kegiatan ini.

Malang, November 2009

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN	
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Keutamaan Penelitian	1
1.2 Output Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i>	3
2.2 Agregat	3
2.3 Piropilit	6
2.4 Campuran Asam	7
2.5 Ringkasan Penelitian Terdahulu	8
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	9
3.1 Tujuan Penelitian	9
3.2 Manfaat Penelitian	9
BAB IV METODE PENELITIAN	10
4.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian	10
4.2 Variabel Penelitian	10
4.3 Identifikasi Benda Uji	11
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	16
5.1 Penyajian Data	16
5.2 Perencanaan dan Pembuatan Benda Uji	18
5.3 Pengujian Benda Uji	18
5.4 Analisis Data Uji <i>Marshall Standard</i>	34
5.5 Penentuan Campuran HRS Optimum	35

5.6 Contoh perhitungan Konsentrasi Campuran Asam dan Waktu Reaksi (Waktu Perendaman)	69
5.7 Pengujian Marshall pada Kondisi Optimum	72
5.8 Pengujian Kenormalan dan Varian Data Marshall Pada Kondisi Optimum	73
5.9 Perbandingan Marshall terhadap Lama Perendaman Asam	74
5.10 Pengaruh Asam terhadap Stabilitas dan Durabilitas Campuran HRS	74
5.11 Perbandingan Marshall terhadap Lama Perendaman Asam Terhadap IKS	74
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.1	Spesifikasi Campuran HRS	4
2.2	Penyelidikan Sifat-sifat dari Minral dan Standart yang digunakan untuk Agregat Kasar	5
2.3	Penyelidikan Sifat-sifat dari Mineral dan Standart yang digunakan untuk Agregat Halus	5
2.4	Komposisi Kimiawi Piropilit Alam Sumbermanjing Malang	7
4.1	Rancangan Percobaan	12
4.2	Jumlah Benda Uji dengan Perlakuan dan Waktu Perendaman	13
5.1	Hasil Pengujian Agregat Kasar	16
5.2	Hasil Pengujian Agregat Halus	17
5.3	Hasil Pengujian Agregat Filler	17
5.4	Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70	17
5.5	Nilai VIM Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (1%-4%)	18
5.6	Nilai VMA Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (> 18%)	22
5.7	Nilai Stabilitas Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (> 800 kg)	25
5.8	Nilai Flow Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (>2 mm)	28
5.9	Nilai MQ Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (>200 kg/mm)	31
5.10	Hasil Uji Kenormalan	34
5.11	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 0/100 dan agregat halus 25/75	37
5.12	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 0/100 dan agregat halus 100/0	41
5.13	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 01100	43

5.14	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 25/75	45
5.15	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 50/50	46
5.16	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 75/25	48
5.17	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 50/50 dan agregat halus 50/50	53
5.18	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 100/0 dan agregat halus 50/50	64
5.19	Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 100/0 dan agregat halus 0/100	67
5.20	Tabel proporsi yang memenuhi persyaratan Bina Marga	68
5.21	Kadar Aspal Optimum Pada Setiap Variasi Proporsi Agregat	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Keutamaan Penelitian

Perkembangan dari suatu daerah akan berdampak pada meningkatnya tingkat pemenuhan kebutuhan di segala bidang. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan lalu lintas baik dari sisi jumlah maupun daya angkut barang yang semakin meningkat dan berdampak pada tingkat kerusakan jalan yang semakin tinggi serta umur pelayanan konstruksi jalan yang semakin pendek. Seperti diketahui, selain repetisi beban, kerusakan pada perkerasan jalan juga disebabkan karena pengaruh alam, yaitu air hujan (mengandung asam) dan panas. Salah satu cara untuk meningkatkan tingkat pelayanan jalan adalah dengan menggunakan konstruksi lapisan perkerasan jalan yang berkualitas baik. Sedangkan dari sisi ekonomi dituntut untuk dapat merencanakan jalan dengan biaya yang murah tetapi didapatkan kualitas konstruksi yang baik dan umur rencana konstruksi jalan yang selama mungkin.

Penggunaan bahan lokal yang lebih terjangkau namun tetap memenuhi persyaratan teknis merupakan salah satu alternatif yang dapat dilaksanakan. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan piropilit yang jumlahnya relatif besar di beberapa daerah. Piropilit di Desa Argotirto, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang diperkirakan jumlah cadangannya sekitar jutaan ton dengan luas sebaran sekitar 20 Ha (Anonim, 2005). Sedangkan di daerah Trenggalek diperkirakan luas sebarannya sekitar 12,5 Ha dengan jumlah cadangan sekitar 290.000 m³ (Anonim, 19%) dan di Kabupaten Pacitan luas sebarannya yang siap dieksplorasi sekitar 37 Ha (Anonim, 2005). Selama ini, piropilit digunakan sebagai bahan campuran pada industri keramik dan termasuk bahan tambang golongan C yang memiliki nilai pemanfaatan dan nilai jual yang rendah. Padahal jika ditinjau dari sifat kimiawinya, piropilit merupakan batuan jenis *metamorf* yang memiliki sifat dapat teraktifasi dengan asam dan panas, dimana seperti diketahui panas dan asam (air hujan) merupakan kelemahan dari lapis perkerasan lentur, khususnya di Indonesia yang merupakan negara tropis dengan tingkat polusi yang cukup tinggi.

Untuk mengetahui kinerja piropilit secara optimum sebagai bahan perkerasan, piropilit diproporsikan dengan batu pecah yang kemudian digunakan sebagai agregat

kasar dan halus pada lapis perkerasan lentur yang banyak digunakan di Indonesia, yaitu campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS), yang merupakan bentuk lapis permukaan yang bersifat non struktural yang berfungsi sebagai lapisan aus dan lapis kedap air, dan lapisan ini langsung berhubungan dengan hujan yang bersifat asam tersebut. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan piropilit sebagai agregat, terhadap karakteristik campuran HRS tersebut diperlukan penelitian lebih lanjut khususnya mengenai parameter uji Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Parameter uji Marshall meliputi rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam mineral agregat (VMA), stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient* (MQ). Penggunaan larutan asam diasumsikan sebagai air hujan yang dapat merusak lapisan perkerasan jalau. Diharapkan dengan penggunaan proporsi piropilit dan batu pecah sebagai agregat kasar dan agregat halus pada campuran HRS dapat meningkatkan stabilitas dan durabilitas pada campuran HRS sehingga nantinya piropilit dapat digunakan dalam proyek *overlay* jalan di daerah Malang dan sekitarnya yang pada akhirnya dapat menghemat biaya yang dibutuhkan.

12 Output Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja piropilit yang digunakan sebagai proporsi dalam agregat pada campuran HRS. Dari hasil penelitian ini, nantinya akan diketahui :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan variasi proporsi piropilit dan batu pecah sebagai agregat kasar dan agregat halus serta variasi kadar aspal pada campuran HRS terhadap parameter uji Marshall?
2. Berapakah nilai kadar aspal optimum, proporsi piropilit dan batu pecah pada agregat kasar dan agregat halus optimum yang dihasilkan dalam campuran HRS tersebut?
3. Berapa nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada kondisi nilai kadar aspal optimum, proporsi batu piropilit dan batu pecah sebagai agregat kasar dan agregat halus optimum yang dihasilkan dalam campuran HRS tersebut?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan piropilit yang direndam dengan larutan asam terhadap parameter uji Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran HRS?

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Hot Rolled Sheet (HRS)*

Hot Rolled Sheet (HRS) adalah suatu campuran dari agregat bergradasi timpang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas, serta mempunyai tekstur cukup padat, rapat dan halus. Jenis lapisan permukaan tersebut walaupun bersifat nonstruktural, dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Menurut *British Standard*, campuran HRS adalah jenis yang paling kuat dan tahan lama sebagai lapisan aus.

Campuran HRS lebih banyak mengandung material halus, sehingga memerlukan kadar aspal yang lebih banyak dibandingkan campuran aspal lain. Sesuai fungsinya HRS terdiri dari 2 jenis, yaitu :

1. *Hot Rolled Sheer (HRS)* sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse)*. Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
2. *Hot Rolled Sheet (HRS)* sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Bare)*. Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3.5 cm.

2.2 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan prosentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Pemilihan agregat yang akan digunakan harus memperhatikan ketersediaan bahan di lokasi, jenis konstruksi, gradasi, ukuran maksimum, kebersihan, daya tahan, bentuk, tekstur, daya lekat agregat terhadap aspal dan berat jenisnya.

Tabel 2.1 Spesifikasi Campuran HRS

Sifat-sifat Campuran			HRS	
			Lapis Aus	Lapis Pondasi
Penyerapan Aspal, % berat campuran	Maks	1.7		
Kadar Aspal Total, % berat campuran	Maks	Sesuai dengan persyaratan		
Jumlah Tumbukan Marshall 2 x tiap permukaan			75	
Rongga diantara mineral agregat (VMA), %	Min	18		
Rongga Terisi Aspal (VFB), %	4	> 1.000.000 SST	Min	65
		> 500.000 SST	Min	68
		< 1.000.000 SST		
		< 500.000 SST	Min	75
Stabilitas Marshall, kg	Min	800		
Kelelehan (Flow), mm	Min	2		
	Maks	4		
Hasil Bagi Marshall, kg/mm	Min	200		
Stabilitas Sisa, perendaman 24 jam pada suhu 60 C, %	Min	75		
Rongga dalam Campuran (VIM), %	Min	1		
	Maks	4		

Catatan : SST adalah Setara Sumbu Tunggal

Sumber : Spesifikasi Teknis Campuran Beraspal Panas Seksi 6.3, Departemen Pekerjaan Umum 1998

2.2.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang lolos saringan 1,5" (37,5 mm) dan tertahan di atas saringan No.8 (2,36 mm). Agregat kasar harus memiliki sifat yang disyaratkan dalam spesifikasi dan harus bersih, kuat, awet, bebas dari lempung dan bahan lain yang tidak dikehendaki.

Fungsi agregat kasar adalah untuk membuat campuran lebih kuat dan ekonomis. Agregat kasar harus memiliki ketahanan terhadap keausan, terutama apabila digunakan pada campuran untuk lapis permukaan. Ketahanan terhadap keausan dapat diketahui dari hasil pengujian dengan mesin *Los Angeles*.

Tabel 2.2 Penyelidikan Sifat-sifat dari Material dan Standar yang Digunakan untuk Agregat Kasar

No	Pengujian	Standar	Unit	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	Berat jenis <i>Bulk</i>	SNI 09-1989-F	-	2,5	-
2	Berat jenis <i>SSD</i>	SNI 09-1989-F	-	-	-
3	Berat jenis <i>Apparent</i>	SNI 09-1989-F	-	-	-
4	Penyerapan air	SNI 09-1989-F	%	-	3
5	Kelekatan aspal terhadap agregat	SNI 03-2439-1991	%	95	-
6	Pengujian <i>Los Angeles</i>	SNI 03-2417-1992	%	-	40
7	Indeks kepipihan	BS - 812	%	-	25
8	Indeks kelonjongan	BS - 812	%	-	40

Sumber : SNI (1989), SNI (1991), BS (1975)

2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah mineral yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan di atas saringan No.200 (0,075 mm). Agregat halus dapat berupa pasir alam, misalnya dari sungai atau bahan galian, debu vulkanik atau pecahan batu kecil yang dihasilkan dari produksi mesin pemecah batu. Agregat halus digunakan untuk mengisi rongga diantara agregat kasar didalam campuran. Fungsi dari agregat halus adalah untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi terjadinya deformasi permanen dengan cara saling mengunci (*interlocking*) dan saling bersinggungan diantara fraksi agregat halus. Agregat halus mempunyai pengaruh dalam kinerja campuran beraspal terutama pendistribusian tegangan akibat beban yang diterima perkerasan. Agregat halus harus mempunyai kekerasan yang tinggi, tidak mudah pecah (*crushed*), hancur (*disintegration*) maupun mengalami penurunan mutu (*degradation*).

Tabel 2.3 Penyelidikan Sifat-sifat dari Material dan Standar yang Digunakan untuk Agregat Halus.

No	Pengujian	Standar Pengujian	Unit	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	Berat jenis <i>Bulk</i>	SNI 10-1989-F	%	-	3
2	Berat jenis <i>SSD</i>	SNI 10-1989-F	-	2,5	-
3	Berat jenis <i>Apparent</i>	SNI 10-1989-F	-	-	-
4	Penyerapan air	SNI 10-1989-F	-	-	-

Sumber : Standar Nasional Indonesia (1989)

2.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler adalah suatu material halus yang minimal 75% lolos saringan No.200 (0,075 mm). *Filler* terdiri dari unsur nonplastis yang memenuhi persyaratan, umumnya berupa semen, abu batu, kapur atau mineral organik lainnya. Syarat bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan harus dilakukan pengujian dengan saringan basah, untuk mendapatkan minimal 75% berat partikel yang lolos saringan No.200 (0.075 mm). Fungsi *filler* dalam campuran beraspal adalah untuk memodifikasi gradasi agregat halus sehingga kepadatan campuran meningkat dan jumlah aspal yang dibutuhkan untuk mengisi rongga berkurang.

2.3 Piropilit (*Pyrophyllite*)

Piropilit mempunyai rumus kimia $Al_2Si_4O_{10}$ (*Aluminium Silicate Hydroxide*), termasuk dalam kelas silikat, *subklas phyllosilicates* dengan struktur berbentuk lembaran berlapis. Ikatan yang terjadi akibat dari struktur tersebut tidak terlalu kuat (ikatan *Van der Waals*), sehingga menyebabkan piropilit mempunyai kekerasan antara 1-1,5 (Bearat *et al*, 2002, Keren, *et al*, 1994).

Piropilit termasuk jenis batuan *metamorf*. Sifat fisika piropilit diantaranya adalah berbentuk padatan kristalin mineral mesopori; berwarna putih, keabu-abuan, kehijauan, kemerahan; mempunyai massa jenis 2,65-2,85 gr/cm^3 ; berserat putih; mempunyai belahan sempurna; kekerasan 1-1,5. Dari hasil penelitian Tama dan Katharina, 2007 dapat diketahui bahwa bahan piropilit memiliki keausan kurang dari 40% (memenuhi standart SNI 03-2417-1991) dan kelekatan aspal terhadap agregat lebih dari 95% (memenuhi standart SNI 03-2439-1991) sehingga cocok digunakan sebagai agregat pada campuran perkerasan.

Piropilit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Argotirto, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Piropilit alam Sumbermanjing terdiri dari 73,7% piropilit, 25,5% kuarsa, dan 0,6% rutil. Komposisi kimiawi piropilit dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komposisi Kimiawi Piropilit Alam Sumbermanjing

No	Komposisi	Jumlah (%)
1	SiO ₂	84,3
2	Al ₂ O ₃	18
3	MgO	1,26
4	CaO	0,68
5	K ₂ O	0,25
6	Na ₂ O	0,64
7	Fe ₂ O ₃	1,56

Sumber : Penelitian Mutrofin, dkk. 2005

Untuk meningkatkan kemampuan dan kualitas piropilit alam Sumbermanjing sebagai adsorben anion, maka piropilit tersebut harus dibuat mempunyai situs positif yang lebih banyak (asam *Lewis*), yang bisa dilakukan dengan perendaman dalam larutan asam dan dengan cara pemanasan/kalsinasi (Handoko, 2003). Situs hidroksil(OH) pada permukaan piropilit baik yang terkait pada Al(III) maupun pada Si (IV) pada pH rendah akan berubah menjadi situs asam *Lewis*. Pengaktifan dengan asam dimaksudkan untuk meningkatkan situs positif piropilit, sehingga mampu untuk mengadsorpsi anion-anion dengan lebih baik. Sementara itu, perlakuan dengan pemanasan (kalsinasi) dimaksudkan untuk mengeluarkan molekul-molekul air yang ada di dalamnya (Keren, *et al*, 1994)

2.4 Campuran Asam

Pada musim hujan senyawa polutan akan larut dalam air hujan. Hal ini dikarenakan air memiliki sifat dapat melarutkan zat. Senyawa polutan So_x, No_x, dan CO_x yang larut dalam air akan menyebabkan pH air hujan < 7. Air dengan angka pH < 7 menunjukkan bahwa air tersebut bersifat asam. Air yang bereaksi dengan polutan NO, NO₂, SO₂, dan CO membentuk larutan asam nitrit, larutan asam nitrat, larutan asam sulfit, larutan asam sulfat, dan larutan asam karbonat. Reaksi antara air hujan dengan senyawa-senyawa polutan membentuk suatu campuran asam. Dalam penelitian ini digunakan campuran yang diambil dari penelitian Astuti dan Utami (2004).

25 Ringkasan Penelitian Terdahulu

Dari penelitian terdahulu yang berjudul "Pengaruh Konsentrasi Campuran Asam Terhadap Nilai Stabilitas dan Fleksibilitas *Hot Rolled Sheet* (HRS)", (Astuti, 2004) didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi campuran asam menyebabkan nilai stabilitas dan fleksibilitas campuran HRS semakin turun, dengan demikian nilai stabilitas dan fleksibilitas menurun sebanding dengan lamanya perlakuan dalam campuran asam. Kemudian dari penelitian mengenai "Pengaruh Campuran Asam Terhadap Durabilitas *Hot Rolled Sheet* (HRS)", (Utami, 2004) menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi campuran asam dan lama waktu perlakuan menyebabkan nilai durabilitas campuran HRS semakin turun.

Sedangkan dari penelitian "Pengaruh Air Hujan di Surabaya Terhadap Stabilitas dan Durabilitas Campuran HRS (*Hot Rolled Sheet*) yang Menggunakan Piropilit sebagai Filler", (Tama dan Katharina, 2007) menunjukkan bahwa penambahan campuran asam pada campuran HRS menyebabkan nilai stabilitas dan durabilitas campuran HRS semakin baik.

Penelitian yang dilakukan saat ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan proporsi piropilit dan batu pecah sebagai agregat kasar dan agregat halus terhadap nilai parameter uji Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran HRS (*Hot Rolled Sheet*), dengan perlakuan perendaman campuran larutan air asam (air hujan Surabaya) dan variasi perendaman selama 0, 1, 7, 14, 21, dan 28 hari. Pada penelitian ini mengambil acuan dari penelitian Fenat (1993) yang meneliti karakteristik batu kapur dan untuk mengetahui daya kerja batu kapur sebagai agregat kasar dalam campuran beraspal, dimana hasil penelitian menunjukkan batu kapur cukup layak untuk digunakan sebagai agregat pada campuran aspal beton. Sedangkan campuran larutan asam yang digunakan diambil dari penelitian yang dilakukan Astuti dan Utami (2004). Patokan ini diambil karena penelitian yang dilakukan Astuti dan Utami mengambil daerah yang memiliki kondisi polutan cukup tinggi yaitu Surabaya. Kondisi di Surabaya ini dianggap sebagai kondisi ekstrim yang ada di wilayah Jawa Timur. Dari hasil penelitian Tama dan Katharina (2007) diperoleh hipotesa awal, bahwa penggunaan piropilit dalam campuran HRS dapat meningkatkan stabilitas dan durabilitas.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan variasi proporsi piropilit dan batu pecah sebagai agregat kasar dan agregat halus serta variasi kadar aspal pada campuran HRS terhadap parameter uji Marshall.
2. Mengetahui nilai kadar aspal optimum, proporsi piropilit dan batu pecah pada agregat kasar dan agregat halus optimum yang dihasilkan dalam campuran HRS tersebut.
3. Mengetahui nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada kondisi nilai kadar aspal optimum, proporsi batu piropilit dan batu pecah sebagai agregat kasar dan agregat halus optimum yang dihasilkan dalam campuran HRS tersebut.
4. Mengetahui pengaruh penggunaan piropilit yang direndam dengan larutan asam terhadap parameter uji Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran HRS.

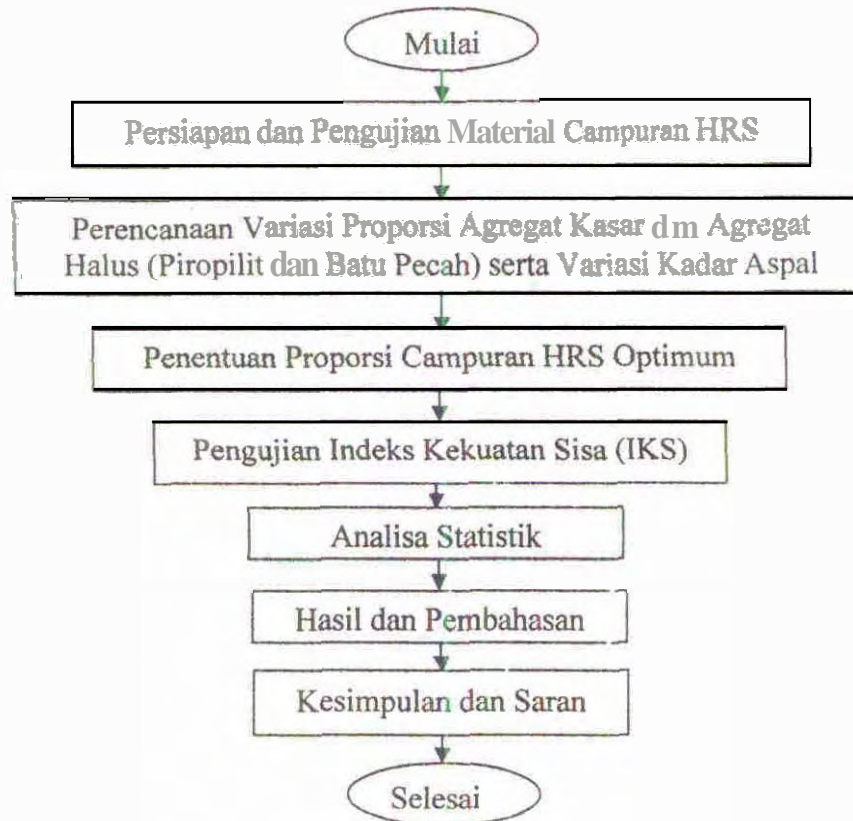
3.3. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan terpetik beberapa manfaat, sebagai berikut:

1. Memberikan informasi bagi khalayak dan pemerintah daerah setempat tentang batu kapur piropilit khususnya asal Desa Argotirto Kecamatan Sumbermanjing Kabupaten Malang, secara teknis, khususnya bisa tidaknya material tersebut dipergunakan untuk bahan perkerasan jalan HRS.
2. Memberikan informasi lanjutan bagi pihak yang terkait khususnya yang berminat untuk meneliti lanjutan tentang material yang sama.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian



Gambar 4.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian

Dari literatur, dapat dibuat hipotesa awal bahwa penggunaan piropilit dalam campuran HRS dapat memberikan pengaruh positif pada parameter uji Marshall dan IKS perkerasan HRS. Dari literatur pula, disebutkan bahwa piropilit akan teraktifasi bila bereaksi dengan asam. Penelitian tahap pertama bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran HRS optimum dengan perendaman dalam larutan asam terhadap IKS.

4.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini, variabel terukur yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut :

a. Variabel bebas :

1. Kadar aspal (5%, 6%, 7%, 8%, dan 9%)
2. Proporsi agregat kasar piropilit dan batu pecah (0/100, 25/75, 50/50, 75/25, dan 100/0)

3. Proporsi agregat halus piropilit dan batu pecah (0/100, 25/75, 50/50, 75/25, dan 100/0)

b. Variabel tidak bebas :

1. Nilai parameter uji Marshall yang terdiri dari VIM, VMA, Stabilitas, *Flow* dan MQ
2. Nilai komposisi campuran HRS optimum
3. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

4.3 Identifikasi Benda Uji

4.3.1 Penelitian Penentuan Komposisi HRS Optimum

Sebelum digunakan sebagai bahan penelitian, masing-masing material yaitu piropilit, batu pecah serta kadar aspal disiapkan jumlahnya sesuai dengan rancangan percobaan yang telah dibuat kemudian diuji terlebih dahulu karakteristiknya dengan menggunakan acuan Spesifikasi Bina Marga. Dalam penelitian ini, digunakan beberapa proporsi piropilit dan batu pecah sebagai agregat kasar dan agregat halus sebagai proporsi awal, yang nantinya digunakan dalam menentukan proporsi optimum. Proporsi piropilit dan batu pecah rencana penelitian ini adalah 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, dan 100/0. Sedangkan untuk kadar aspal digunakan variasi 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9%.

Dengan menggunakan metode *Latin Square*, dibuat rancangan percobaan dengan 25 variasi proporsi agregat kasar, agregat halus dan kadar aspal. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dan pengujian *Marshall Standard*. Dalam menentukan komposisi optimum, digunakan parameter uji Marshall (VIM, VMA, Stabilitas, *Flow* dan MQ) sebagai acuan. Gambaran *Latin Square* 5 x 5, dengan variasi proporsi piropilit dan batu pecah untuk agregat kasar dan agregat halus, serta kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.1 .

Tabel 4.1 Gambaran Rancangan Percobaan *Latin Square 5 x 5*

		Proporsi Agregat halus (Piropilit/Batu Pecah)				
		0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
Proporsi Agregat Kasar (Piropilit/Batu Pecah)	0/100	x	x	x	x	x
	25/75	x	x	x	x	x
	50/50	x	x	x	x	x
	75/25	x	x	x	x	x
	100/0	x	x	x	x	x

x : Kadar Aspal (5%, 6%, 7%, 8%, dan 9%)

Sumber : Hasil Perhitungan

Banyaknya benda uji yang dibuat dapat ditentukan dengan rumus pendekatan berikut (Suharto) :

$$(r - 1) \cdot (t - 1) \approx 15$$

Dimana: r = Replikasi atau perulangan

t = Treatment atau perlakuan

$$(r - 1) \cdot (t - 1) \approx 15$$

$$(r - 1) \cdot (25 - 1) = 15$$

$$25r - 1r - 25 + 1 = 15$$

$$24r - 24 = 15$$

$$r = \frac{15 + 24}{24} = 1,625 \approx 2 \text{ buah}$$

Dari perhitungan didapatkan jumlah perulangan sebanyak 2 buah namun untuk mengantisipasi berbagai hal maka dibuat perulangan dengan 3 buah benda uji yang nantinya akan diuji dengan *Marshall Standard*. Data yang diperoleh dari percobaan ini antara lain adalah nilai VIM, VMA, stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ).

4.3.2 Penelitian Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Setelah diperoleh komposisi optimum, dilanjutkan pada pengujian Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Material yang digunakan dalam penelitian ini sama dengan penelitian sebelumnya. Sedangkan larutan asam yang digunakan memiliki konsentrasi sebagai berikut:

$$\text{HNO}_3 = 4,256 \times 10^{-4} \text{ Molar}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 1,108 \times 10^{-4} \text{ Molar}$$

$$\text{H}_2\text{CO}_3 = 1,522 \times 10^{-2} \text{ Molar}$$

$$\text{TOTAL} = 1,192 \times 10^{-2} \text{ Molar}$$

(Sumber: Astuti dan Utami, 2004)

Masing-masing benda uji mendapat perlakuan perendaman dalam larutan asam selama 55 detik, dimana perendaman ini dilakukan satu kali dalam satu hari dengan variasi perulangan 1, 7, 14, 21, dan 28 kali sehingga pengujian Marshall dilakukan pada hari ke 1, 7, 14, 21, dan 28 (Penelitian Astuti dan Utami, 2004)

Pengujian *Marshall Standard* dan *Marshall Immersion* dilakukan untuk mengetahui pengaruh asam terhadap campuran HRS yang menggunakan batu kapur dan batu pecah. Jumlah perlakuan dalam penelitian ini adalah 12, sehingga:

$$(r-1) \cdot (t-1) \approx 15$$

$$(r-1) \cdot (12-1) = 15$$

$$12r - 1r - 12 + 1 = 15$$

$$11r - 11 = 15$$

$$r = \frac{15+11}{11} = 2,36 \approx 3 \text{ buah}$$

Dari perhitungan tersebut dapat digunakan minimal 3 benda uji untuk masing-masing perlakuan. Campuran HRS optimum yang diperoleh dari hasil penelitian pada tahap pertama digunakan untuk menguji IKS. Pengujian ini dilakukan pada kondisi standar (pengujian setelah 30 menit perendaman pada suhu 60°C) dan kondisi nonstandar (pengujian setelah 24 jam perendaman pada suhu 60°C). Masing-masing pengujian terdiri dari 6 perlakuan dengan 3 kali perulangan, sehingga menghasilkan 35 benda uji. Jumlah benda uji dari masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji dengan Jenis Perlakuan dan Waktu Perendaman

Jenis Perlakuan		Direndam pada suhu 60° C	
		30 menit	1440 menit (24 jam)
Tanpa perendaman larutan asam		3 bu	3 bu
Dengan perulangan perendaman larutan asam	1 kali	3 bu	3 bu
	7 kali	3 bu	3 bu
	14 kali	3 bu	3 bu
	21 kali	3 bu	3 bu
	28 kali	3 bu	3 bu
Jumlah		36 bu	

Keterangan: bu = benda uji

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Kemajuan Penelitian Hibah Bersaing :

Pemanfaatan Batu PIROPILIT Asal Malang Selatan Sebagai Bahan Perkerasan Jalan HRS (HOT

ROLLED SHEET)

4.3.3 Analisa Statistik

Setelah data-data tersebut diperoleh, maka dilanjutkan dengan analisa secara statistik yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh campuran aspal yang menggunakan proporsi piropilit/batu pecah sebagai agregat halus dan agregat kasar serta kadar aspal optimum dengan campuran asam terhadap parameter uji Marshall. Adapun proses analisisnya adalah sebagai berikut :

4.3.3.1 Uji Kenormalan

Uji kenormalan dilakukan dengan maksud dan tujuan yang sama dengan pembahasan sebelumnya. Jika P_{hitung} lebih besar dari 5%, maka dapat dikatakan bahwa H_0 diterima (populasi terdistribusi normal), begitu pula sebaliknya.

4.3.3.2 Analisis Regresi dan Korelasi

Hubungan antara kadar aspal, proporsi agregat kasar dan halus terhadap parameter uji Marshall dinyatakan dengan persamaan regresi. Sedangkan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan diantara ketiga variabel tersebut dianalisa dengan analisa korelasi. Bentuk persamaan regresi yang dipilih adalah persamaan polinomial berganda, karena nilai-nilai parameter uji Marshall yang dicari berupa k w a lengkung dan variabel-variabel penyusunnya terdiri dari satu variabel terikat dan lebih dari satu variabel bebas. Proses perhitungannya menggunakan bantuan program SPSS.

Dengan memasukan variabel-variabel yang diperlukan, akan didapatkan suatu model persamaan regresi. Untuk menguji apakah persamaan regresi ini dapat dipergunakan atau tidak, maka akan di uji dengan uji F. Sedangkan koefisien determinasi (R^2) dipakai untuk mengetahui seberapa besar persentase dukungan variabel bebas (kadar aspal, proporsi agregat kasar, proporsi agregat halus) terhadap variabel terikat (parameter uji Marshall).

4.3.3.3 Uji Varian Due Arah

Dalam penelitian ini ada dua perlakuan yang ingin diketahui pengaruhnya terhadap parameter uji Marshall, yaitu perlakuan dengan direndam asam dan tanpa direndam asam yang nantinya digunakan sebagai kontrol, dengan variasi perulangan perendaman (1, 7, 14, 21, dan 28 kali). Karena pengujian dilakukan dengan 2 metode, yaitu Marshall Standard dan Marshall Immerston maka data dibuat menjadi 2 kelompok. Uji hipotesa yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisa variansi (ANOVA). Analisa variansi pada penelitian ini menggunakan analisa variansi dua arah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan parameter Marshall pada

kondisi tanpa terendam larutan asam (sebagai kontrol) dengan kondisi setelah terendam larutan asam, pengaruh variasi lama perendaman serta ada tidaknya perbedaan antara *Marshall Standard* dan *Marshall Immersion*.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian yang berjudul "Pemanfaatan Batu Kapur (Piropilit) Asal Malang Selatan sebagai Bahan Perkerasan Jalan HRS (*Hot Rolled Sheet*)" ini telah mencapai a 70% dari seluruh kegiatan, yang meliputi :

5.1 Penyajian Data

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 jenis bahan, yaitu batu piropilit dan batu pecah, dimana masing-masing diproporsikan dalam agregat kasar dan halus, sedangkan *filler* yang digunakan adalah batu pecah. Batu piropilit yang digunakan berasal dari Desa Argotirto, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang, sedangkan batu pecah berasal dari Purwosari-Pasuruan.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Spesifikasi Bina Marga		Keterangan
				Min	Maks	
PIROPILIT						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2.512	2.5	-	Memenuhi
2	Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2.591	2.5	-	Memenuhi
3	Berat Jenis Efektif	-		-	-	-
4	Penyerapan Air	%	1.204	-	3	Memenuhi
5	Kelekatan Aspal	%		95	-	-
6	Abrasi <i>Los Angeles</i>	%	40.58	-	40	Tidak Memenuhi
7	Indeks Kepipihan	%	16.512	-	25	Memenuhi
8	Indeks Kelonjongan	%	3.686	-	40	Memenuhi
9	Ketahanan terhadap Tumbukan	%	35.854		30	Tidak Memenuhi
BATU PECAH						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2.623*	2.5	-	Memenuhi
2	Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2.814*	-	-	-
3	Berat Jenis Efektif	-	2.719*	-	-	-
4	Penyerapan Air	%	2.586*	-	3	Memenuhi
5	Kelekatan Aspal	%	98*	95	-	Memenuhi
6	Abrasi <i>Los Angeles</i>	%	33,978*	-	40	Memenuhi
7	Indeks Kepipihan	%	24,742*	-	25	Memenuhi
8	Indeks Kelonjongan	%	5,985*	-	40	Memenuhi
9	Ketahanan terhadap Tumbukan	%	12,416*	-	30	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian

• Winda dan Santi (2008)

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Spesifikasi Bina Marga		Keterangan
				Min	Maks	
PIROPILIT						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2.542	2.5	-	Memenuhi
2	Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2.622	2.5	-	Memenuhi
3	Berat Jenis Efektif	-		-	-	-
4	Penyerapan Air	%	1.215	-	3	Memenuhi
BATU PECAH						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2.729*	2.5	-	Memenuhi
2	Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2.768*	2.5	-	Memenuhi
3	Berat Jenis Efektif	-	2.749*	-	-	-
4	Penyerapan Air	%	0.5*	-	3	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian

* Winda dan Santi (2008)

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Filler

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Spesifikasi Bina Marga		Keterangan
				Min	Maks	
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,688	-	-	-
2	Penyerapan Air	-	0,167	-	-	-

Sumber : Winda dan Santi (2008)

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal padat (*cement asphalt*) dengan penetrasi 60/70 yang diproduksi oleh Pertamina. Hasil pengujian karakteristik aspal tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Spesifikasi Bina Marga		Keterangan
				Min	Maks	
1	Penetrasi (25 ^o C, 5 detik)	0,1 mm	67.444	60	79	Memenuhi
2	Titik Lembek	^o C	48.25	48	58	Memenuhi
3	Titik Nyala	^o C	320	200	-	Memenuhi
4	Daktilitas	Cm	> 150	100	-	Memenuhi
5	Berat Jenis	-	1,016	1	-	Memenuhi

Sumber : Winda dan Santi (2008)

Hasil dari pengujian karakteristik aspal penetrasi 60/70 seperti tertera pada tabel 5.4 menunjukkan bahwa aspal yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi spesifikasi SKBI-2.4.26.1987 DPU untuk dipakai dalam campuran aspal panas.

5.2 Perencanaan dan Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini terdapat 375 benda uji yang diuji dengan *Marshall Standard*. Benda uji yang diteliti merupakan campuran HRS dengan variasi kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8% dan 9%; proporsi agregat kasar piropilit dan batu pecah (0/100, 25/75, 50/50, 75/25, dan 100/0), serta proporsi agregat halus piropilit dan batu pecah (0/100, 25/75, 50/50, 75/125, dan 100/0). Agregat telah dicampur menurut gradasi yang telah ditetapkan sejumlah benda uji.

5.3 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji menggunakan *Marshall Standard* yang ditujukan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), proporsi agregat kasar optimum serta proporsi agregat halus optimum pada campuran HRS. Dalam pengujian ini alat yang digunakan adalah *Marshall Testing Machine (MTM)*. Dari proving ring dapat langsung dilakukan pembacaan untuk stabilitas dan flow. Faktor kalibrasi alat untuk pembacaan nilai stabilitas adalah 22,997. Sedangkan nilai flow dapat langsung dibaca pada *proving ring* dengan mengalikan 0,01.

Selama penyusunan laporan ini 150 jumlah benda uji telah dibuat untuk siap diuji dengan menggunakan alat Marshall di laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Proporsi campuran HRS optimum dapat diperoleh setelah keseluruhan benda uji diuji dan dianalisa.

5.3.1 *Void In Mix*

Tabel 5.5 Nilai VIM Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (1%-4%).

Proporsi Campuran			VIM (%)	Keterangan
Agregat Kasar K/P	Agregat Halus K/P	Kadar Aspal		
0/100	0/100	5	14.122	Tidak Memenuhi
		6	12.557	Tidak Memenuhi
		7	9.165	Tidak Memenuhi
		8	6.333	Tidak Memenuhi
		9	5.741	Tidak Memenuhi
	25/75	5	9.955	Tidak Memenuhi
		6	7.526	Tidak Memenuhi
		7	4.091	Tidak Memenuhi
		8	2.201	Memenuhi
		9	0.818	Tidak Memenuhi

	50/50	5	16.988	Tidak Memenuhi
		6	10.266	Tidak Memenuhi
		7	12.302	Tidak Memenuhi
		8	10.902	Tidak Memenuhi
		9	9.734	Tidak Memenuhi
	75/25	5	7.306	Tidak Memenuhi
		6	4.023	Tidak Memenuhi
		7	0.756	Memenuhi
		8	-0.707	Tidak Memenuhi
		9	-0.500	Tidak Memenuhi
	100/0	5	10.536	Tidak Memenuhi
		6	7.009	Tidak Memenuhi
		7	3.703	Memenuhi
		8	1.943	Memenuhi
		9	0.999	Tidak Memenuhi
5/75	0/100	5	11.411	Tidak Memenuhi
		6	10.570	Tidak Memenuhi
		7	9.051	Tidak Memenuhi
		8	7.419	Tidak Memenuhi
		9	3.343	Memenuhi
	25/75	5	8.804	Tidak Memenuhi
		6	6.229	Tidak Memenuhi
		7	2.966	Memenuhi
		8	1.995	Memenuhi
		9	0.477	Tidak Memenuhi
	50/50	5	7.738	Tidak Memenuhi
		6	5.996	Tidak Memenuhi
		7	3.847	Memenuhi
		8	3.878	Memenuhi
		9	1.569	Memenuhi
	75/25	5	9.788	Tidak Memenuhi
		6	7.519	Tidak Memenuhi
		7	3.807	Memenuhi
		8	3.107	Memenuhi
		9	0.542	Tidak Memenuhi
	100/0	5	10.642	Tidak Memenuhi
		6	80.19	Tidak Memenuhi
		7	7.129	Tidak Memenuhi

		8	4.987	T i Memenuhi
		9	3.036	Memenuhi
50/50	0/100	5	12.890	Tidak Memenuhi
		6	11.715	Tidak Memenuhi
		7	9.323	Tidak Memenuhi
		8	6.244	Tidak Memenuhi
		9	4.564	Tidak Memenuhi
	25/75	5	12.860	Tidak Memenuhi
		6	9,468	Tidak Memenuhi
		7	5.572	Tidak Memenuhi
		8	-4.378	Tidak Memenuhi
		9	1.897	Memenuhi
	50/50	5	9.722	Tidak Memenuhi
		6	5.739	Tidak Memenuhi
		7	3.699	Memenuhi
		8	1.503	Memenuhi
		9	1.804	Memenuhi
	75/25	5	121.76	Tidak Memenuhi
		6	11.840	Tidak Memenuhi
		7	10.829	Tidak Memenuhi
		8	9.120	Tidak Memenuhi
		9	7.012	Tidak Memenuhi
100/0	5	18.017	Tidak Memenuhi	
	6	15.838	Tidak Memenuhi	
	7	13.715	Tidak Memenuhi	
	8	11.831	Tidak Memenuhi	
	9	10.211	Tidak Memenuhi	
75/25	0/100	5	9.131	Tidak Memenuhi
		6	6.238	T i Memenuhi
		7	10.077	T i Memenuhi
		8	10.318	Tidak Memenuhi
		9	8.947	Tidak Memenuhi
	25/75	5	9.590	Tidak Memenuhi
		6	5289	Tidak Memenuhi
		7	6.783	Tidak Memenuhi
		8	1.738	Memenuhi
		9	7.857	Tidak Memenuhi
	50/50	5	12.019	Tidak Memenuhi

		6	10.023	Tidak Memenuhi
		7	7.232	Tidak Memenuhi
		8	8.824	Tidak Memenuhi
	75/25	9	8.984	Tidak Memenuhi
		5	16.185	Tidak Memenuhi
		6	14.159	Tidak Memenuhi
		7	10.626	Tidak Memenuhi
		8	11.127	Tidak Memenuhi
		9	9.239	Tidak Memenuhi
	100/0	5	7.830	Tidak Memenuhi
		6	6.602	Tidak Memenuhi
		7	5.276	Tidak Memenuhi
		8	8.157	Tidak Memenuhi
		9	4.242	Tidak Memenuhi
	100/0	0/100	5	14.550
6			12.508	Tidak Memenuhi
7			11.572	Tidak Memenuhi
8			9.615	Tidak Memenuhi
9			7.946	Tidak Memenuhi
25/75		5	13.351	Tidak Memenuhi
		6	12.456	Tidak Memenuhi
		7	8.749	Tidak Memenuhi
		8	8.287	Tidak Memenuhi
		9	4.543	Tidak Memenuhi
50/50		5	11.476	Tidak Memenuhi
		6	8.768	Tidak Memenuhi
		7	6.238	Tidak Memenuhi
		8	5.129	Tidak Memenuhi
		9	2.842	Memenuhi
75/25		5	9.856	Tidak Memenuhi
		6	7.847	Tidak Memenuhi
		7	6.573	Tidak Memenuhi
		8	4.077	Tidak Memenuhi
		9	2.821	Memenuhi
100/0		5	11.595	Tidak Memenuhi
		6	10.869	Tidak Memenuhi
		7	7.559	Tidak Memenuhi
		8	4.331	Tidak Memenuhi

		9	1.799	Memenuhi
--	--	---	-------	----------

Pada tabel 5.5 diatas memperlihatkan proporsi campuran yang memenuhi nilai VIM antara 14% yaitu pada proporsi agregat kasar 100% batu piropilit, agregat halus 100% batu piropilit dengan kadar aspal 9% , hal ini disebabkan karena HRS menggunakan gradasi senjang yang menyebabkan nilai rongga dalam agregat besar, sehingga untuk mendapatkan nilai VIM yang kecil diperlukan aspal yang cukup banyak. Dari tabel 4.8 menunjukkan kecenderungan nilai VIM menurun seiring bertambahnya kadar aspal dan proporsi agregat halus batu piropilit. Penambahan batu piropilit akan memperkecil nilai VIM karena berat jenis batu piropilit lebih kecil dari berat jenis batu pecah, sehingga nilai VIM akan semakin kecil seiring bertambahnya batu piropilit.

53.2 Void In Mineral Agregat (VMA)

Tabel 5.6 Nilai VMA Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (> 18%)

Proporsi Campuran			VMA (%)	Keterangan
Agregat Kasar K/P	Agregat Halus K/P	Kadar Aspal		
0/100	0/100	5	15.109	Tidak memenuhi
		6	14.138	Tidak memenuhi
		7	15.303	Tidak memenuhi
		8	16.909	Tidak memenuhi
		9	18.672	Memenuhi
	25/75	5	12.818	Tidak memenuhi
		6	14.220	Tidak memenuhi
		7	15.512	Tidak memenuhi
		8	17.363	Tidak memenuhi
		9	19.111	Memenuhi
	50/50	5	13.673	Tidak memenuhi
		6	14.285	Tidak memenuhi
		7	14.634	Tidak memenuhi
		8	16.212	Tidak memenuhi
		9	17.634	Tidak memenuhi
	75/25	5	13.093	Tidak memenuhi
		6	14.078	Tidak memenuhi
		7	15.879	Tidak memenuhi
		8	17.757	Tidak memenuhi
		9	19.392	Memenuhi
100/0	5	14.682	Tidak memenuhi	
	6	14.458	Tidak memenuhi	
	7	15.753	Tidak memenuhi	
	8	17.169	Tidak memenuhi	
	9	19.291	Memenuhi	
25/73	0/100	5	11.499	Tidak memenuhi
		6	13.416	Tidak memenuhi
		7	15.474	Tidak memenuhi
		8	12.231	Tidak memenuhi

	25/75	9	19.283	Memenuhi
		5	12.640	Tidak memenuhi
		6	14.109	Tidak memenuhi
		7	15.828	Tidak memenuhi
		8	17.623	Tidak memenuhi
	9	19.543	Memenuhi	
	50/50	5	12.827	Tidak memenuhi
		6	14.939	Tidak memenuhi
		7	16.466	Tidak memenuhi
		8	18.231	Tidak memenuhi
		9	19.394	Memenuhi
	75/25	5	12.690	Tidak memenuhi
		6	15.374	Tidak memenuhi
		7	16.379	Tidak memenuhi
		8	18.417	Memenuhi
		9	19.220	Memenuhi
	100/0	5	12.288	Tidak memenuhi
		6	13.548	Tidak memenuhi
		7	16.558	Tidak memenuhi
		8	17.936	Tidak memenuhi
9		19.372	Memenuhi	
50/50	0/100	5	13.395	Tidak memenuhi
		6	15.906	Tidak memenuhi
		7	17.030	Tidak memenuhi
		8	18.190	Memenuhi
		9	19.488	Memenuhi
	25/75	5	18.112	Memenuhi
		6	15.216	Tidak memenuhi
		7	17.053	Tidak memenuhi
		8	18.863	Tidak memenuhi
		9	19.112	Memenuhi
	50/50	5	14.866	Tidak memenuhi
		6	15.339	Tidak memenuhi
		7	16.919	Tidak memenuhi
		8	17.852	Tidak memenuhi
		9	19.451	Memenuhi
	75/25	5	16.321	Tidak memenuhi
		6	17.076	Tidak memenuhi
		7	18.093	Memenuhi
		8	18.056	Memenuhi
		9	18.900	Memenuhi
100/0	5	12.733	Tidak memenuhi	
	6	13.803	Tidak memenuhi	
	7	15.058	Tidak memenuhi	
	8	16.188	Tidak memenuhi	
	9	17.974	Tidak memenuhi	
75/25	0/100	5	12.128	Tidak memenuhi
		6	14.466	Tidak memenuhi
		7	19.241	Memenuhi
		8	18.349	Memenuhi
		9	19.495	Memenuhi
	25/75	5	15.598	Tidak memenuhi
		6	14.799	Tidak memenuhi
		7	16.730	Tidak memenuhi

	50/50	8	18.518	Memenuhi
		9	18.344	Memenuhi
		5	16.545	Tidak memenuhi
		6	16.477	Tidak memenuhi
		7	16.197	Tidak memenuhi
	75/25	8	17.399	Tidak memenuhi
		9	18.194	Memenuhi
		5	19.576	Memenuhi
		6	21.638	Memenuhi
		7	17.529	Tidak memenuhi
	100/0	8	18.159	Memenuhi
		9	21.742	Memenuhi
		5	14.993	Tidak memenuhi
		6	16.855	Tidak memenuhi
		7	17.655	Tidak memenuhi
100/0	0/100	8	17.931	Tidak memenuhi
		9	19.894	Memenuhi
		5	16.393	Tidak memenuhi
		6	16.151	Tidak memenuhi
		7	16.828	Tidak memenuhi
	25/75	8	18.390	Memenuhi
		9	19.208	Memenuhi
		5	11.647	Tidak memenuhi
		6	15.223	Tidak memenuhi
		7	14.956	Tidak memenuhi
	50/50	8	18.338	Memenuhi
		9	19.299	Memenuhi
		5	13.671	Tidak memenuhi
		6	14.222	Tidak memenuhi
		7	16.040	Tidak memenuhi
75/25	8	17.352	Tidak memenuhi	
	9	19.349	Memenuhi	
	5	14.001	Tidak memenuhi	
	6	15.321	Tidak memenuhi	
	7	16.969	Tidak memenuhi	
100/0	8	17.857	Tidak memenuhi	
	9	19.722	Memenuhi	
	5	14.231	Tidak memenuhi	
	6	14.608	Tidak memenuhi	
	7	16.047	Tidak memenuhi	
		8	17.989	Tidak memenuhi
		9	19.447	Memenuhi

Pada tabel 5.6 memperlihatkan dari semua variasi proporsi campuran, yang memenuhi nilai VMA karakteristik HRS diatas 18% adalah semua proporsi campuran dengan kadar aspal 9%, hal ini disebabkan makin tinggi kadar aspal, maka nilai berat jenis agregat semakin besar, sehingga nilai VMA menjadi semakin besar dan hanya memenuhi syarat pada kadar aspal tinggi. Nilai VMA yang tinggi pada kadar aspal tinggi juga disebabkan oleh kemudahan pekerjaan pada campuran dengan kadar aspal

tinggi, sehingga dibutuhkan pembebanan yang lebih tinggi untuk memperkecil volume rongga. Dari tabel 5.6 menunjukkan kecenderungan VMA bertambah seiring bertambahnya kadar aspal, proporsi agregat halus batu piropilit dalam campuran. Pertambahan nilai VMA yang seiring dengan pertambahan kadar batu piropilit dalam campuran disebabkan sifat agregat halus batu piropilit memiliki penyerapan yang cukup tinggi dan menyebabkan nilai berat isi benda uji lebih besar sehingga rongga dalam agregat akan lebih besar.

5.3.3 Stabilitas

Tabel. 5.7 Nilai Stabilitas Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (> 800 kg)

Proporsi Campuran			Stabilitas (kg)	Keterangan
Agregat Kasar K/P	Agregat Halus K/P	Kadar Aspal		
0/100	0/100	5	1176.765	Memenuhi
		6	1176.765	Memenuhi
		7	1092.711	Memenuhi
		8	1352.516	Memenuhi
		9	1130.917	Memenuhi
	25/75	5	1027.759	Memenuhi
		6	1272.282	Memenuhi
		7	1352.516	Memenuhi
		8	1146.200	Memenuhi
		9	1081.249	Memenuhi
	50/50	5	1012.477	Memenuhi
		6	1054.504	Memenuhi
		7	1253.179	Memenuhi
		8	1188.227	Memenuhi
		9	970.449	Memenuhi
	75/25	5	1058.325	Memenuhi
		6	1346.785	Memenuhi
		7	1310.489	Memenuhi
		8	1207.331	Memenuhi
		9	886.395	Memenuhi
100/0	5	775.595	Tidak Memenuhi	
	6	1039.221	Memenuhi	
	7	1279.923	Memenuhi	
	8	1406.005	Memenuhi	
	9	1077.428	Memenuhi	
25/75	0/100	5	1291.385	Memenuhi
		6	1428.929	Memenuhi
		7	1195.869	Memenuhi
		8	1073.607	Memenuhi
		9	1398.364	Memenuhi
	25/75	5	1226.434	Memenuhi
		6	1474.777333	Memenuhi
		7	1585.576667	Memenuhi

	50/50	8	1413.646667	Memenuhi
		9	1100.352	Memenuhi
		5	1188.227	Memenuhi
		6	1062.145	Memenuhi
		7	1039.221	Memenuhi
	75/25	8	958.987	Memenuhi
		9	852.009	Memenuhi
		5	924.601	Memenuhi
		6	829.085	Memenuhi
		7	1253.179	Memenuhi
	100/0	8	844.367	Memenuhi
		9	985.732	Memenuhi
		5	1241.717	Memenuhi
		6	1161.483	Memenuhi
		7	970.449	Memenuhi
50/50	0/100	8	920.781	Memenuhi
		9	844.367	Memenuhi
		5	1241.717	Memenuhi
		6	962.808	Memenuhi
		7	928.422	Memenuhi
	25/75	8	936.863	Memenuhi
		9	1065.966	Memenuhi
		5	939.884	Memenuhi
		6	825.264	Memenuhi
		7	1153.841	Memenuhi
	50/50	8	1150.021	Memenuhi
		9	939.884	Memenuhi
		5	871.112	Memenuhi
		6	1123.276	Memenuhi
		7	1157.662	Memenuhi
75/25	8	1035.401	Memenuhi	
	9	206.823	Tidak Memenuhi	
	5	653.334	Tidak Memenuhi	
	6	649.513	Tidak Memenuhi	
	7	710.644	Tidak Memenuhi	
100/0	8	794.699	Tidak Memenuhi	
	9	943.705	Memenuhi	
	5	730.129	Tidak Memenuhi	
	6	1046.863	Memenuhi	
	7	1016.297	Memenuhi	
75/25	0/100	8	1107.993	Memenuhi
		9	1059.787	Memenuhi
		5	1092.711	Memenuhi
		6	1314.309	Memenuhi
		7	867.291	Memenuhi
	25/75	8	1073.607	Memenuhi
		9	1245.537	Memenuhi
		5	748.851	Tidak Memenuhi
		6	943.705	Memenuhi

		7	1104.173	Memenuhi
		8	966.629	Memenuhi
		9	1062.145	Memenuhi
	50/50	5	817.623	Memenuhi
		6	783.237	Tidak Memenuhi
		7	1001.015	Memenuhi
		8	924.601	Memenuhi
		9	901.677	Memenuhi
	75/25	5	469.942	Tidak Memenuhi
		6	382.067	Tidak Memenuhi
		7	771.775	Tidak Memenuhi
		8	798.519	Tidak Memenuhi
		9	802.340	Memenuhi
	100/0	5	867.291	Memenuhi
		6	660.975	Tidak Memenuhi
7		725.927	Tidak Memenuhi	
8		802.340	Memenuhi	
9		936.063	Memenuhi	
100/0	0/100	5	1031.580	Memenuhi
		6	978.091	Memenuhi
		7	859.650	Memenuhi
		8	985.732	Memenuhi
		9	1226.434	Memenuhi
	25/75	5	1184.407	Memenuhi
		6	962.808	Memenuhi
		7	1008.656	Memenuhi
		8	710.644	Tidak Memenuhi
		9	1104.173	Memenuhi
	50/50	5	985.732	Memenuhi
		6	1218.793	Memenuhi
		7	1211.151	Memenuhi
		8	1428.929	Memenuhi
		9	1043.042	Memenuhi
	75/25	5	1100.352	Memenuhi
		6	1020.118	Memenuhi
		7	958.987	Memenuhi
		8	913.139	Memenuhi
		9	794.699	Tidak Memenuhi
	100/0	5	901.677	Memenuhi
		6	825.264	Memenuhi
		7	1081.249	Memenuhi
		8	1130.917	Memenuhi
9		1157.662	Memenuhi	

Pada tabel 5.7 diatas memperlihatkan variasi proporsi yang memenuhi dan tidak memenuhi persyaratan stabilitas HRS (>800 kg), nilai stabilitas terbesar (1585.577 kg) tercapai pada proporsi agregat kasar 25% batu piropilit 25% batu pecah, agregat halus 25% batu piropilit 75% batu pecah, dengan kadar aspal 7%, hal ini disebabkan karena

nilai stabilitas terjadi dari geseran antar butir, penguncian antar partikel, dan daya ikat dari lapisan aspal yang dipengaruhi oleh jumlah aspal untuk mengikat butiran. Pada kadar aspal 5% film aspal terlalu tipis sehingga ikatan aspal mudah lepas. Sedang pada kadar aspal yang tinggi film aspal sangat tebal, sehingga dengan adanya beban dapat mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar dan lapisan yang licin menyebabkan geseran yang kecil. Dari tabel 5.7 menunjukkan kecenderungan stabilitas meningkat seiring bertambahnya proporsi agregat halus dalam campuran. Namun memiliki maksimum pada kadar aspal tertentu. Penambahan batu piropilit cenderung meningkatkan nilai stabilitas karena batu piropilit yang bersifat *hydrophobic*, sehingga dapat mengikat aspal dengan lebih baik dan menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan batu pecah.

5.3.4 Flow

Tabel 5.8 Nilai Flow Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (>2 mm).

Agregat Kasar K/P	Proporsi Campuran		Flow (mm)	Keterangan
	Agregat Halus K/P	Kadar Aspal		
0/100	0/100	5	2.767	Memenuhi
		6	2.800	Memenuhi
		7	2.200	Memenuhi
		8	2.600	Memenuhi
		9	3.100	Memenuhi
	25/75	5	2.700	Memenuhi
		6	2.600	Memenuhi
		7	2.150	Memenuhi
		8	2.500	Memenuhi
		9	2.967	Memenuhi
	50/50	5	3.413	Memenuhi
		6	3.053	Memenuhi
		7	2.983	Memenuhi
		8	3.447	Memenuhi
		9	4.320	Memenuhi
	75/25	5	3.133	Memenuhi
		6	2.933	Memenuhi
		7	2.367	Memenuhi
		8	2.867	Memenuhi
		4	3.767	Memenuhi
100/0	5	2.667	Memenuhi	
	6	2.633	Memenuhi	
	7	2.233	Memenuhi	
	8	2.233	Memenuhi	
	9	2.900	Memenuhi	
25/75	0/100	5	2.467	Memenuhi
		6	2.667	Memenuhi
		7	2.577	Memenuhi

	25/75	8	2.300	Memenuhi
		9	2.533	Memenuhi
		5	2.800	Memenuhi
		6	2.500	Memenuhi
		7	2.300	Memenuhi
	50/50	8	2.533	Memenuhi
		9	2.600	Memenuhi
		5	2.300	Memenuhi
		6	2.367	Memenuhi
		7	2.383	Memenuhi
	75/25	8	2.333	Memenuhi
		9	2.733	Memenuhi
		5	2.667	Memenuhi
		6	2.433	Memenuhi
		7	2.233	Memenuhi
100/0	8	2.733	Memenuhi	
	9	3.200	Memenuhi	
	5	2.633	Memenuhi	
	6	2.500	Memenuhi	
	7	2.367	Memenuhi	
50/50	0/100	8	3.000	Memenuhi
		9	2.900	Memenuhi
		5	2.233	Memenuhi
		6	2.000	Memenuhi
		7	2.133	Memenuhi
	25/75	8	2.400	Memenuhi
		9	3.633	Memenuhi
		5	3.177	Memenuhi
		6	2.883	Memenuhi
		7	3.267	Memenuhi
	50/50	8	2.857	Memenuhi
		9	3.260	Memenuhi
		5	2.700	Memenuhi
		6	2.733	Memenuhi
		7	2.933	Memenuhi
75/25	8	2.833	Memenuhi	
	9	3.767	Memenuhi	
	5	2.600	Memenuhi	
	6	3.000	Memenuhi	
	7	3.067	Memenuhi	
100/0	8	3.300	Memenuhi	
	9	3.433	Memenuhi	
	5	3.160	Memenuhi	
	6	3.143	Memenuhi	
	7	2.867	Memenuhi	
75/25	0/100	8	2.910	Memenuhi
		9	3.260	Memenuhi
		5	2.567	Memenuhi
		6	2.900	Memenuhi
		7	2.333	Memenuhi
	25/75	8	2.533	Memenuhi
		9	3.300	Memenuhi
	25/75	5	2.367	Memenuhi
		6	2.467	Memenuhi

Laporan Kemajuan Penelitian Hibah Bersaing :
Pemanfaatan Batu PIROPILIT Asal Malang Selatan Sebagai Bahan Perkerasan Jalan HRS (HOT
ROLLED SHEET)

		7	2.267	Memenuhi
		8	2.500	Memenuhi
		9	2.400	Memenuhi
	50/50	5	2.933	Memenuhi
		6	2.477	Memenuhi
		7	2.450	Memenuhi
		8	3.000	Memenuhi
		9	2.887	Memenuhi
	75/25	5	2.233	Memenuhi
		6	2.400	Memenuhi
		7	2.400	Memenuhi
		8	2.500	Memenuhi
		9	2.933	Memenuhi
	100/0	5	2.800	Memenuhi
		6	2.467	Memenuhi
7		2.800	Memenuhi	
8		2.533	Memenuhi	
9		2.767	Memenuhi	
100/0	0/100	5	2.867	Memenuhi
		6	2.533	Memenuhi
		7	2.533	Memenuhi
		8	2.467	Memenuhi
		9	2.333	Memenuhi
	25/75	5	2.267	Memenuhi
		6	2.433	Memenuhi
		7	2.767	Memenuhi
		8	2.933	Memenuhi
		9	2.833	Memenuhi
	50/50	5	2.467	Memenuhi
		6	2.400	Memenuhi
		7	2.467	Memenuhi
		8	2.833	Memenuhi
		9	3.800	Memenuhi
	75/25	5	2.367	Memenuhi
		6	2.800	Memenuhi
		7	2.733	Memenuhi
		8	3.300	Memenuhi
		9	3.467	Memenuhi
	100/0	5	2.733	Memenuhi
		6	2.667	Memenuhi
		7	2.833	Memenuhi
		8	2.500	Memenuhi
9		2.633	Memenuhi	

Pada tabel 5.8 diatas memperlihatkan semua variasi proporsi memenuhi persyaratan kelelahan HRS (>2 nun), nilai *flow* terkecil (2,000 mm) tercapai pada proporsi agregat kasar 50% batu piropilit 50% batu pecah, agregat khalus 100% batu pecah, dengan kadar aspal 8%. Hal ini menunjukkan pada kadar aspal 6% lapisan mengalami perubahan volume yang paling kecil setelah diberi beban, karena pada proporsi ini ruang gerak antar partikel cukup, sehingga dengan penambahan beban aspal dapat mengisi rongga tanpa mengalami bleeding atau retak.

3.5 MQ

Tabel 5.9 Nilai MQ Setiap Proporsi Campuran Dibandingkan Persyaratan Karakteristik HRS (>200 kg/mm).

Proporsi Campuran			MQ (kg/mm)	Keterangan
Agregat Kasar K/P	Agregat Halus K/P	Kadar Aspal		
0/100	0/100	5	1116.391	Memenuhi
		6	1093.496	Memenuhi
		7	1347.127	Memenuhi
		8	1503.649	Memenuhi
		9	1000.639	Memenuhi
	25/75	5	985.166	Memenuhi
		6	1296.404	Memenuhi
		7	1675.810	Memenuhi
		8	1267.710	Memenuhi
		9	955.037	Memenuhi
	50/50	5	794.155	Memenuhi
		6	954.894	Memenuhi
		7	1153.391	Memenuhi
		8	996.414	Memenuhi
		9	582.303	Memenuhi
	75/25	5	956.041	Memenuhi
		6	1330.071	Memenuhi
		7	1621.644	Memenuhi
		8	1309.033	Memenuhi
		9	654.454	Memenuhi
100/0	5	766.077	Memenuhi	
	6	1033.539	Memenuhi	
	7	1509.734	Memenuhi	
	8	1665.539	Memenuhi	
	9	998.102	Memenuhi	
25/75	0/100	5	1313.095	Memenuhi
		6	1307.349	Memenuhi
		7	1131.419	Memenuhi
		8	1107.679	Memenuhi
		9	1385.442	Memenuhi
	25/75	5	1132.591	Memenuhi
		6	1548.855	Memenuhi
		7	1844.728	Memenuhi
		8	1471.750	Memenuhi
		9	1178.602	Memenuhi
	50/50	5	1384.107	Memenuhi
		6	1184.427	Memenuhi
		7	1172.989	Memenuhi
		8	1094.237	Memenuhi
		9	847.456	Memenuhi
75/25	5	915.098	Memenuhi	

		6	901.629	Memenuhi
		7	1479.483	Memenuhi
		8	831.974	Memenuhi
		9	793.263	Memenuhi
	100/0	5	1377.445	Memenuhi
		6	1270.039	Memenuhi
		7	1080.835	Memenuhi
		8	859.866	Memenuhi
		9	785.084	Memenuhi
	0/100	5	1497.552	Memenuhi
		6	1384.781	Memenuhi
		7	1204.639	Memenuhi
		8	1116.893	Memenuhi
		9	833.752	Memenuhi
	25/75	5	749.236	Memenuhi
		6	768.945	Memenuhi
		7	947.952	Memenuhi
		8	1038.795	Memenuhi
		9	756.499	Memenuhi
	50/50	5	883.457	Memenuhi
		6	1229.846	Memenuhi
		7	1066.777	Memenuhi
		8	985.270	Memenuhi
		9	490.954	Memenuhi
	75/25	5	657.819	Memenuhi
		6	560.114	Memenuhi
		7	657.151	Memenuhi
		8	610.626	Memenuhi
		9	721.048	Memenuhi
	100/0	5	596.010	Memenuhi
		6	904.053	Memenuhi
		7	903.149	Memenuhi
		8	985.669	Memenuhi
		9	839.418	Memenuhi
50/50	0/100	5	1090.358	Memenuhi
		6	1178.328	Memenuhi
		7	938.845	Memenuhi
		8	1070.979	Memenuhi
		9	982.458	Memenuhi
	25/75	5	843.063	Memenuhi
		6	993.172	Memenuhi
		7	1242.378	Memenuhi
		8	1002.834	Memenuhi
		9	1124.919	Memenuhi
	50/50	5	786.383	Memenuhi
		6	822.373	Memenuhi
		7	1110.929	Memenuhi
75/25	0/100	5	1090.358	Memenuhi
		6	1178.328	Memenuhi
		7	938.845	Memenuhi
		8	1070.979	Memenuhi
		9	982.458	Memenuhi
	25/75	5	843.063	Memenuhi
		6	993.172	Memenuhi
		7	1242.378	Memenuhi
		8	1002.834	Memenuhi
		9	1124.919	Memenuhi
	50/50	5	786.383	Memenuhi
		6	822.373	Memenuhi
		7	1110.929	Memenuhi

aporan Kemajuan Penelitian Hibah Bersaing :

emanfaatan Batu PIROPILIT Asal Malang Selatan Sebagai Bahan Perkerasan Jalan HRS (HOT

OLLED SHEET)

	75/25	8	801.698	Memenuhi	
		9	803.832	Memenuhi	
		5	533.579	Memenuhi	
		6	404.166	Memenuhi	
		7	854.005	Memenuhi	
		8	812.546	Memenuhi	
	100/0	9	754.499	Memenuhi	
		5	893.463	Memenuhi	
		6	676.773	Memenuhi	
		7	654.712	Memenuhi	
		8	796.074	Memenuhi	
	100/0	0/100	9	862.792	Memenuhi
			5	1026.278	Memenuhi
			6	1022.095	Memenuhi
			7	895.888	Memenuhi
8			1036.278	Memenuhi	
25/75		9	1353.808	Memenuhi	
		5	1360.956	Memenuhi	
		6	1045.201	Memenuhi	
		7	935.301	Memenuhi	
		8	617.901	Memenuhi	
50/50		9	1015.596	Memenuhi	
		5	1091.675	Memenuhi	
		6	1400.809	Memenuhi	
		7	1365.177	Memenuhi	
		8	1361.054	Memenuhi	
75/25		9	735.019	Memenuhi	
		5	1189.448	Memenuhi	
		6	921.042	Memenuhi	
		7	894.650	Memenuhi	
		8	720.419	Memenuhi	
100/0		9	569.539	Memenuhi	
		5	833.335	Memenuhi	
		6	781.399	Memenuhi	
		7	963.527	Memenuhi	
		8	1151.132	Memenuhi	
		9	1123.589	Memenuhi	

Pada tabel 5.9 diatas memperlihatkan semua variasi proporsi memenuhi persyaratan *Marshall Quotient* HRS (>200 kg/mm), nilai MQ terbesar (1844.728 kg/mm) tercapai pada proporsi agregat kasar 25% batu piropilit 75% batu pecah, agregat halus 25% batu piropilit 75% batu pecah, dengan kadar aspal 7%. Dari tabel 5.9 menunjukkan kecenderungan nilai *Marshall Quotient* menurun seiring bertambahnya agregat halus batu piropilit pada campuran.

5.4 Analisis Data Uji Marshall Standard

5.4.1 Pengujian Hipotesis Statistik Marshall

5.4.1.1 Uji Kenormalan Data

Supaya pengujian hipotesis dapat dilakukan, maka data hasil penelitian yaitu VIM, VMA, stabilitas, *flow* dan MQ harus terdistribusi normal atau mendekati normal. Untuk mendapatkan nilai P_{hitung} digunakan metode uji kenormalan *Kolmogorov-Smirnov Goodness Of Fit Test* dimana proses pengujiannya menggunakan program SPSS. Dari tabel Kolmogorov-Smirnov Test diperoleh angka probabilitas atau Asym. Sig. (2-tailed). Nilai ini dibandingkan dengan taraf signifikansi atau $\alpha = 5\%$, untuk pengambilan keputusan dengan pedoman:

- Nilai Sig. atau nilai probabilitas < 0.05 , distribusi data adalah tidak normal
- Nilai Sig. atau nilai probabilitas > 0.05 , distribusi data adalah normal

Dari hasil analisa data uji Kolmogorov-Smirnov didapatkan keputusan sebagai berikut:

Tabel 5.10 Hasil Uji Kenormalan

Parameter Marshall	P_{hitung}	Kriteria	Keterangan
VIM	0.633	$0.633 > 0,05$	Normal - Terima H_0
VMA	0.588	$0.588 > 0,05$	Normal - Terima H_0
Stabilitas	1.000	$1.000 > 0,05$	Normal - Terima H_0
Flow	0.199	$0.199 > 0,05$	Normal - Terima H_0
MQ	0.829	$0.829 > 0,05$	Normal - Terima H_0

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimana : H_0 : Populasi terdistribusi normal

H_1 : Populasi tidak terdistribusi normal

Dapat disimpulkan bahwa dari hipotesis yang ada untuk semua parameter nilai Marshall ternyata terdistribusi normal, berarti menerima H_0

55 Penentuan Campuran HRS Optimum

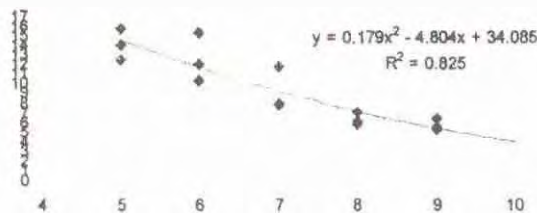
Dari data hasil penelitian pengujian campuran aspal dan alat Marshall yang telah dilakukan, didapatkan :

1. Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran
2. Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat
3. Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas
4. Grafik hubungan prosentase aspal terhadap *flow*
5. Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ

Prosentase kadar aspal yang diperoleh dari grafik 1 sampai grafik 5 pada setiap variasi proporsi diplotkan dalam satu diagram pita metode Bina Marga yang berguna untuk memperoleh besarnya kadar aspal optimum.

5.5.1 Proporsi Agregat Kasar 0/100 dan Agregat Halus 0/100

Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



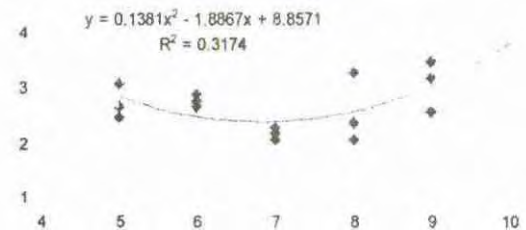
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



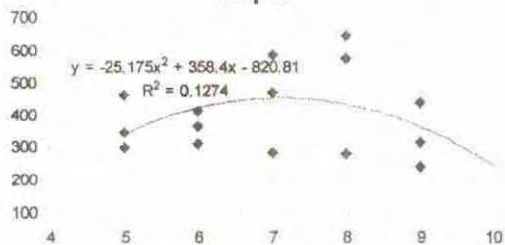
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal

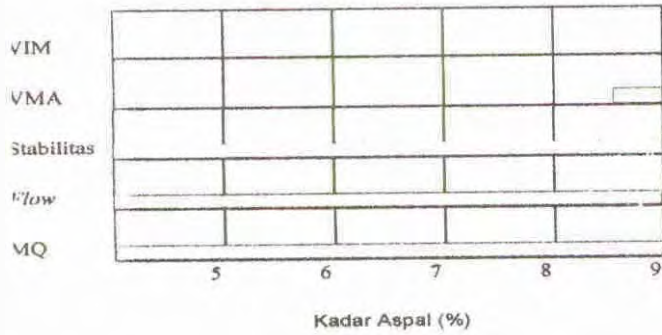


Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



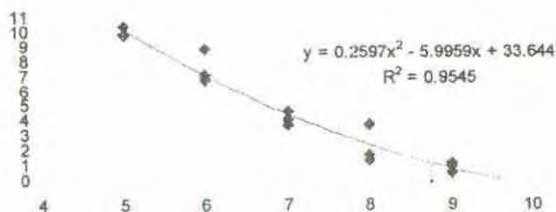
Perbandingan MQ dan Kadar Aspal



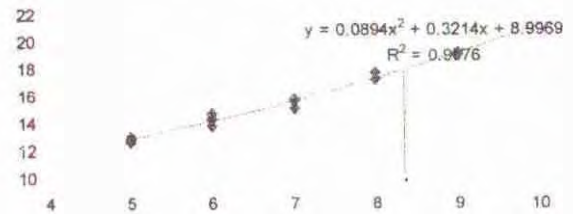


5.5.2 Proporsi Agregat Kasar 0/100 dan Agregat Halus 25/75

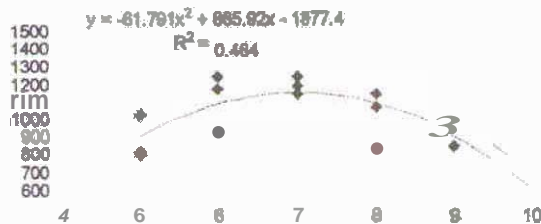
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



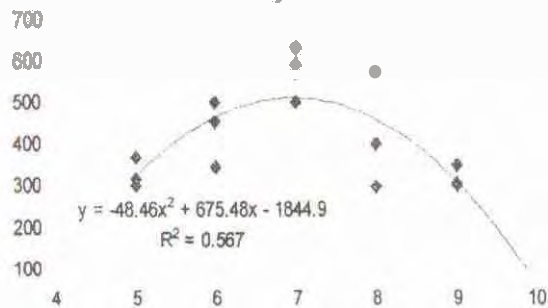
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal

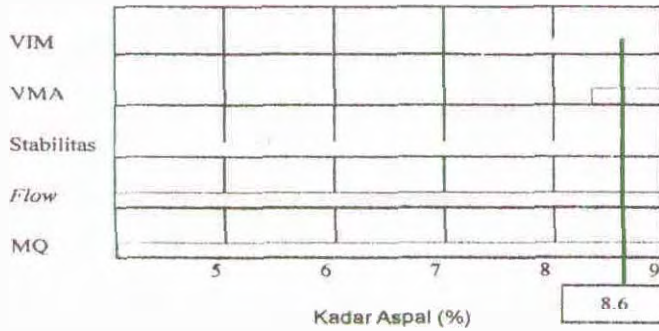


Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal





Kadar aspal optimum = 8.6% pada proporsi agregat kasar 0/100 dan agregat halus 25/75

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran
 $y = 0.479x^2 - 9.124x + 44.26$
 = 1.23864 % (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat
 $y = 0.089x^2 + 0.321x + 8.996$
 = 18.52511 % (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas
 $y = -61.79x^2 + 865,9x - 1877$
 = 979.4449 kg (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap flow
 $y = 0.138 - 1.89x + 8.77$
 = 2.77222 mm (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ
 $y = -48.46x^2 + 675.4x - 1844$
 = 364.426 kg/mm (memenuhi)

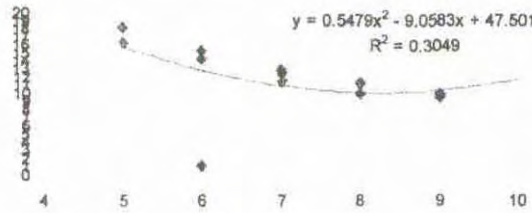
Berikut nilai-nilai optimum yang didapat dari setiap grafik dengan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh, sesuai dengan analisis yang telah dilakukan :

Tabel 5.11 Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 0/100 dan agregat halus 25/75

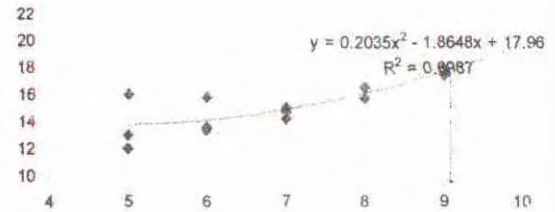
Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8.6 %	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	1.23864 %	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	18.52511 %	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	979.4449 kg	Memenuhi
Flow	> 2mm	2.77222 mm	Memenuhi
MQ	> 200 kg/mm	364.426 kg/mm	Memenuhi

5.5.3 Proporsi Agregat Kasar 0/100 dan Agregat Halus 50/50

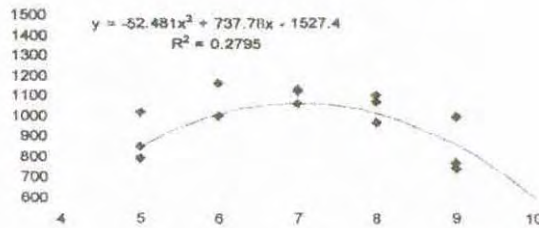
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



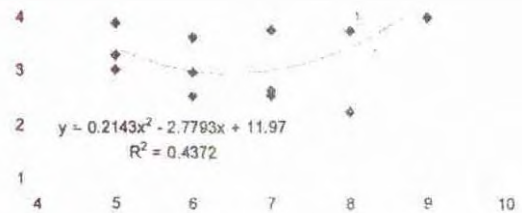
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



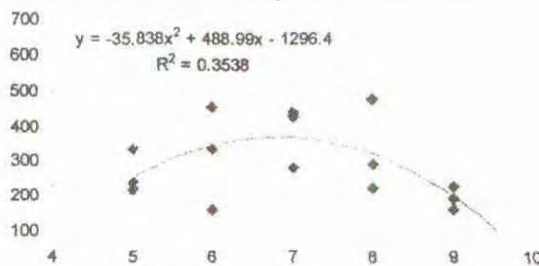
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan W a c



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

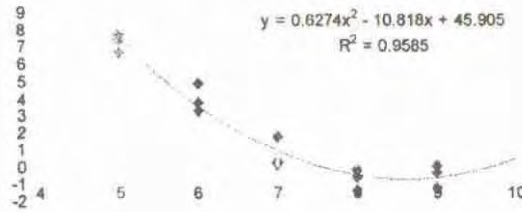


	5	6	7	8	9
VIM					
VMA					
Stabilitas					
Flow					
MQ					

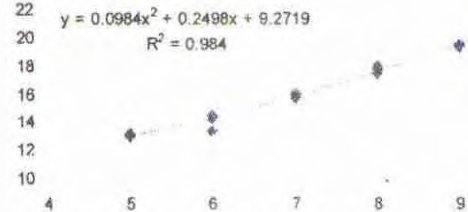
Kadar Aspal (%)

5.5.4 Proporsi Agregat Kasar 0/100 dan Agregat Halus 75/25

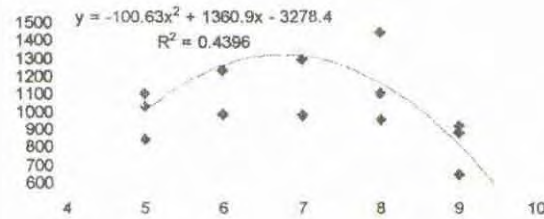
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



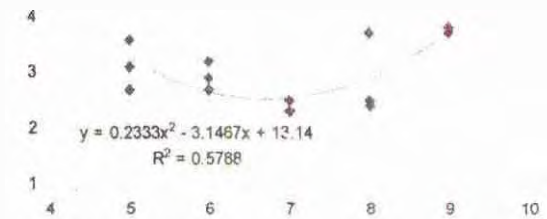
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



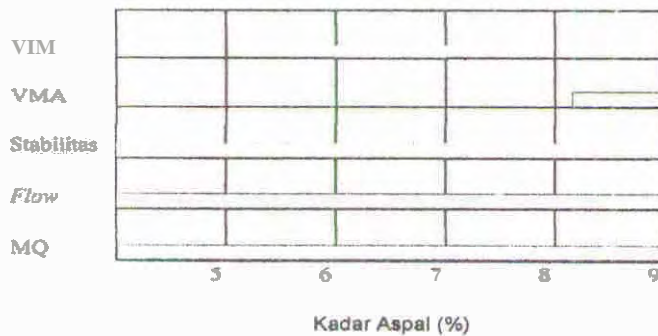
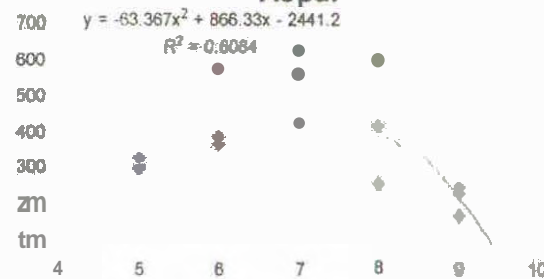
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

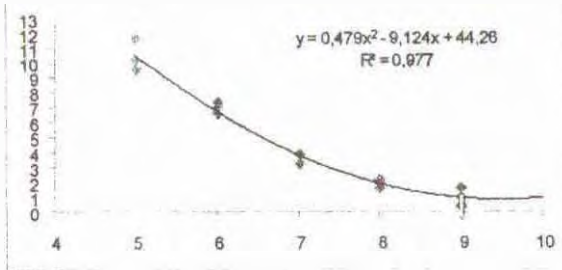


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

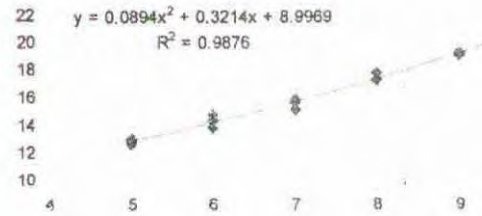


5.5.5 Proporsi Agregat Kasar 0/100 dan Agregat Halus100/0

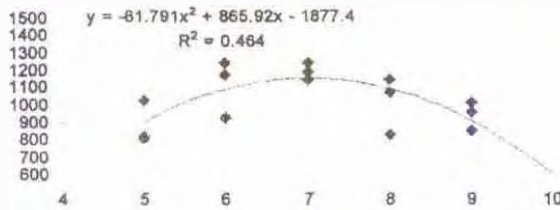
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



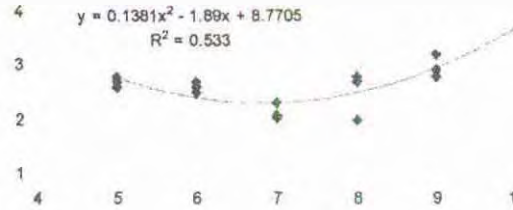
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



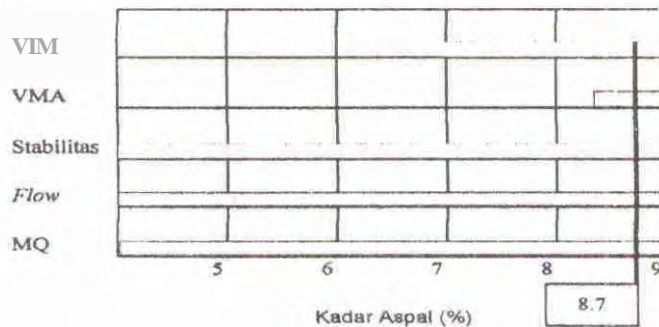
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal



Kadar aspal optimum = 8.7% pada proporsi agregat kasar 0/100 dan agregat halus 100/0

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran

$$y = 0.479x^2 - 9.124x + 44.26$$

$$= 1.13671 \% \text{ (memenuhi)}$$

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat

$$y = 0.089x^2 + 0.321x + 8.996$$

= 18,52511 % (memenuhi)

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas

$$y = -61.79x^2 + 865,9x - 1877$$

= 979.4449 kg (memenuhi)

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap *flow*

$$y = 0.138 - 1.89x + 8.77$$

= 2.77222 mm (memenuhi)

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ

$$y = -48.46x^2 + 675.4x - 1844$$

= 364.426 kg/mm (memenuhi)

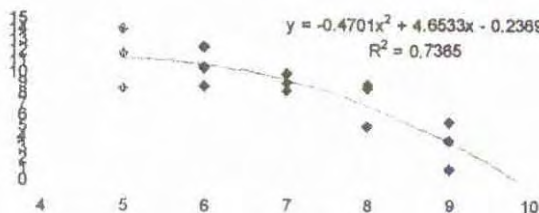
Berikut nilai-nilai optimum yang didapat dari setiap grafik dengan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh, sesuai dengan analisis yang telah dilakukan :

Tabel 5.12 Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 0/100 dan agregat halus 100/0

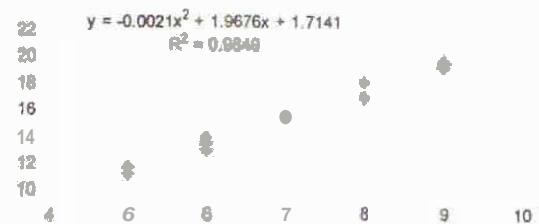
Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8.7%	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	1.13671 %	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	18,52511 %	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	979.4449 kg	Memenuhi
<i>Flow</i>	> 2mm	2.77222 mm	Memenuhi
<i>MQ</i>	> 200 kg/mm	364.426 kg/mm	Memenuhi

5.5.6 Proporsi Agregat Kasar 25/75 dan Agregat Halus 0/100

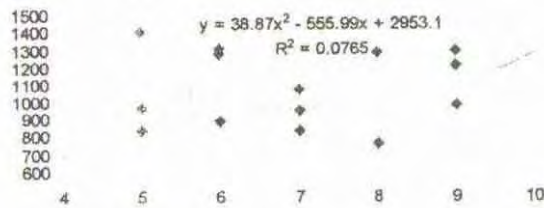
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



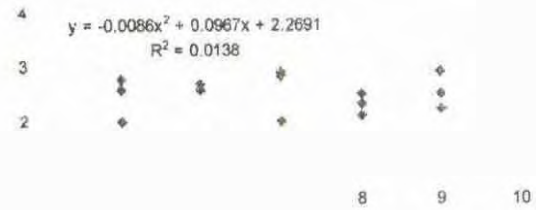
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



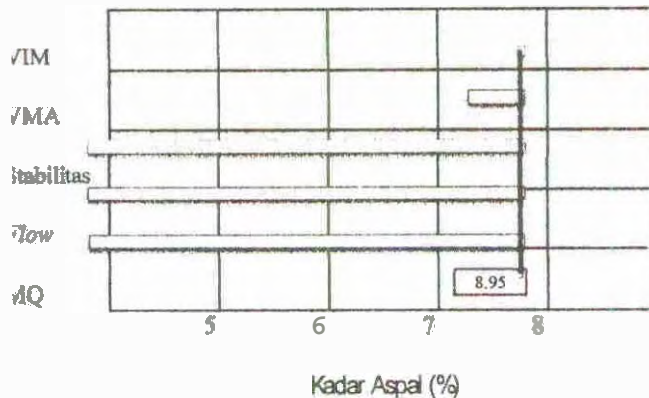
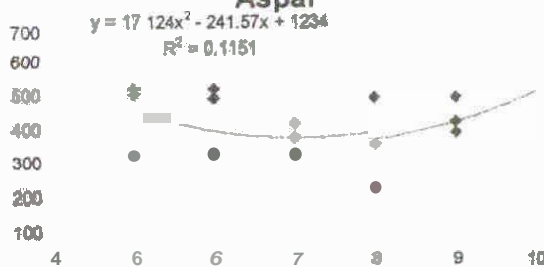
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal



Kadar aspal optimum = 8.95 % pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 0/100

Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran

$$y = -0.4701x^2 + 4.6533x - 1.2369$$

$$= 3.751 \% \text{ (memenuhi)}$$

Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat

$$y = -0.0021x^2 + 1.9676x + 1.7141$$

$$= 19.156 \% \text{ (memenuhi)}$$

Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas

$$y = 38.87x^2 - 555.99x + 2953.1$$

$$= 1090.574 \text{ kg (memenuhi)}$$

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap *flow*

$$y = -0.0086x^2 + 0.0967x + 2.2691$$

= 2.445 mm (memenuhi)

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ

$$y = 17.124x^2 - 241.57x + 1234 = 443.623 \text{ kg/mm (memenuhi)}$$

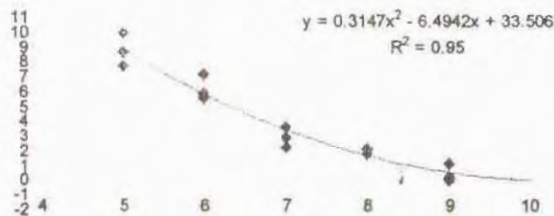
Berikut nilai-nilai optimum yang didapat dari setiap grafik dengan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh, sesuai dengan analisis yang telah dilakukan :

Tabel 5.13 Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 0/100

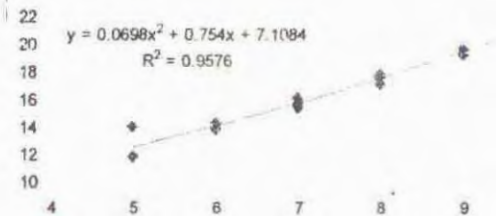
Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8.95%	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	3.75%	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	19.16%	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	1090.574 kg	Memenuhi
<i>Flow</i>	> 2mm	2.445 mm	Memenuhi
<i>MQ</i>	> 200 kg/mm	443.623 kg/mm	Memenuhi

5.5.7 Proporsi Agregat Kasar 25/75 dan Agregat Halus 25/75

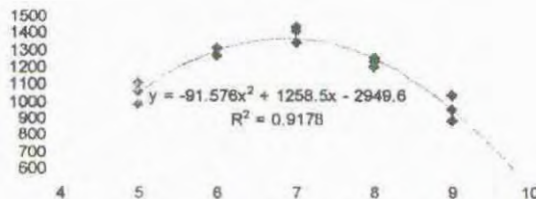
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



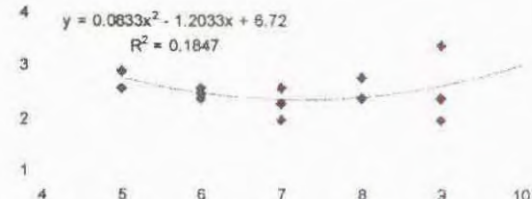
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



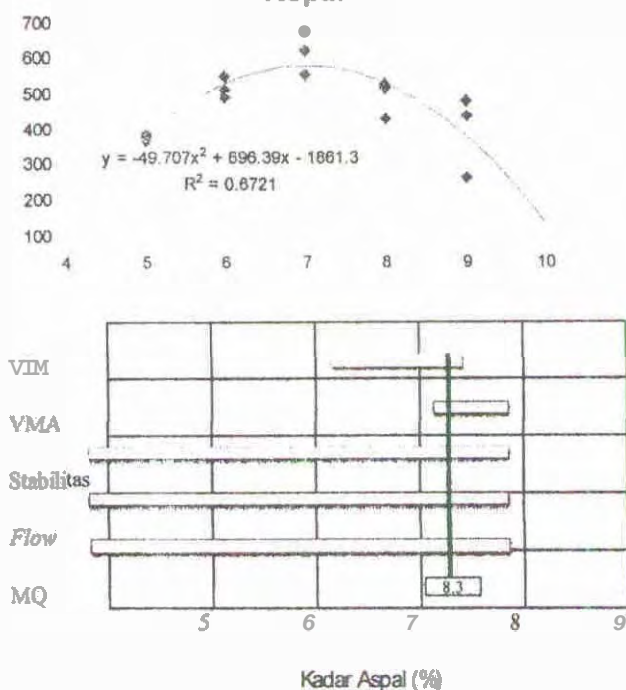
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal



Kadar aspal = 8.3 % pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 25/75

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran
 $y = 0.314x^2 - 6.494x + 33.5$
 $= 1.23126\%$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat
 $y = 0.069x^2 + 0.754x + 7.108$
 $= 8.119\%$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas
 $y = -91.57x^2 + 1258x - 2949$
 $= 1184.143 \text{ kg}$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap flow
 $y = 0.083x^2 - 1.203x + 6.72$
 $= 2.453 \text{ mm}$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ
 $y = -49.7x^2 + 696.3x - 1861$
 $= 494.457 \text{ kg/mm}$ (memenuhi)

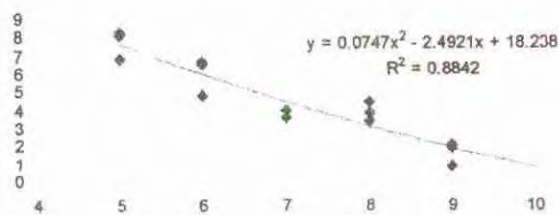
Berikut nilai-nilai optimum yang didapat dari setiap grafik dengan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh, sesuai dengan analisis yang telah dilakukan :

Tabel 5.14 Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 25/75

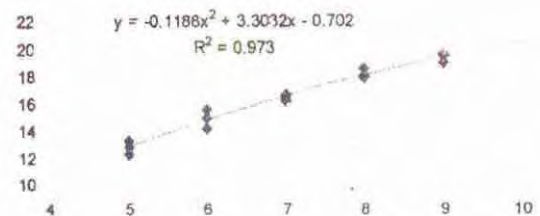
Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8.3%	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	1,23126 %	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	18.119 %	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	1184.143 kg	Memenuhi
Flow	> 2mm	2.453 mm	Memenuhi
MQ	> 200 kg/mm	494.457 kg/mm	Memenuhi

5.5.8 Proporsi Agregat Kasar 25/75 dan Agregat Halus 50/50

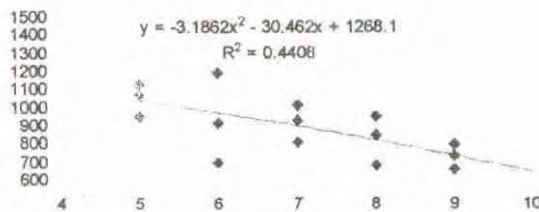
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



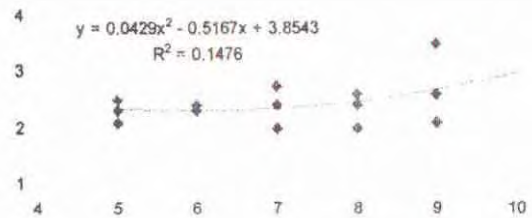
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



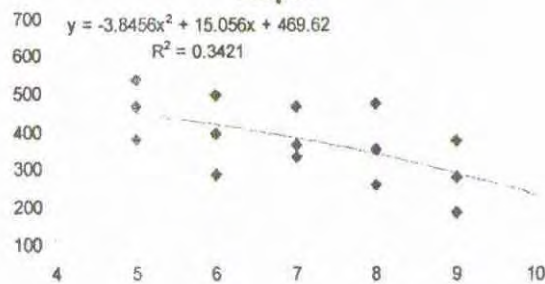
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal

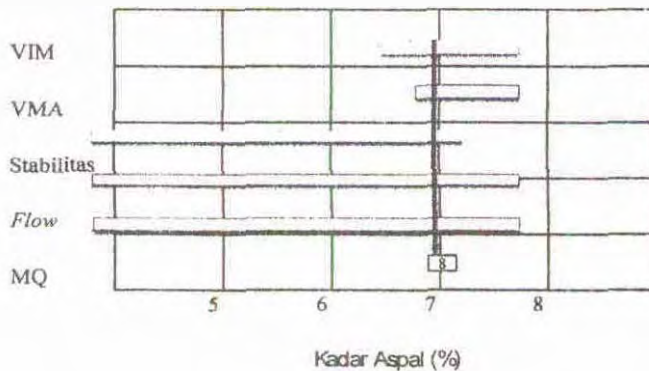


Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal





Kadar aspal = 8 % pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 50/50

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran
 $y = 0.074x^2 - 2.492x + 18.23$
 $= 3.03 \%$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat
 $y = -0.118x^2 + 3.303x - 0.702$
 $= 18.17 \%$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas
 $y = -3.186x^2 - 30.46x + 1268$
 $= 820.416 \text{ kg}$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap *flow*
 $y = 0.042x^2 - 0.516x + 3.854$
 $= 2.414 \text{ mm}$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ
 $y = -3.8452 + 15.05x + 469.4$
 $= 343.72 \text{ kg/mm}$ (memenuhi)

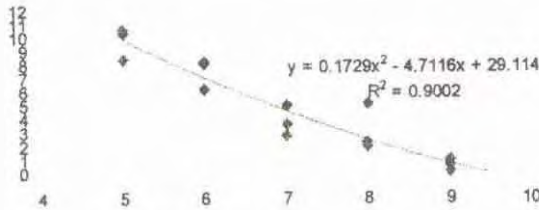
Berikut nilai-nilai optimum yang didapat dari setiap grafik dengan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh, sesuai dengan analisis yang telah dilakukan :

Tabel 5.15 Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 50/50

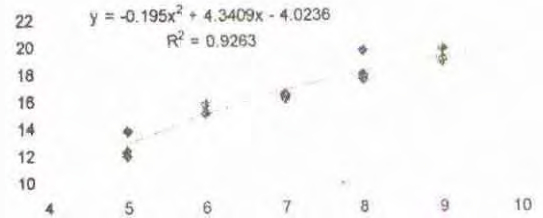
Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8 %	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	3.03 %	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	18.17 %	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	820.416 kg	Memenuhi
Flow	> 2mm	2.414 mm	Memenuhi
MQ	> 200 kg/mm	343.72 kg/mm	Memenuhi

5.5.9 Proporsi Agregat Kasar 25/75 dan Agregat Halus 75/25

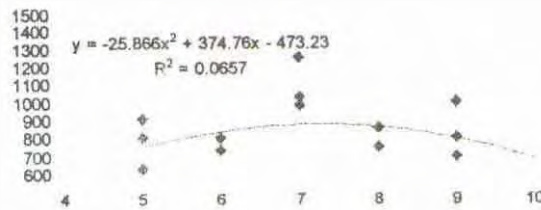
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



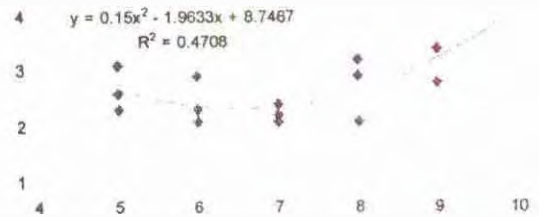
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



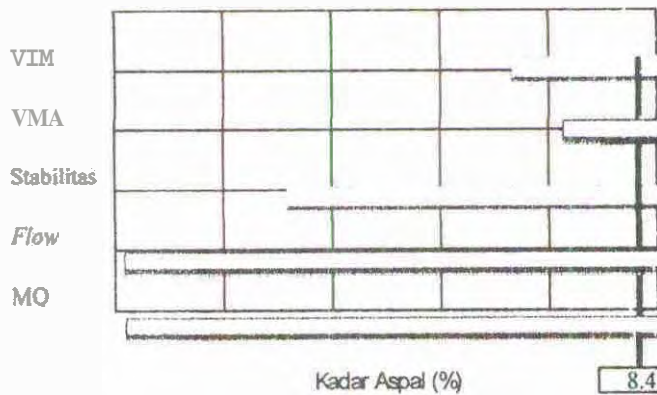
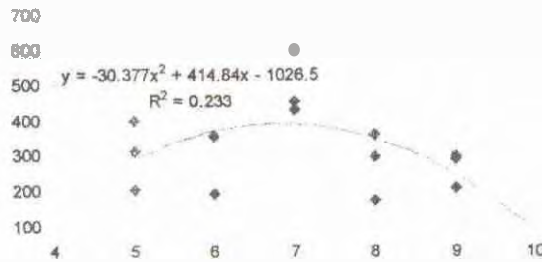
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal



Kadar aspal = 8.4 % pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 75/25

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran
 $y = 0.172 x^2 - 4.711x + 29.11$
 $= 1.674\%$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat
 $y = -0.195 x^2 + 4.34x - 4.023$
 $= 18.674\%$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas
 $y = -25.86 x^2 + 374.7x - 473.2$
 $= 849.598 \text{ kg}$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap *flow*
 $y = 0.15 x^2 - 1.963x + 8.746$
 $= 2.841 \text{ mm}$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ
 $y = -30.37 x^2 + 414.8x - 1926$
 $= 315.413 \text{ kg/mm}$ (memenuhi)

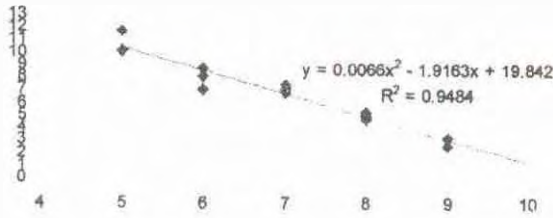
Berikut nilai-nilai optimum yang didapat dari setiap grafik dengan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh, sesuai dengan analisis yang telah dilakukan :

Tabel 5.16 Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 25/75 dan agregat halus 75/25

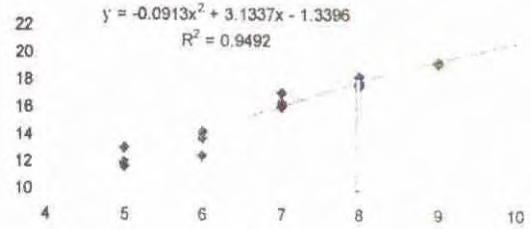
Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8.4 %	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	1.674 %	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	18.674 %	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	849.598 kg	Memenuhi
<i>Flow</i>	> 2mm	2.841 mm	Memenuhi
<i>MQ</i>	> 200 kg/mm	315.413 kg/mm	Memenuhi

5.5.10 Proporsi Agregat Kasar 25/75 dan Agregat Halus 100/0

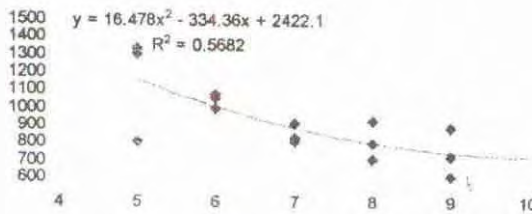
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



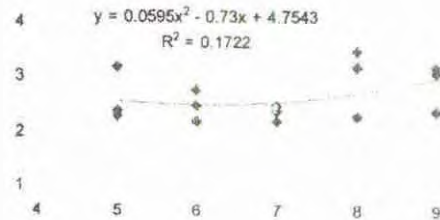
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



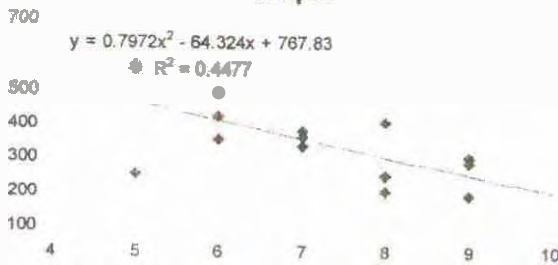
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

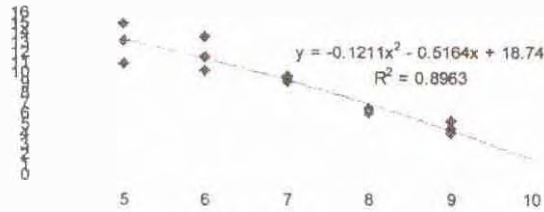


	5	6	7	8	9
VIM	113	105	100	95	90
VMA	12	13	16	17	18
Stabilitas	800	1000	850	800	750
Flow	2.5	2.8	2.5	3.2	3.0
MQ	250	400	350	400	280

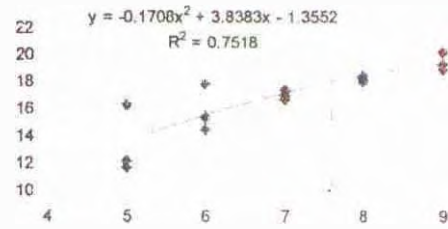
Kadar Aspal (%)

5.5.11 Proporsi Agregat Kasar 50/50 dan Agregat Halus 0/100

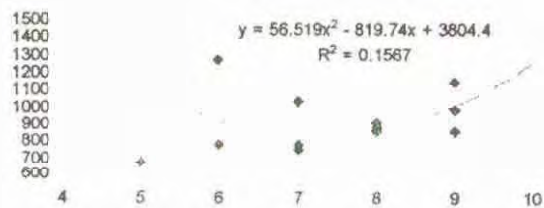
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



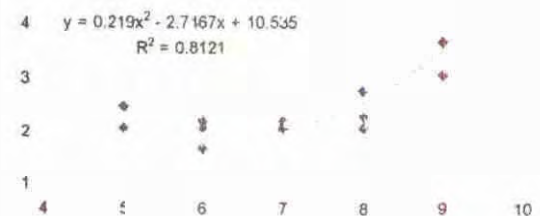
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



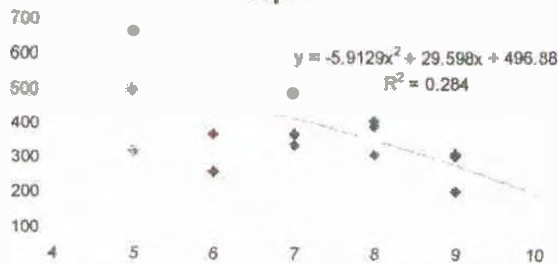
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

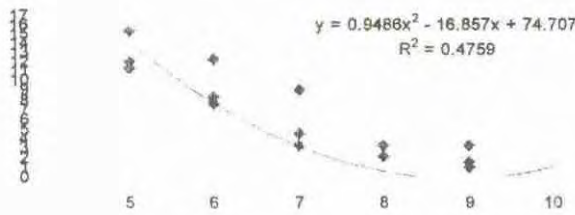


	5	6	7	8	9
VIM					
VMA					
Stabilitas					
Flow					
MQ					

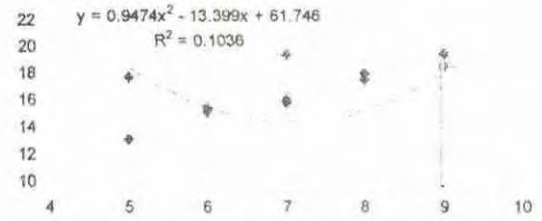
Kadar Aspal (%)

5.5.12 Proporsi Agregat Kasar 50/50 dan Agregat Halus 25/75

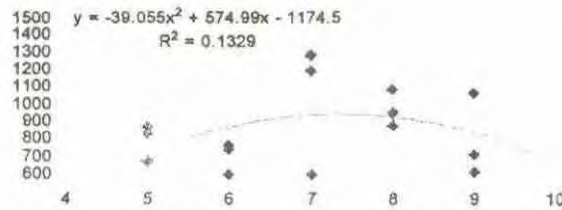
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



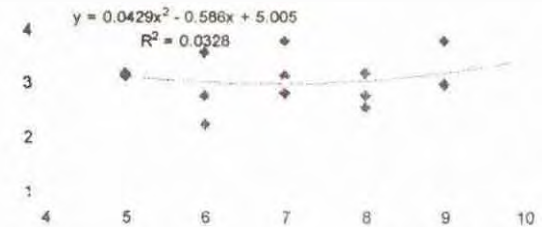
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



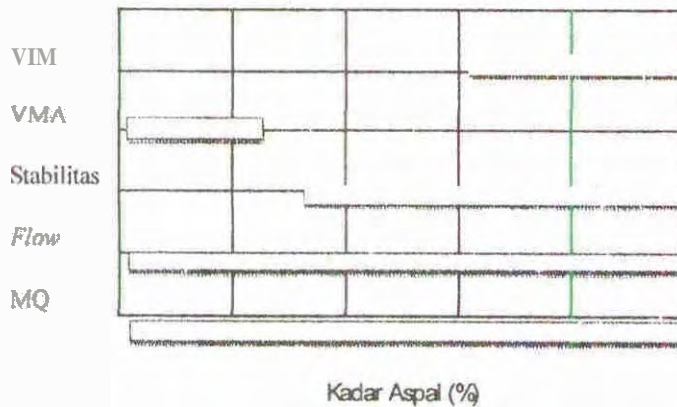
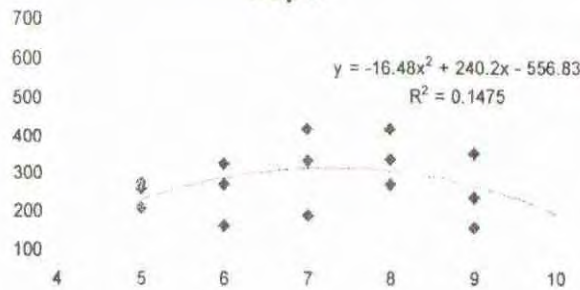
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

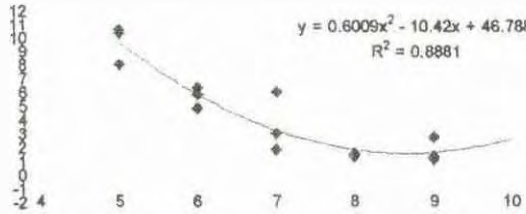


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

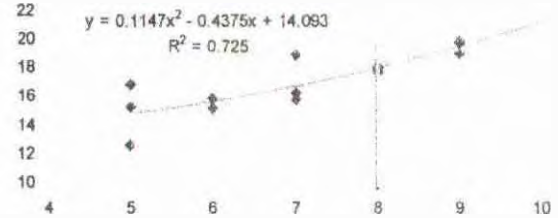


5.5.13 Proporsi Agregat Kasar 50/50 dan Agregat Halus 50/50

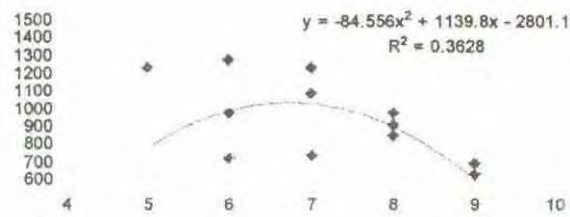
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



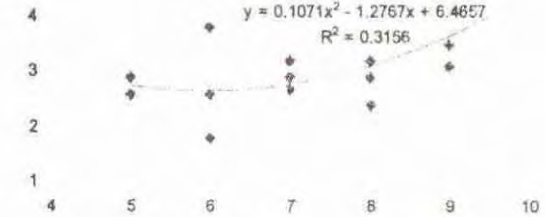
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



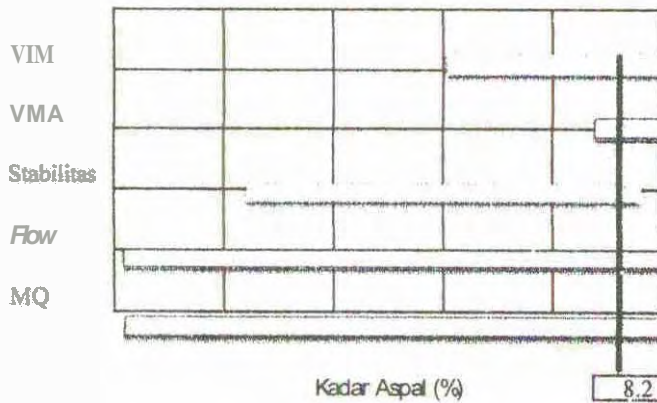
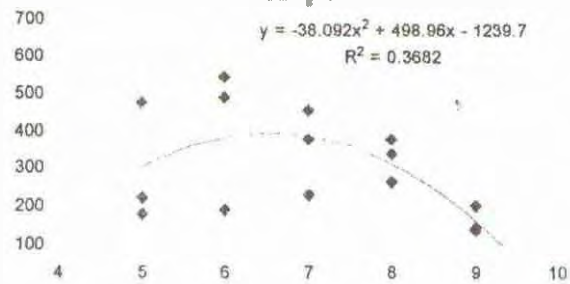
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal



Kadar aspal = 8.2 % pada proporsi agregat kasar 50/50 dan agregat halus 50/150

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran
 $y = 0.6 x^2 - 10.42x + 46.78$
 $= 1.588 \%$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat
 $y = 0.114 x^2 + 0.437x + 14.09$
 $= 18.463 \%$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas
 $y = -84.55 x^2 + 113x - 2801$
 $= 800.752 \text{ kg}$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap *flow*
 $y = 0.107 x^2 - 1.276x + 6.465$
 $= 3.296 \text{ mm}$ (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ
 $y = -38.097 x^2 + 498.9x - 1239$
 $= 264.129 \text{ kg/mm}$ (memenuhi)

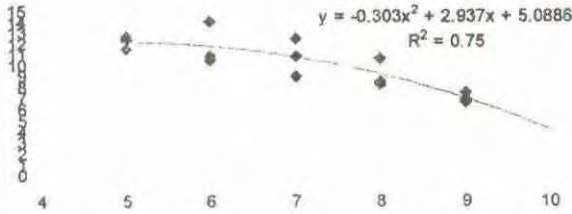
Berikut nilai-nilai optimum yang didapat dari setiap grafik dengan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh, sesuai dengan analisis yang telah dilakukan :

Tabel 5.17 Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 50/50 dan agregat halus 50/50

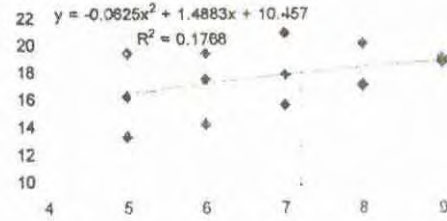
Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8.2 %	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	1.588 %	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	18.463 %	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	800.752 kg	Memenuhi
<i>Flow</i>	> 2mm	3.296 mm	Memenuhi
<i>MQ</i>	> 200 kg/mm	264.129 kg/mm	Memenuhi

5.5.14 Proporsi Agregat Kasar 50/50 dan Agregat Halus 75/25

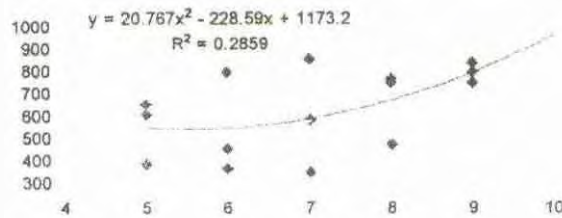
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



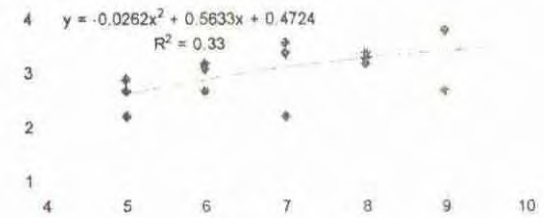
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



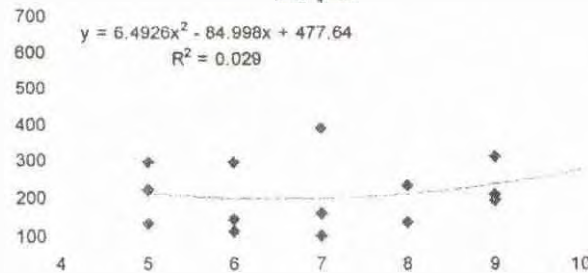
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

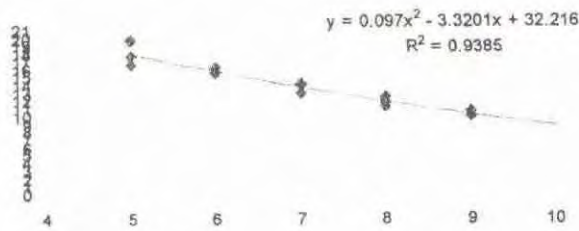


VIM					
VMA					
Stabilitas					
Flow					
MQ					

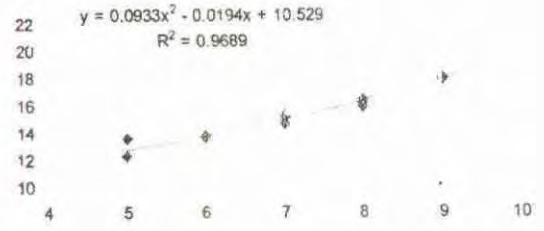
Kadar Aspal (%)

5.5.15 Proporsi Agregat Kasar 50/50 dan Agregat Halus 100/0

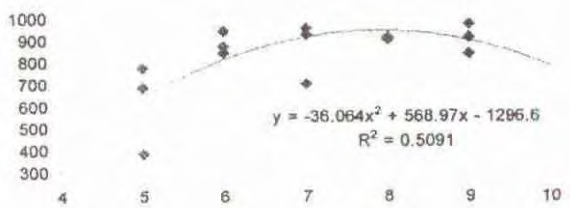
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



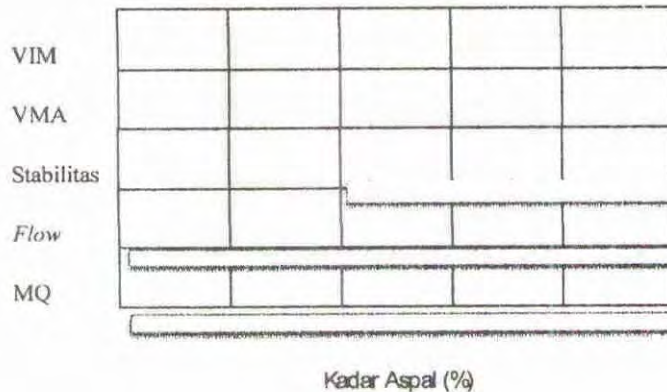
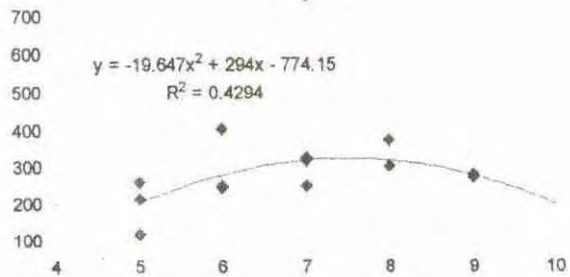
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

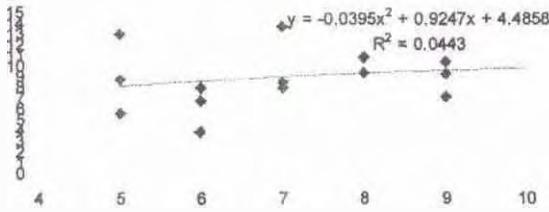


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

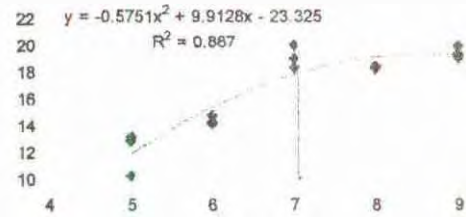


5.5.16 Proporsi Agregat Kasar 75/25 Agregat Halus 100/0

Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



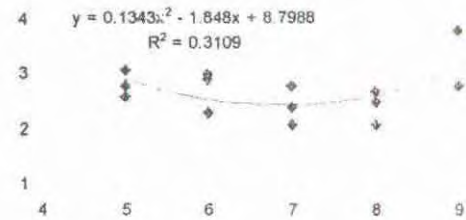
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



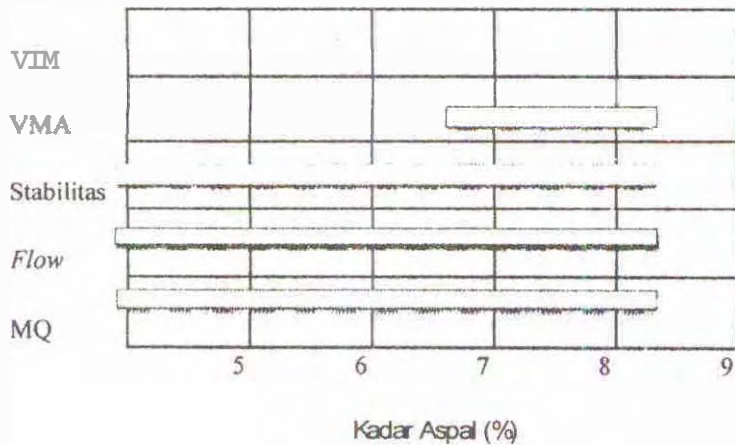
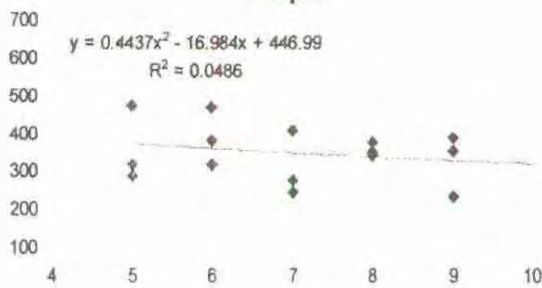
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

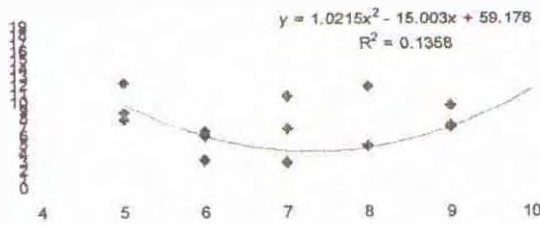


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

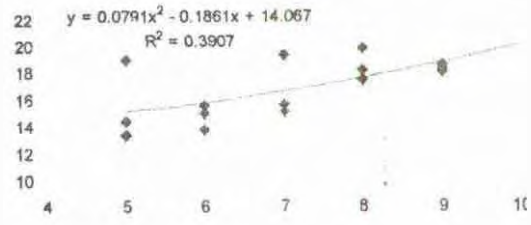


5.5.17 Proporsi Agregat Kasar 75/25 Agregat Halus 25/75

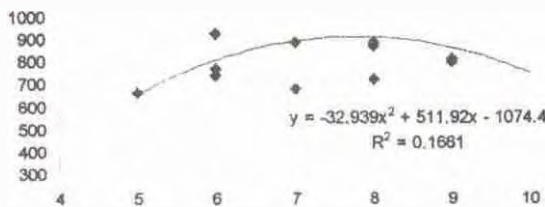
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



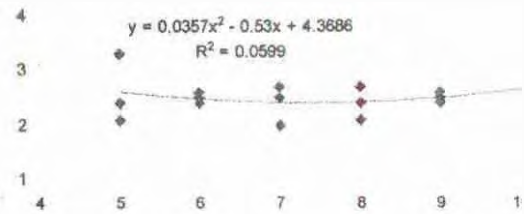
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



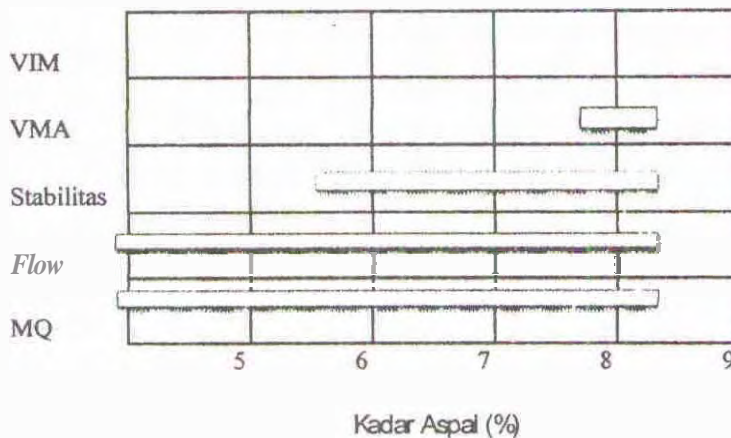
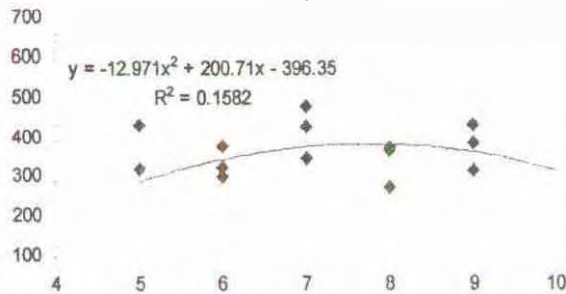
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

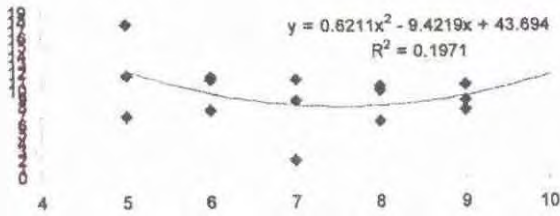


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

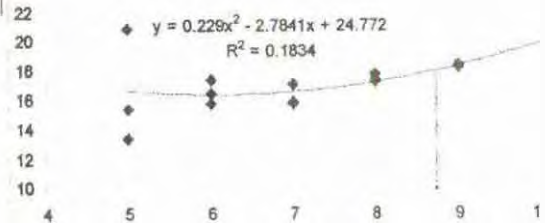


5.5.18 Proporsi Agregat Kasar 75/25 Agregat Halus 50/50

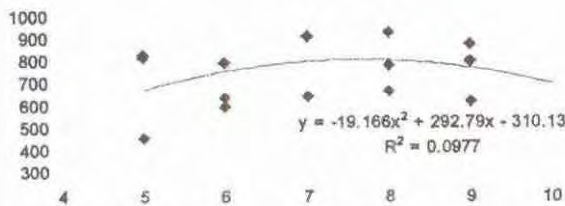
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



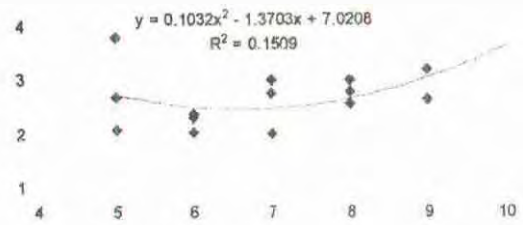
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



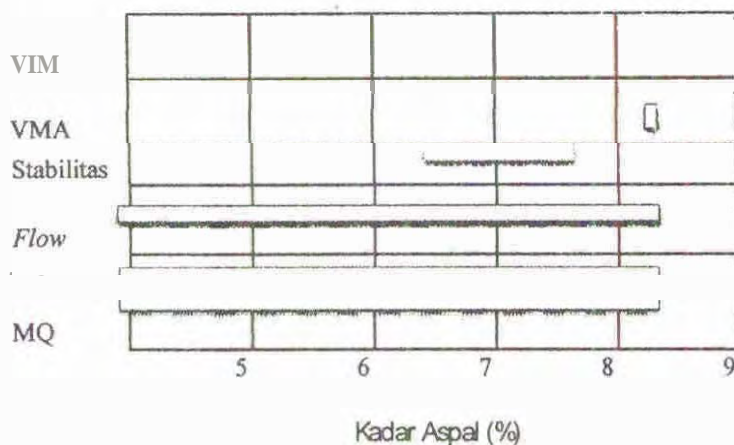
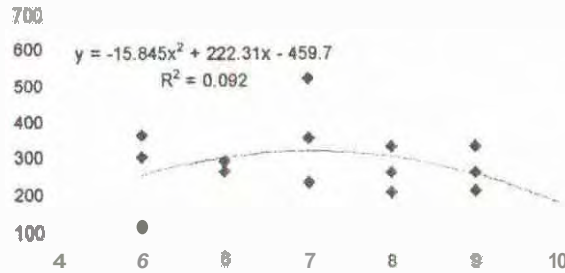
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

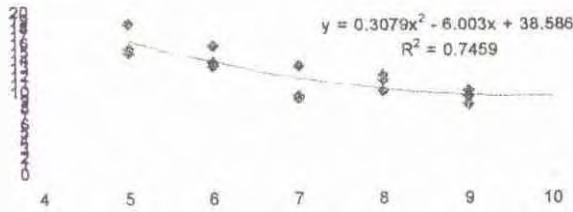


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

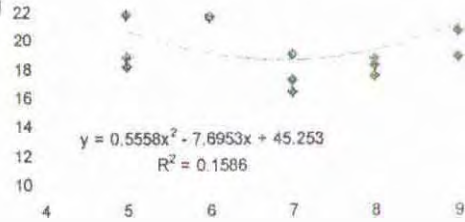


5.5.19 Proporsi Agregat Kasar 75/25 Agregat Halus 75/25

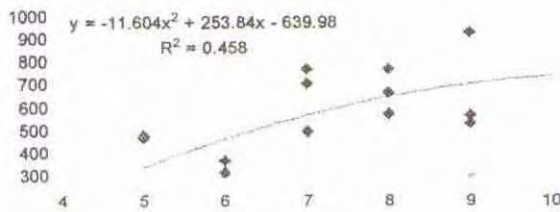
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



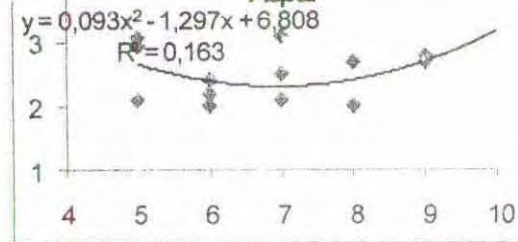
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



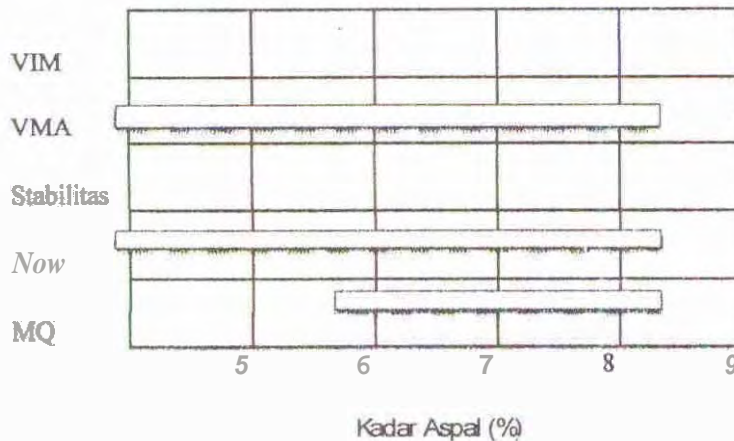
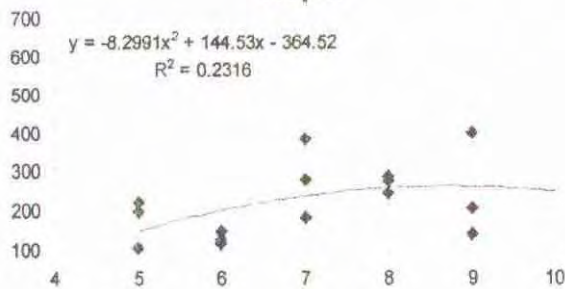
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

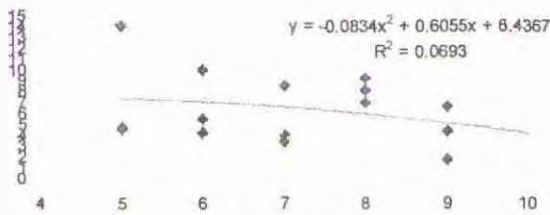


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

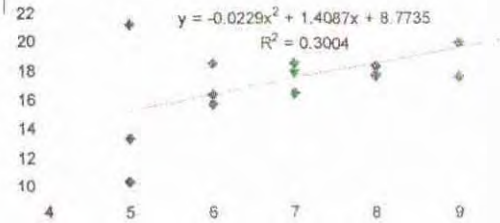


5.5.20 Proporsi Agregat Kasar 75/25 Agregat Halus 100/0

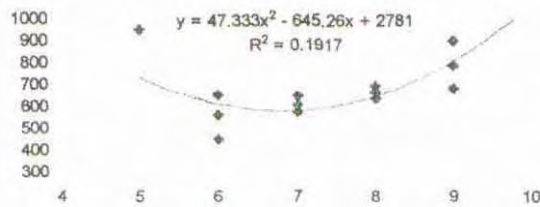
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



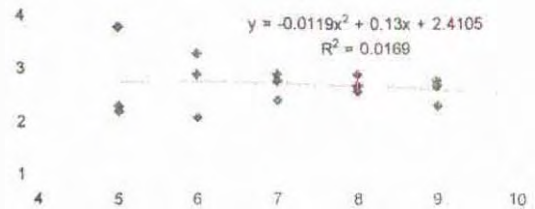
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



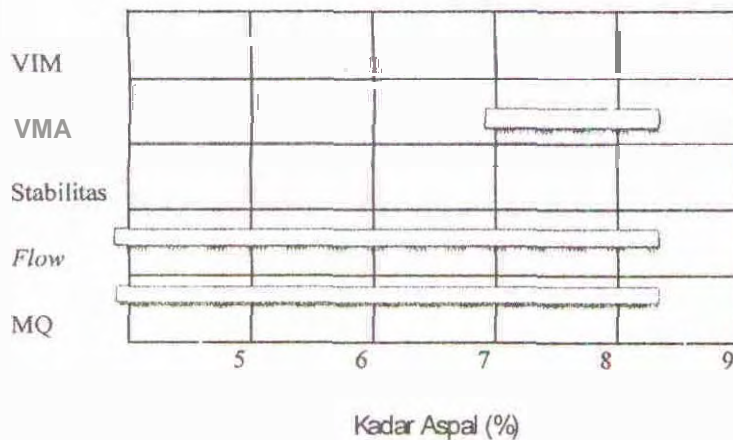
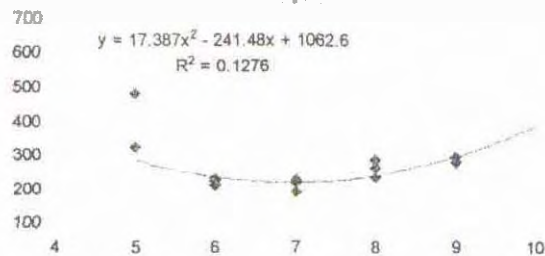
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

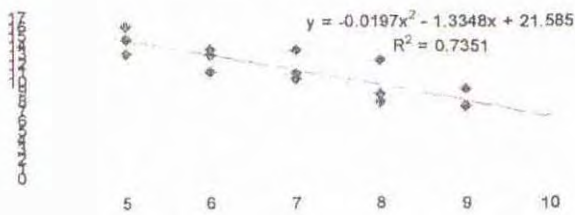


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

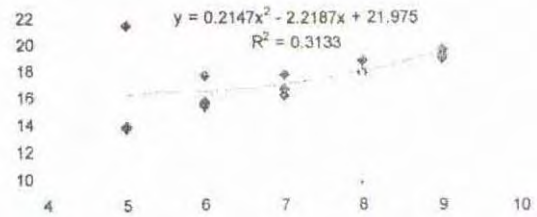


5.5.21 Proporsi Agregat Kasar 100/0 Agregat Halus 0/100

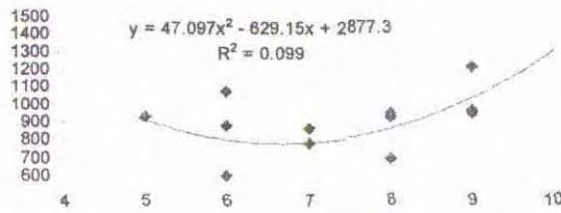
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



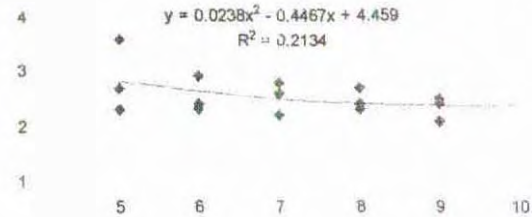
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



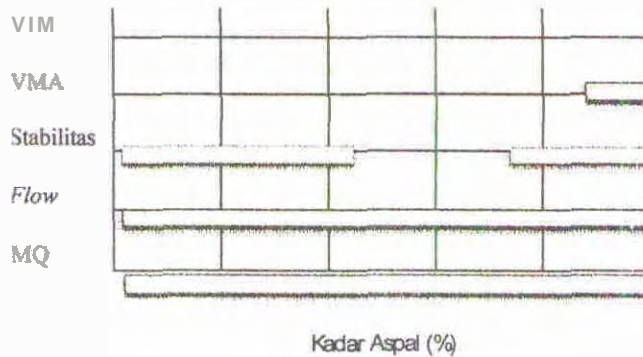
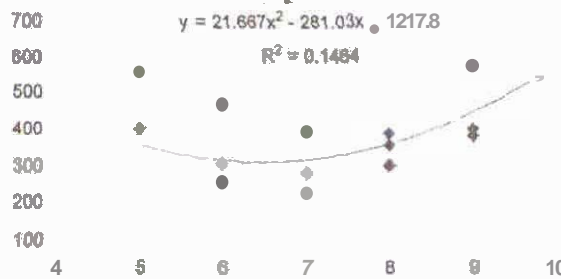
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

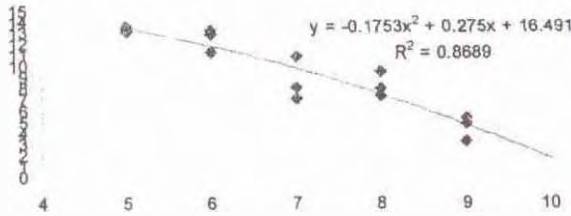


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

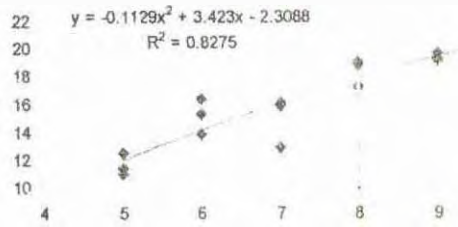


5.5.22 Proporsi Agregat Kasar 100/0 Agregat Halus 25/75

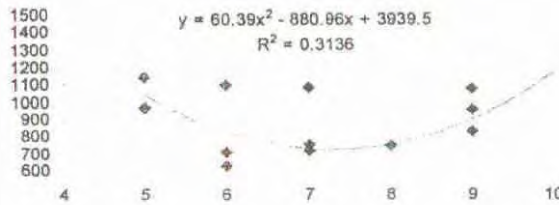
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



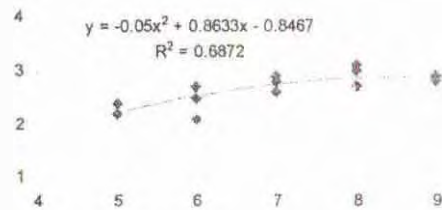
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



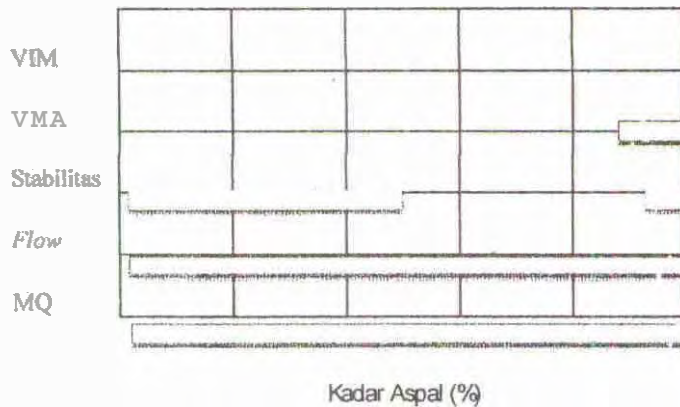
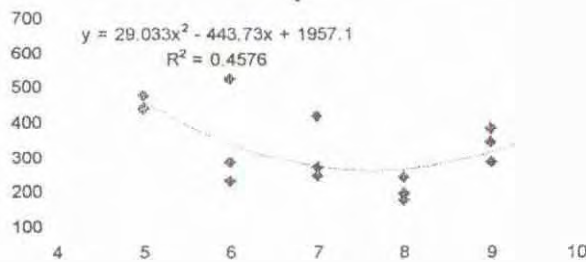
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

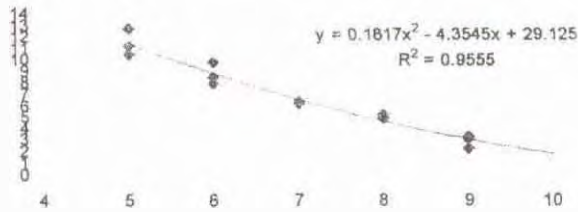


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

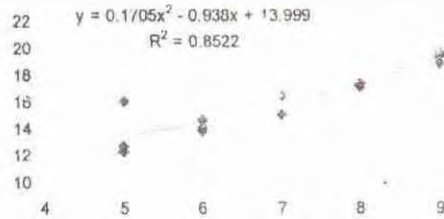


5.5.23 Proporsi Agregat Kasar 100/0 Agregat Halus 50/50

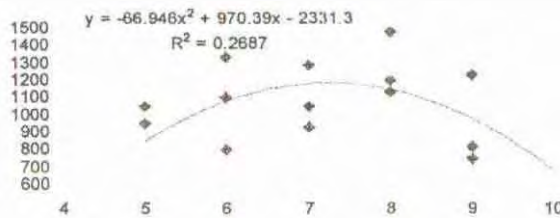
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



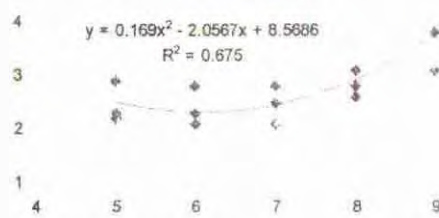
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



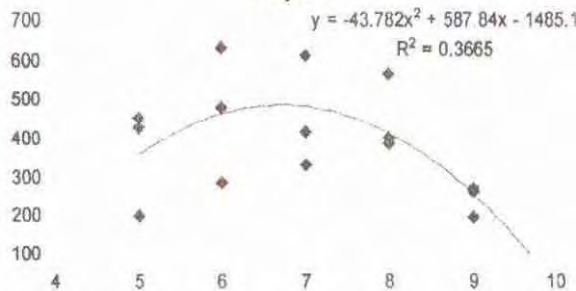
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



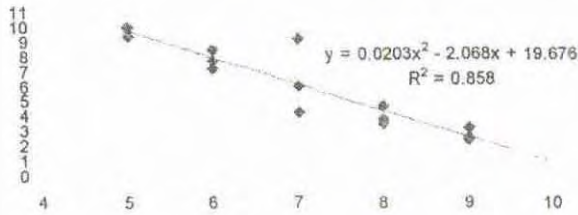
Perbandingan MQ dan Kadar Aspal



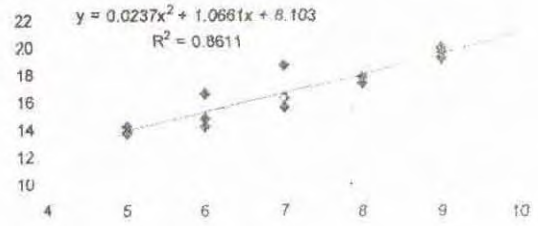
	5	6	7	8	9
VIM					
VMA					
Stabilitas					
Flow					
MQ					
	Kadar Aspal (%)				

5.5.24 Proporsi Agregat Kasar 100/0 Agregat Halus 75/25

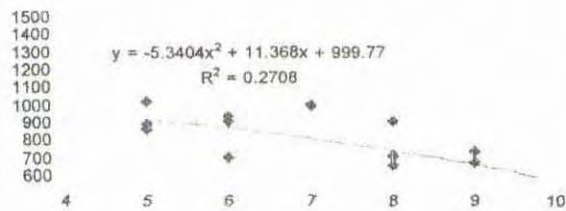
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



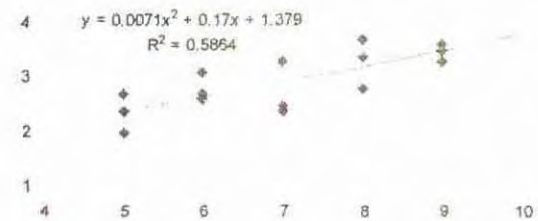
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



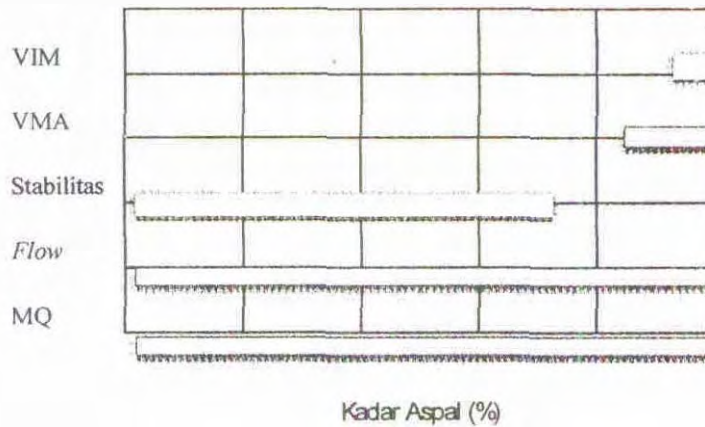
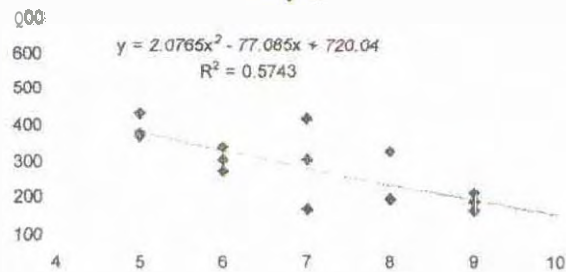
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal

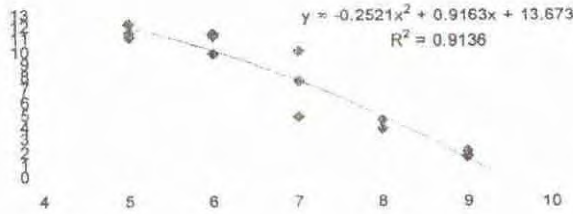


Perbandingan MQ dan Kadar Aspal

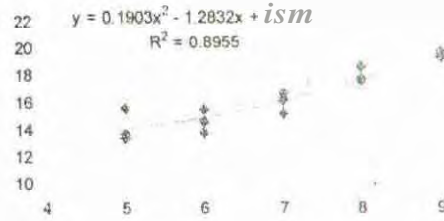


5.5.25 Proporsi Agregat Kasar 100/0 Agregat Halus 100/0

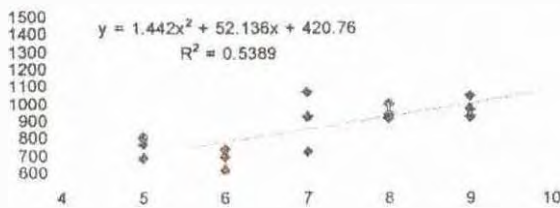
Perbandingan VIM dan Kadar Aspal



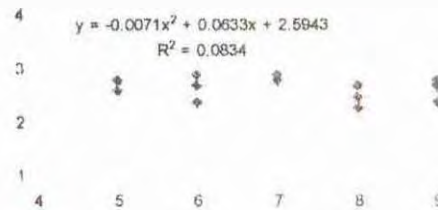
Perbandingan VMA dan Kadar Aspal



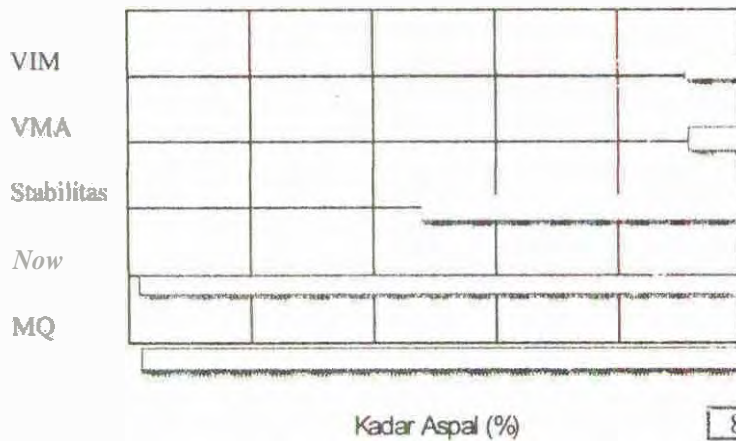
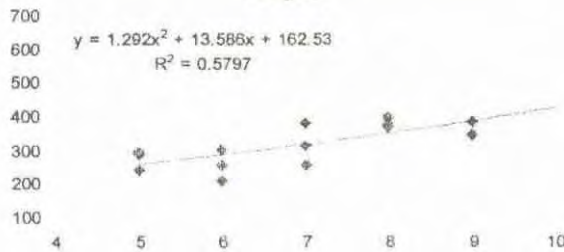
Perbandingan Stabilitas dan Kadar Aspal



Perbandingan Flow dan Kadar Aspal



Perbandingan MQ dan Kadar Aspal



Kadar aspal = 8.55 % pada proporsi agregat kasar 100/0 dan agregat halus 0/100

- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga dalam campuran
 $y = -0.25 x^2 + 0.916x + 13.67$
 = 3.226 % (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap rongga antar butiran agregat
 $y = 0.19 x^2 - 1.283x + 15.74$
 = 18.659 % (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap stabilitas
 $y = 1,442 x^2 + 52.13x + 420.7$
 = 971.825 kg (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap *flow*
 $y = -0,007 x^2 + 0.063x + 2.594$
 = 2.621 mm (memenuhi)
- Grafik hubungan prosentase aspal terhadap MQ
 $y = 1.292 x^2 + 13.58x + 162.5$
 = 373.057 kg/mm (memenuhi)

Berikut nilai-nilai optimum yang didapat dari setiap grafik dengan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh, sesuai dengan analisis yang telah dilakukan :

Tabel 5.19 Tabel karakteristik pada proporsi agregat kasar 100/0 dan agregat halus 0/100

Karakteristik	Persyaratan Bina Marga	KAO = 8.55 %	Keterangan
% Rongga dalam campuran	1% - 4%	3.226 %	Memenuhi
% Rongga antar butiran agregat	>18%	18.659 %	Memenuhi
Stabilitas	>800 kg	971.825 kg	Memenuhi
<i>Flow</i>	> 2mm	2.621 mm	Memenuhi
<i>MQ</i>	> 200 kg/mm	373.057 kg/mm	Memenuhi

Pada metode diagram pita, *Asphalt Institute*, dan Iterasi Generalized Newton's tidak diperoleh kadar aspal optimum, kadar agregat optimum yang disebabkan oleh variabel yang terlalu banyak, maka kadar aspal optimum akan dicari dengan memilih proporsi campuran HRS dari 375 buah benda uji yang memenuhi semua persyaratan Marshall pada campuran HRS sesuai spesifikasi Bina Marga.

Tabel 5.20 Tabel proporsi yang memenuhi persyaratan Bina Marga

Agr Kasar Agr Halus	0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
0/100	-	√	-	-	-
25/75	√	√	-	-	-
50/50	-	√	√	-	√
75/25	-	√	-	-	-
100/0	√	-	-	-	√

Keterangan:

- = tidak memenuhi persyaratan Bina Marga
- √ = memenuhi persyaratan Bina Marga

Dari tabel diatas dapat dilihat ada 9 proporsi yang memenuhi semua persyaratan Marshall pada campuran HRS sesuai spesifikasi Bina Marga.

Tabel 5.21 Kadar Aspal Optimum Pada Setiap Variasi Proporsi Agregat

Agr Kasar Agr Halus	0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
0/100	-	8.95%	-	-	-
25/75	8.6%	8.3%	-	-	-
50/50	-	8%	8.2%	-	8.7%
75/25	-	8.4%	-	-	-
100/0	8.7%	-	-	-	8.55%

Pada penelitian ini didapatkan 9 proporsi yang memenuhi semua persyaratan Marshall pada campuran HRS sesuai spesifikasi Bina Marga, yang nilai kadar aspalnya antara 8-9% dengan berbagai proporsi agregat. Didapat kadar aspal optimum yang digunakan adalah sebesar 8.2% dengan proporsi agregat kasar 50/50 dan agregat halus 50/50. Bila menggunakan proporsi agregat kasar 100/0 dan agregat halus 100/0 tidak bisa digunakan karena pada test abrasi dan test terhadap tumbukan tidak memenuhi persyaratan bina marga yang telah ditetapkan(lihat tabel 5.1). Oleh karena itu dicari proporsi lainyang mempunyai kadar aspal rendah,dalam tabel 5.11 dapat dilihat bahwa

kadar aspal yang rendah yaitu kadar aspal sebesar 8% dengan agregat kasar 25/75 dan agregat halus 50/50 dan kadar aspal sebesar 8.2% dengan agregat kasar 50/50 dan agregat halus 50/50. Maka diambil kadar aspal 8.2 karena penggunaan piropilit untuk agregat kasarnya lebih besar, yaitu sebesar 50% sedangkan untuk kadar aspal 8% penggunaan agregat halus hanya 25%.

RENCANA KEGIATAN

5.6 Contoh perhitungan Konsentrasi Campuran Asam dan Waktu Reaksi (Waktu Perendaman)

a. Data yang diketahui:

Luas kota Surabaya berdasarkan perhitungan manual peta = $2,35044558 \times 10^{12} \text{ cm}^2$

Data curah hujan dan polusi udara berdasarkan BPLH Surabaya tahun 2007/2008,, meliputi:

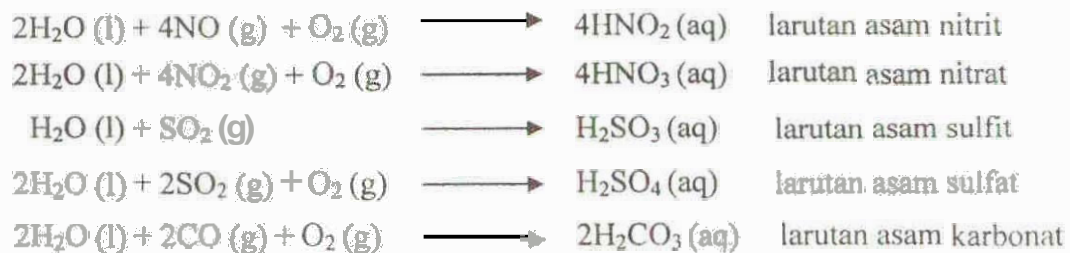
- Tinggi curah hujan (cm)
- Data senyawa polusi udara masing-masing senyawa pencemar yaitu NO_x , NO_2 , CO dan SO_2 (10^{-12} g/cm^3)

Data yang dicari berdasarkan poin 1:

Contoh perhitungan untuk bulan November sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume curah hujan (cm}^3\text{)} &= \text{tinggi curah hujan} \times \text{luas kota Surabaya} \\ &= 29 \times 2,35044558 \times 10^{12} = 6,82 \times 10^{12} \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan reaksi kimia di bawah ini, dapat dilakukan perhitungan selanjutnya.



Massa senyawa polusi udara (gram) = Data polusi udara \times luas kota Surabaya \times ketinggian awan

$$\begin{aligned} \text{Massa NO} &= 16,44 \times 10^{-12} \times 2,35044558 \times 10^{12} \times 10^6 \\ &= 38641325,3352 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NO}_2 &= 31,57 \times 10^{-12} \times 2,35044558 \times 10^{12} \times 10^6 \\ &= 74203566,9606 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CO} &= 2860 \times 10^{-12} \times 2,35044558 \times 10^{12} \times 10^6 \\ &= 6722274358,8 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa SO}_2 &= 20,57 \times 10^{-12} \times 2,35044558 \times 10^{12} \times 10^6 \\ &= 48348665,5806 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Mol senyawa polusi udara (mol)} = \frac{\text{massa senyawa polusi udara}}{\text{Mr senyawa}}$$

Mr (massa molekul **relatif**) **senyawa** adalah jumlah **massa atom relatif** unsur-unsur pembentuk **senyawa tersebut setelah** masing-masing massa **atom relatif** dikalikan dengan **indeksnya**.

$$\text{Mr NO} = 30, \text{ Mr NO}_2 = 46, \text{ Mr CO} = 28, \text{ Mr SO}_2 = 64.$$

Sehingga :

$$\text{Mol NO} = \frac{38641325,3352}{30} = 1288044,177840 \text{ mol}$$

$$\text{Mol NO}_2 = \frac{74203566,9606}{46} = 1613121,020883 \text{ mol}$$

$$\text{Mol CO} = \frac{6722274358,8}{28} = 240081227,100 \text{ mol}$$

$$\text{Mol SO}_2 = \frac{48348665,5806}{64} = 755447,899697 \text{ mol}$$

Mol H₂O yang dibutuhkan untuk bereaksi (mol) =

$$\text{mol polusi udara} \times \frac{\text{koefisien H}_2\text{O}}{\text{koefisien senyawa}}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O terhadap NO} = 1288044,177840 \times \frac{2}{4} = 644022,08892 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O terhadap NO}_2 = 1613121,020883 \times \frac{2}{4} = 806560,510441 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O terhadap CO} = 240081227,1000 \times \frac{2}{2} = 240081227,100 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O terhadap SO}_2 = 755447,8996970 \times \frac{2}{2} = 755447,899697 \text{ mol}$$

Massa H₂O yang dibutuhkan untuk bereaksi (gram) = mol H₂O × Mr H₂O

$$\text{Mol H}_2\text{O terhadap NO} = 644022,08892 \times 18 = 11592397,600560 \text{ gram}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O terhadap NO}_2 = 806560,51044 \times 18 = 14518089,187944 \text{ gram}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O terhadap CO} = 240081227,10 \times 18 = 4321462087,800 \text{ gram}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O terhadap SO}_2 = 755447,89969 \times 18 = 13598062,194544 \text{ gram}$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ yang dibutuhkan untuk bereaksi (mol)} = \text{mol H}_2\text{O} \times \frac{\text{koefisien O}_2}{\text{koefisien H}_2\text{O}}$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ terhadap NO} = 644022,08892 \times \frac{3}{2} = 966033,13338 \text{ mol}$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ terhadap NO}_2 = 806560,510441 \times \frac{1}{2} = 403280,255221 \text{ mol}$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ terhadap CO} = 240081227,1 \times \frac{1}{2} = 120040613,55 \text{ mol}$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ terhadap SO}_2 = 755447,899697 \times \frac{1}{2} = 377723,949848 \text{ mol}$$

$$\text{Massa O}_2 \text{ yang dibutuhkan untuk bereaksi (gram)} = \text{mol O}_2 \times \text{Mr O}_2$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ terhadap NO} = 966033,133380 \times 32 = 30913060,26816 \text{ gram}$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ terhadap NO}_2 = 403280,255221 \times 32 = 12904968,167061 \text{ gram}$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ terhadap CO} = 120040613,550 \times 32 = 3841299633,600 \text{ gram}$$

$$\text{Mol O}_2 \text{ terhadap SO}_2 = 377723,949848 \times 32 = 12087166,39515 \text{ gram}$$

$$\text{Massa larutan asam yang dihasilkan (gram)} = \text{massa senyawa polusi} + \text{massa H}_2\text{O} + \text{massa O}_2$$

Massa NO₂ dengan senyawa utama NO

$$= 38641325,3352 + 11592397,60056 + 30913060,268 = 81146783,20392 \text{ gram}$$

Massa HNO₃ dengan senyawa utama NO₂

$$= 74203566,9606 + 14518089,187944 + 12904968,167061 = 101626624,3156 \text{ gram}$$

$$\underline{\text{Jumlah massa HNO}_3 = 182773407,519524 \text{ gram}}$$

Massa Ma dengan senyawa utama CO

$$= 6722274358,8 + 4321462087,8 + 3841299633,6 = 14885036080,2 \text{ gram}$$

Massa H₂SO₄ dengan senyawa utama SO₂

$$= 17792873,0406 + 5004245,542669 + 4448218,26015 = 74033894,170294 \text{ gram}$$

$$\text{Mol larutan asam yang dihasilkan} = \frac{\text{massa larutan asam}}{\text{Mr larutan asam}}$$

$$\text{Mr HNO}_3 = 63, \text{ Mr H}_2\text{CO}_3 = 62, \text{ Mr H}_2\text{SO}_4 = 98$$

$$\text{Mol HNO}_3 = \frac{182773407,519524}{63} = 2901165,198723 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H}_2\text{CO}_3 = \frac{14885036080,2}{62} = 240081227,1 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H}_2\text{SO}_4 = \frac{74033894,170294}{98} = 755447,899697 \text{ mol}$$

$$\text{Konsentrasi larutan asam dalam air hujan (molar)} = \frac{\text{mol larutan asam}}{\text{volume curah hujan dalam liter}}$$

$$\text{Konsentrasi HNO}_3 = \frac{2901165,198723}{(6,82 \times 10^{12}) \times 10^{-3}} = 4,26 \times 10^{-4} \text{ Molar}$$

$$\text{Konsentrasi H}_2\text{CO}_3 = \frac{240081227,1}{(6,82 \times 10^{12}) \times 10^{-3}} = 3,52 \times 10^{-2} \text{ Molar}$$

$$\text{Konsentrasi H}_2\text{SO}_4 = \frac{755447,899697}{(6,82 \times 10^{12}) \times 10^{-3}} = 1,11 \times 10^{-4} \text{ Molar}$$

Waktu reaksi (detik) =

$$\frac{\text{Jumlah massa H}_2\text{O}}{(\text{volume curah hujan} - \text{jumlah massa larutan asam})} \times 86400 \text{ detik}$$

$$\frac{(1159239760056 + 1451808987944 + 432146208,8 + 1359806294544)}{[6,82 \times 10^{12} - (8114678320392 + 10162662415604 + 1488503608,2 + 74033894170294)]} \times 86400 = 55,403 \text{ detik}$$

Total campuran asam terhadap 3 liter volume campuran =

$$\frac{\text{konsentrasi HNO}_3 + \text{konsentrasi H}_2\text{CO}_3 + \text{konsentrasi H}_2\text{SO}_4}{3 \text{ liter}}$$

$$= \frac{4,26 \times 10^{-4} + 3,52 \times 10^{-2} + 1,11 \times 10^{-4}}{3} = 1,19 \times 10^{-2} \text{ Molar}$$

Demikian juga untuk K1, K2, K3 dan K4

5.7 Pengujian Marshall pada Kondisi Optimum

Pengujian Marshall dilakukan pada proporsi optimum dengan kadar aspal optimum (KAO) 8,2%, proporsi agregat halus optimum piropilit/pecah 50/50, serta proporsi agregat kasar optimum 50/50 pada campuran HRS. Pengujian dilakukan dengan *Marshall Standard* dengan perendaman *waterbath* selama 30 menit dan *Marshall Immersion* dengan perendaman *waterbath* selama 24 jam dengan jumlah benda uji 36 buah dengan variasi lama perendaman pada larutan asam dan 3 kali perulangan. Jadi benda uji yang dipakai dalam analisis adalah 18 buah untuk *Marshall Standard* dan 18 untuk *Marshall Immersion*.

59 Perbandingan Marshall terhadap Lama Perendaman Asam

1. Analisa hubungan lama **perendaman** dengan VMA
2. Analisa **hubungan** lama **perendaman** dengan VIM
3. Analisa **hubungan** lama **perendaman dengan** stabilitas
4. Analisa hubungan lama **perendaman** dengan flow
5. Analisa hubungan lama **perendaman** dengan MQ

5.10 Pengaruh Asam terhadap Stabilitas dan Durabilitas Campuran HRS

Pengaruh penggunaan kadar aspal dan kadar agregat halus dan *filler* batu kapur pada kondisi optimum yang direndam asam selama 55,403 detik terhadap stabilitas dapat dilihat dari grafik dimana akan dibandingkan pada lama perendaman 0 hari, 1 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari Diharapkan asam bereaksi sehingga mengakibatkan kenaikan nilai stabilitas sampai perendaman 28 hari.

5.11 Perbandingan Marshall terhadap Lama Perendaman Asam Terhadap IKS

Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang diperoleh dari pengujian marshall dapat diidentifikasi sebagai nilai durabilitas suatu campuran perkerasan yang merupakan ketahanan suatu campuran terhadap pengaruh cuaca dan temperatur. Dari penelitian diharapkan bahwa nilai IKS cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya lama waktu perendaman. Hal ini dikarenakan terjadi proses pemampatan pada campuran HRS saat direndam dalam larutan asam.

DAFTAR PUSTAKA

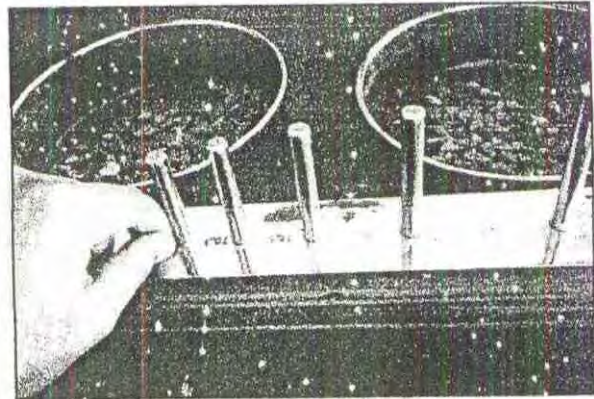
- Anonim. 1996. *Memperkenalkan Bahan Galian Golongan C di Jawa Timur : Piropilit*, Dinas Pertambangan Daerah Propinsi Jawa Timur.
- Anonim. 2000. *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2005. *Peluang Investasi*, Akses dari <http://www.kabmalang.go.id>
- Anonim. 2005. *Pacitan Selayang Pandang*, Akses dari <http://www.pacitan.go.id>
- Astuti, E. B. 2004. *Skripsi Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Nilai Stabilitas dan Fleksibilitas Hot Rolled Sheet (HRS)*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Bearat, et. al.. 2002. *Magnesium Hydroxide Dehydroxylation Carbonation Reaction Processes; Implication for Carbon Dioxide Mineral Sequestration*, Journal Of American Ceramic Society, vol. 85, 742-748.
- Fenat, R. A. S. 1993. *Skripsi Penggunaan Batu Kapur (LIMESTONE) Daerah Malang Selatan untuk Campuran Aspal Beton*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Keenan, Charles W. 1984. *Ilmu Kimia untuk Universitas*, edisi ke-6, jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- Keren, et. al. 1994. *Equilibrium and Kinetics of Borate Adsorption-Desorption on Pyrophyllite in Aqueous Suspensions*, Soil. Sci. Soc. Am. J, 58 : 1116-1122.
- Mutrofin, dkk. 2005. *Karakteristik Mineral Piropilit Sumbermanjing, Malang Selatan*, Fakultas MIPA, Teknik Kimia, Universitas Brawijaya, Malang.
- Mutrofin, dkk. 2006. *Aktifasi Dengan HCl dan Kalsinasi Terhadap Mineral Piropilit Sumbermanjing, Malang Selatan dalam Upaya Meningkatkan Prospeknya Sebagai Adsorben Anion*, Fakultas MIPA, Teknik Kimia, Universitas Brawijaya, Malang.
- Nugroho, W. H. 1990. *Perancangan dan Analisis Percobaan (I)*, Ganeca Exact, Bandung
- OTT, R Lyman. 1993. *An Introduction To Statistical Methods And Data Analysis*, Wadsworth Publishing Company, California.
- Robert, F. L. 1991. *Hot Mix Asphalt Material, Mixture Design and Construction*, NAPA Education Foundation, Maryland.
- Sainz-Diaz, et. al. 2000. *Isomorphous Substitution Effect on The Vibration Frequencies of Hydroxyl Groups in Molecular Cluster Models of The Clay Oktahedral Sheet*, American Mineralogist, vol. 85, 1038-1045.

- Suharto, Ign. 2004. *Perekayasaan Metodologi Penelitian*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*, Nova, Bandung.
- Sukirman, S. 1995. *Perencanaan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Tama, V. S. & Katharina. 2 W . Skripsi *Pengaruh Air Hujan di Surabaya Terhadap Stabilitas dan Durabilitas Campuran HRS (Hot Rolled Sheet) Yang Menggunakan Piropilit Sebagai Filler*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Utami, S. J. 2004. Skripsi *Pengaruh Campuran Asam Terhadap Durabilitas Hot Rolled Sheet (HRS)*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Wignail, A, dkk. 2003. *Proyek Jalan (Teori dan Praktek)*, Erlangga, Jakarta.

Gambar II. : Foto Alat dan Pengujian Agregat



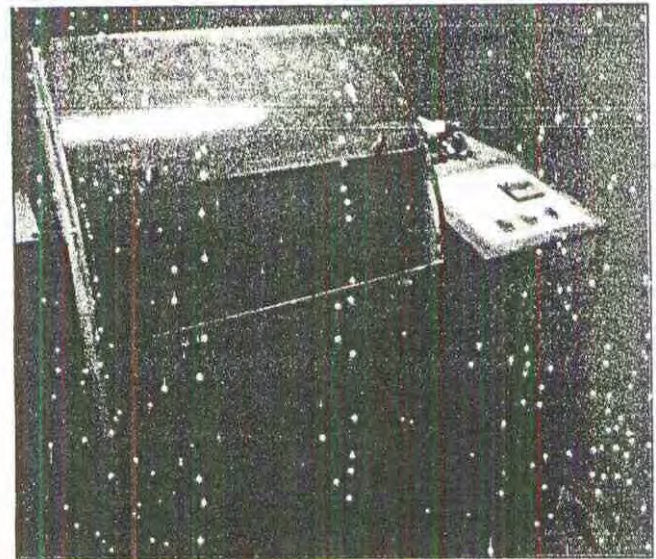
Kepipihan



Kelonjongan

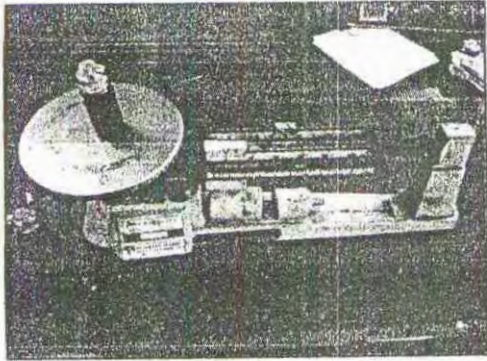


Berat Jenis Agregat Halus



Uji Abrasi

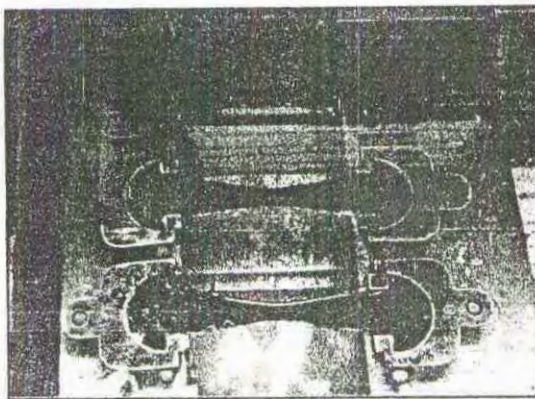
Jambar III. : Foto dan Alat Pengujian Aspal



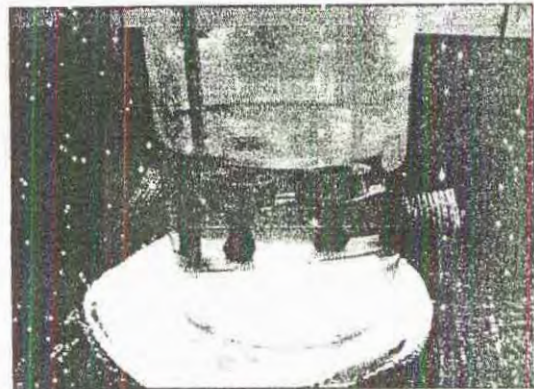
Berat Jenis Aspal



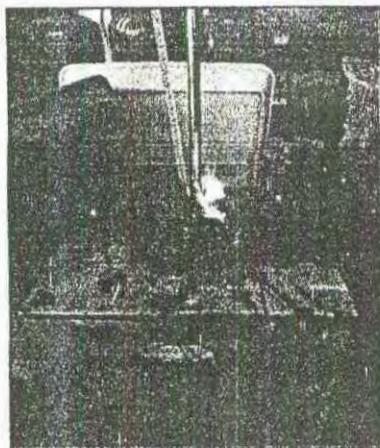
Penetrasi Aspal



Daktilitas Aspal



Titik Lembek Aspal

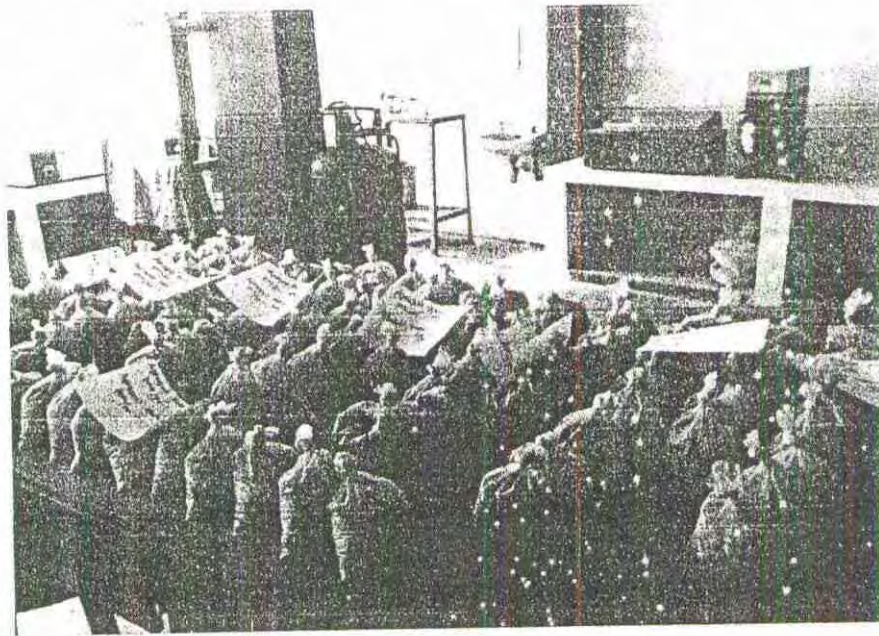
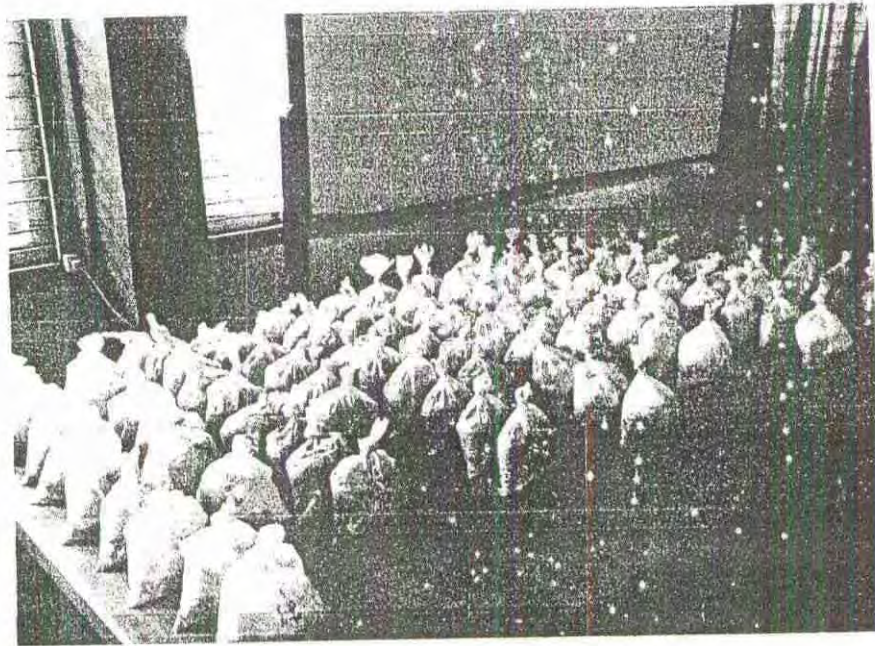


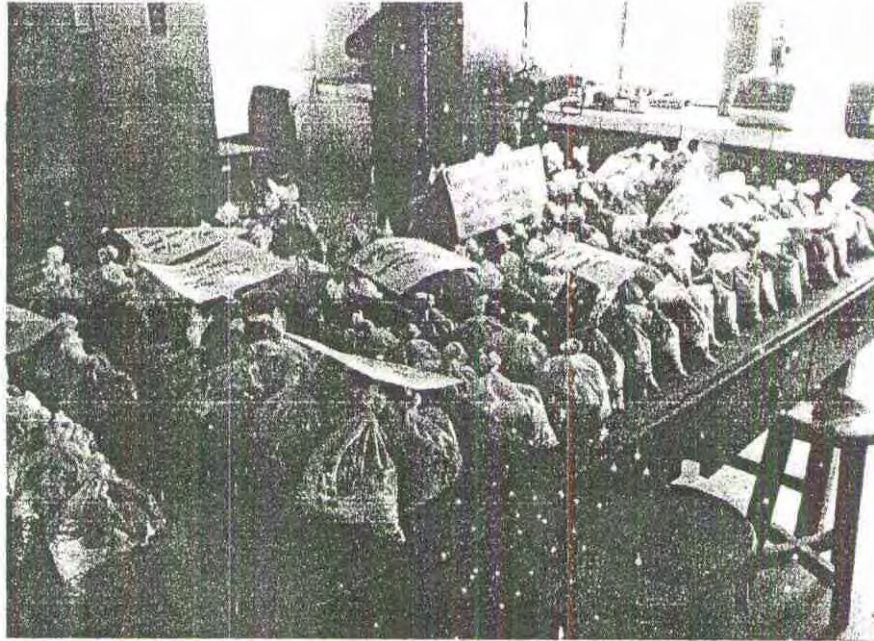
Titik Nyala



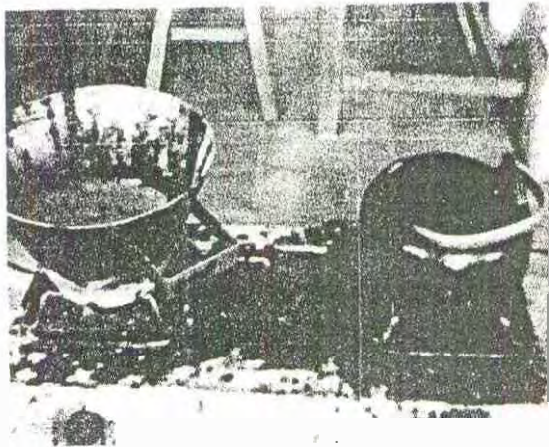
Titik Bakar

Gambar IVa. Persiapan Benda Uji

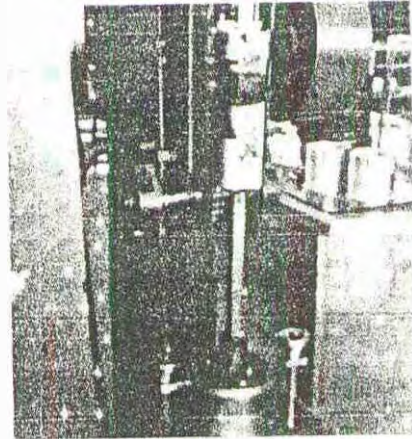




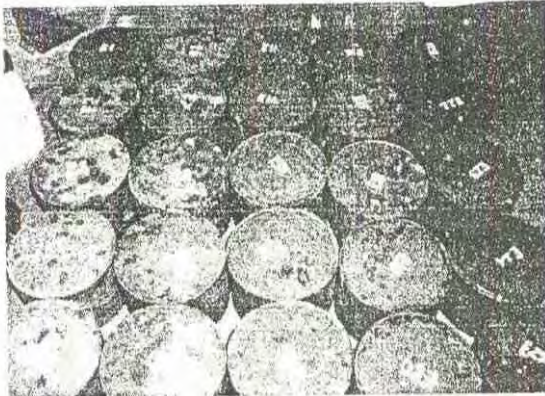
Gambar IVb. Pengujian Marshall Test



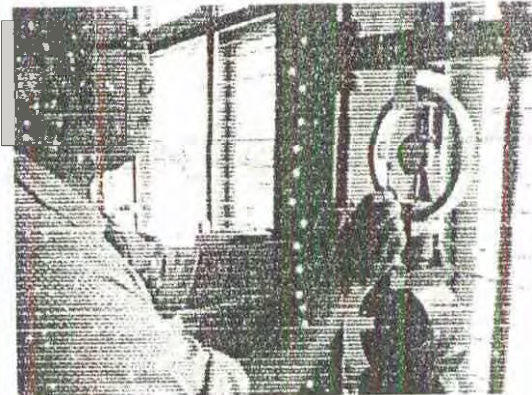
Agregat dan Aspal yang dipanaskan



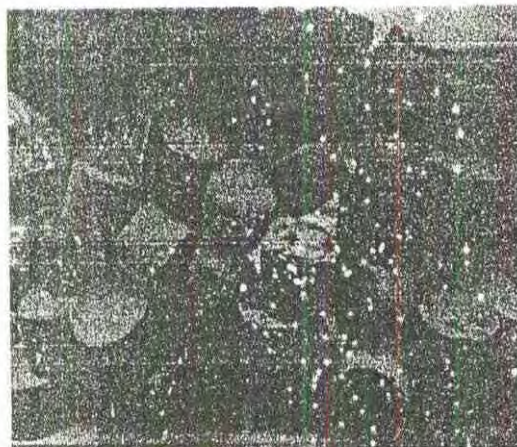
Mesin Compact



Benda Uji



Alat Marshall Test



Benda Uji Setelah Marshall Test