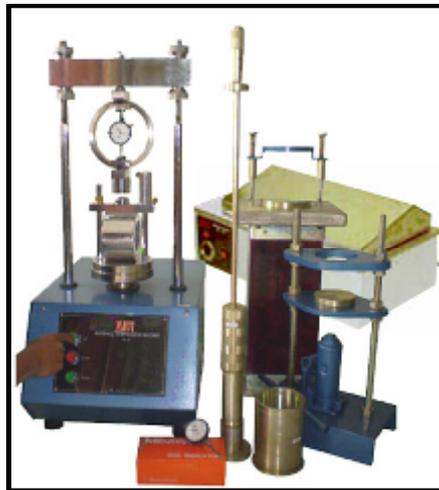




PROYEK AKHIR

KARAKTERISTIK ASPAL MODIFIKASI POLIMER AC 50/70 MENGUNAKAN AGREGAT LOKAL BANTAK PADA LALU LINTAS BERAT



Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik

Oleh :

Tino Putro Pangestu
NIM.09510134018

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2012

PERSETUJUAN

Proyek Akhir yang berjudul “**Karakteristik Aspal Modifikasi Polimer AC 50/70 Menggunakan Agregat Lokal Bantak Pada Lalu Lintas Berat**” ini telah disetujui pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, Juni 2012

Dosen Pembimbing

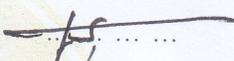
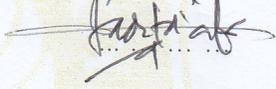


Drs. Agus Santoso, M. Pd.
NIP. 196 40822 198812 1 002

PENGESAHAN

Proyek akhir dengan judul “**Karakteristik Aspal Modifikasi Polimer AC 50/70 Menggunakan Agregat Lokal Bantak Pada Lalu Lintas Berat**” ini telah dipertahankan di depan dewan penguji pada tanggal 14 September 2012 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Drs. Agus Santoso, M. Pd.	Ketua/Pembimbing		20.09.2012
Ir. Surahmad Mursidi	Penguji I		20/09/2012
Faqih Ma'arif, M.Eng	Penguji II		20/09/12

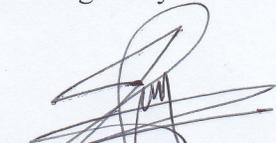
Yogyakarta, 20 September 2012
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,

Dr. Mochamad Bruri Triyono, M.Pd.
NIP. 19560216 198603 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain pada suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, September 2012
Yang menyatakan



Tino Putro Pangestu
NIM. 09510134018

**KARAKTERISTIK ASPAL MODIFIKASI POLIMER AC 50/70
MENGUNAKAN AGREGAT LOKAL BANTAK PADA LALU LINTAS BERAT**

Oleh:

Tino Putro Pangestu

Nim. 09510134018

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik marshall menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi polimer AC 50/70 (Starbit E-55) dengan menggunakan material lokal Bantak, ditinjau dari nilai stabilitas Marshall, kelelahan (*flow*), VFB (*Void filled Bitumen*), VIM (*Void in Mix*), VMA (*Void in Mineral Agregat*), MQ (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*density*),

Penelitian ini menggunakan pengujian campuran beraspal panas (*Hot Mix*) dengan metode Marshall. Kadar aspal yang digunakan berturut-turut sebesar 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7% dengan masing-masing varian dibuat 3 benda uji. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Tahapan pelaksanaan meliputi pemeriksaan agregat (agregat halus dan agregat kasar), pemeriksaan *filler*, pembuatan benda uji campuran beton aspal dan pengujian menggunakan metode Marshall.

Hasil uji kinerja karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum (KAO) 6,5% adalah sebagai berikut: nilai rerata stabilitas Marshall 1197,6 kg, nilai rerata Kepadatan (*Density*) 2,34 gr/cc, nilai rerata Kelelahan (*Flow*) 3,1 mm, nilai rerata VIM (*Void in Mix*) 4,83%, nilai rerata VMA (*Void in Mineral Agregat*) 13,40%, nilai rerata VFB (*Void Filled Bitumen*) 60,61%, dan nilai rerata MQ (*Marshall Quotient*) 391,08 kg/mm.

Kata Kunci : Agregat Bantak, Aspal modifikasi polimer AC50/70

MOTTO

“ Jalani hidup ini dengan iktas, sabar, dan senyuman ”

“Disetiap kesulitan pasti ada kemudahan”

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT

Persembahkan kepada kedua orang tua yang selalu memberikan Do'a restu, nasehat dan dorongan untuk menjadi manusia yang berguna.

Teman-teman “Suzuran E_09” D3 Teknik Sipil .

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah S.W.T atas berkat rahmat taufik dan hidayah-Nya, penyusun dapat menyelesaikan dan menyusun Tugas Akhir dengan judul **“Karakteristik Aspal Modifikasi Polimer AC 50/70 Menggunakan Agregat Lokal Bantak Pada Lalu Lintas Berat”** dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah yang wajib ditempuh oleh semua mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Dalam Tugas Akhir ini penyusun dibantu oleh banyak pihak oleh karena itu melalui kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Agus Santoso, M. Pd. selaku Pembimbing Tugas Akhir dan Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Faqih Ma'arif, M.Eng. selaku dosen Pembimbing dan Penguji II Proyek Akhir.
3. Bapak Sudarman, S.Pd, selaku Teknisi Laboratorium di Jurusan Teknik dan Perencanaan Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
4. Ayah dan Ibu tercinta yang telah banyak memberikan dukungan moril dan materil serta doa sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Dodi, Aqif, Dika dan Dini, selaku teman-teman seperjuangan dalam penyusunan Tugas Akhir.

6. Bapak Dr. Ing. Satoto E.N, S.T, M.Sc, M. Eng, selaku Koordinator Proyek Akhir Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Bapak Imam Muchoyar, M.Pd, selaku Ketua Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
8. Teman-teman angkatan 2009 Khususnya kelas E di Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
9. Serta semua pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna hal ini disebabkan karena keterbatasan pengetahuan penyusun. Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini dan semoga dapat bermanfaat bagi insan Teknik Sipil khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Yogyakarta, Juni 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Beton aspal	7
B. Aspal modifikasi polimer	8
C. Agregat	9
1. Pengertian agregat	9
2. Sifat agregat sebagai material perkerasan jalan	12
3. Daya tahan agregat	13
4. Daya lekat aspal terhadap agregat	13
5. Berat jenis agregat	14

D. Agregat kasar	15
E. Agregat halus	18
F. Bahan pengisi (<i>filler</i>)	19
G. Gradasi agregat	19
H. Fungsi aspal sebagai material perkerasan jalan	21
I. Sifat volumetrik dari campuran beton aspal	22
J. Pengujian marshall	23
K. Parameter dan formula perhitungan	24
1. Berat jenis <i>bulk</i> dan <i>apparent</i> total agregat	24
2. Berat jenis efektif agregat	25
3. Berat jenis maksimum campuran	26
4. Berat jenis bulk campuran padat	27
5. Penyerapan aspal	27
6. Kadar aspal efektif	28
7. Rongga diantara mineral agregat (VMA)	28
8. Rongga di dalam campuran (VIM)	29
9. Rongga udara terisi aspal (VFB)	30
10. Stabilitas	31
11. <i>Flow</i>	31
12. Hasil bagi marshall	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode dan desain	32
B. Variabel penelitian	34
C. Bahan penelitian	36
D. Peralatan penelitian	37
E. Pengujian bahan	42
1. Pengujian agregat kasar	42
2. Pengujian agregat halus	42
3. Filler	43
4. Pengujian aspal	43

F. Pengujian marshall	43
-----------------------------	----

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian.....	47
1. Pemeriksaan aspal	47
2. Pemeriksaan agregat bantak	48
3. Hasil pengujian marshall	50
B. Pembahasan	51
1. Pemeriksaan aspal	51
2. Pemeriksaan agregat	53
3. Pengujian marshall	54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	72
B. Saran	72

DAFTAR PUSTAKA	74
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Rumus kimia polimer dan monomer	8
Gambar 2. Skema butir agregat	14
Gambar 3. Fungsi aspal pada setiap butir agregat	21
Gambar 4. Perbedaan fungsi aspal pada lapisan jalan	22
Gambar 5. Skematis berbagai jenis volume beton aspal	23
Gambar 6. Bagan alir penelitian	34
Gambar 7. Flowchart hubungan variabel	36
Gambar 8. <i>Ejector</i>	38
Gambar 9. Mesin penumbuk	38
Gambar 10. Landasan pemadat	39
Gambar 11. Kepala penekan	39
Gambar 12. Cincin penguji	40
Gambar 13. Arloji pengukur	40
Gambar 14. Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas.....	55
Gambar 15. Grafik hubungan kadar aspal dan flow	58
Gambar 16. Grafik hubungan kadar aspal dan VFB	60
Gambar 17. Grafik hubungan kadar aspal dan VIM	62
Gambar 18. Grafik hubungan kadar aspal dan VMA	64
Gambar 19. Grafik hubungan kadar aspal dan MQ	66
Gambar 20. Grafik hubungan kadar aspal dan density	68
Gambar 21. Grafik KAO campuran aspal dan agregat bantak.....	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Ukuran butir agregat	12
Tabel 2. Persyaratan agregat kasar	18
Tabel 3. Persyaratan agregat halus	18
Tabel 4. Ukuran bukaan saringan	20
Tabel 5. Ketentuan agregat kasar	42
Tabel 6. Ketentuan agregat halus	42
Tabel 7. Ketentuan <i>filler</i>	43
Tabel 8. Ketentuan aspal	43
Tabel 9. Hasil pemeriksaan aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70	48
Tabel 10. Hasil pemeriksaan aspal modifikasi polimer penetrasi 60/70	48
Tabel 11. Hasil pemeriksaan agregat bantak	50
Tabel 12. Hasil pengujian marshall untuk menentukan KAO	51
Tabel 13. Hasil pengujian stabilitas marshall	54
Tabel 14. Hasil pengujian flow marshall	57
Tabel 15. Hasil pengujian VFB marshall	59
Tabel 16. Hasil pengujian VIM marshall	61
Tabel 17. Hasil pengujian VMA marshall	63
Tabel 19. Hasil pengujian MQ marshall	65
Tabel 20. Hasil pengujian density marshall	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam melimpah. Hal demikian ditandai dengan adanya gunung berapi yang masih aktif di beberapa daerah di Indonesia. Salah satu dari gunung berapi yang masih aktif dan terletak di Indonesia, khususnya di Yogyakarta yaitu gunung Merapi. Menurut Wikipedia.com, Gunung Merapi yang terletak di Yogyakarta hampir setiap dua atau lima tahun sekali mengeluarkan lahar panasnya. Gunung Merapi selalu mengeluarkan lahar panas beserta dengan material – material (batu, pasir dan abu vulkanik) bila sedang terjadi erupsi. Dari material – material gunung Merapi tersebut seperti batuan dan pasir sudah banyak yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Namun demikian, perlu kita ketahui bahwa ada material dari gunung Merapi yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat, seperti batu bantak (material sisa penambangan di dasar Sabo dam). Batu bantak merupakan sebutan dari masyarakat yang berada di sekitar Gunung Merapi, pada dasarnya batu bantak bernama batu kerakal. Batu kerakal merupakan batu yang tergolong dari batuan andhesit. Sedangkan batuan andhesit merupakan golongan dari batuan beku. Batuan beku adalah batuan yang terbentuk dari lava yang keluar dari dalam perut bumi kemudian membeku di atas permukaan bumi. (Al – Mujjabuda'wat, 2011). Batu bantak ini belum banyak diketahui oleh masyarakat umum dan masih sangat minim penggunaannya oleh masyarakat, khususnya digunakan pada

material konstruksi. Padahal ketersediaan batu bantak ini sebanyak 70% dari material yang dikeluarkan oleh gunung Merapi. (Rahmat, 2010)

Selain Indonesia memiliki beberapa gunung berapi yang masih aktif dan dapat menghasilkan banyak material, Indonesia juga merupakan negara yang bisa dibidang kaya akan minyak buminya. Sehingga Indonesia bisa menghasilkan hasil olahan minyak bumi, contohnya seperti Aspal. Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat menjadi lunak / cair. Aspal merupakan proses lanjutan dari residu hasil destilasi minyak bumi. (Sukirman, 2003)

Aspal bisa dikembangkan atau dimodifikasi dengan polimer dan menghasilkan aspal modifikasi polimer. Aspal modifikasi polimer adalah aspal yang sengaja dibuat dengan bahan tambahan di dalamnya terdapat molekul – molekul *monomer*. Molekul *monomer* adalah molekul polimer yang telah dihancurkan dengan menggunakan mesin *colloid mill* sehingga molekul-molekul tersebut berbentuk menyerupai rambut dengan ukuran mikron. Konsep memodifikasi aspal menjadi aspal modifikasi polimer yaitu pada beban statis, *instantaneous elastic* (sifat elastis aspal yang langsung bekerja pada waktu diberi beban statis) dapat dibedakan dengan *delayed elastic* (sifat elastis aspal yang tidak langsung bekerja pada waktu diberi beban statis) sedangkan pada beban dinamis tidak dapat dibedakan, deformasi tetap disebabkan oleh sifat viskos material, sesuai sifat visko elastis aspal, deformasi akan meningkat pada temperatur tinggi dan kecepatan kendaraan rendah. Modifikasi aspal dengan

polimer ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap *deformasi* pada temperatur tinggi dan ketahanan terhadap *fatigue cracking* pada temperatur rendah dan repetisi beban. Adapun cara yang digunakan untuk memodifikasi aspal yaitu dengan meningkatkan modulus kekakuan aspal temperatur tinggi dan mengurangi modulus kekakuan aspal pada temperatur rendah tanpa mengubah banyak sifat pada temperatur lain. Aspal yang telah dimodifikasi ini memiliki dampak positif yaitu peningkatan modulus kekakuan aspal, hal ini akan meningkatkan *asphalt dynamic stiffness* (kekakuan tetap aspal) dan juga peningkatan komponen elastis aspal, hal ini dapat meningkatkan fleksibilitas. Aspal modifikasi dengan polimer ini biasanya digunakan untuk material perkerasan jalan raya, yang mana jalan raya tersebut termasuk lalu lintas berat.

Melihat dari konsep modifikasi aspal polimer dan penggunaan aspal modifikasi polimer, kekuatan aspal modifikasi ini cenderung lebih kuat dari pada aspal AC biasa, karena aspal tersebut pada pembuatannya telah ditambahkan polimer. Dan melihat dari fungsi agregat bantak yang penggunaannya masih minim dalam bidang konstruksi jalan raya, sehingga dalam penelitian ini aspal modifikasi polimer dan agregat bantak dapat dijadikan suatu alternatif untuk material konstruksi jalan raya.

Berdasarkan keterangan di atas, maka dilakukan penelitian untuk tugas akhir mengenai kegunaan agregat kasar bantak sebagai perkerasan jalan raya dengan menggunakan aspal modifikasi polimer dari PT. Aspal Mitra.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pernyataan latar belakang di atas maka identifikasi masalah pada penelitian proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan perkerasan jalan menggunakan aspal modifikasi polimer dengan agregat kasar bantak.
2. Prosentase kadar aspal modifikasi polimer yang digunakan untuk perkerasan jalan raya 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.
3. Hubungan antara kadar aspal polimer modifikasi AC 50/70 PT. Aspal Mitra Cilacap dengan kepadatan Marshall jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak.
4. Hubungan antara kadar aspal polimer modifikasi AC 50/70 PT. Aspal Mitra Cilacap dengan stabilitas Marshall jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak.
5. Hubungan antara kadar aspal polimer modifikasi AC 50/70 PT. Aspal Mitra Cilacap dengan nilai persentase volume pori dalam beton aspal padat (*VIM*) jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak.
6. Hubungan antara kadar aspal polimer modifikasi AC 50/70 PT. Aspal Mitra Cilacap dengan nilai persentase volume pori diantara butir-butir agregat dalam beton aspal padat yang terisi oleh aspal (*VFB*) jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak.
7. Hubungan antara kadar aspal polimer modifikasi AC 50/70 PT. Aspal Mitra Cilacap dengan nilai persentase volume pori diantara butir-butir agregat

dalam beton aspal padat (*VMA*) jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak.

8. Bahan pengisi atau *filler* berasal dari agregat yang digunakan.

C. Batasan Penelitian

Batasan penelitian pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengujian Marshall.
2. Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal modifikasi polimer AC 50/70 milik PT. Aspal Mitra.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah pada penelitian proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai karakteristik aspal modifikasi polimer AC 50/70 PT. Aspal Mitra dengan agregat bantak ditinjau dari pengujian Marshall dengan menggunakan kadar aspal optimum.
2. Berapakah nilai kadar aspal modifikasi polimer AC 50/70 optimum yang digunakan sebagai bahan pengikat agregat.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik perkerasan jalan menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 PT. Aspal Mitra dengan menggunakan bantak sebagai agregat kasar.
2. Mengetahui prosentase kadar aspal optimum untuk bahan pengikat agregat.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian pada proyek akhir ini maka nantinya diharapkan manfaat yang dapat berguna untuk masyarakat umum, diantaranya:

1. Meningkatkan nilai guna batu bantak sebagai agregat pada konstruksi jalan raya yang tergolong masih sangat minim penggunaannya.
2. Sebagai penelitian pendahuluan tentang perkerasan jalan raya dengan menggunakan aspal modifikasi polimer dalam campuran aspal panas (*hot mix*).

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

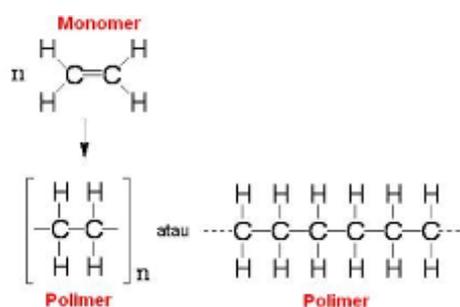
A. Beton Aspal

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur dan di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan dengan jenis aspal yang digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran pada umumnya 145 -155 C, sehingga disebut beton aspal campuran panas, campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix* (Sukirman, 2003).

Beton aspal dapat digunakan untuk lapisan aus (*wearing course*), perata (*leveling course*) dan fondasi (*base course*). Lapis aus merupakan lapis perkerasan jalan paling atas, yang menerima dampak langsung dari lalu lintas. Lapis perata berada di bawah lapis aus, dan di bawah lapis perata merupakan lapis fondasi. Lapisan-lapisan ini harus cukup kuat, stabil dan tetap ditempat meskipun ada guncangan-guncangan dari lalu lintas. Lapisan aus harus tahan lama dari dampak lalu lintas maupun cuaca. Lapis permukaan harus cukup halus agar ban mobil atau kendaraan yang lewat tidak cepat rusak, tergelincir dan cukup nyaman bagi penumpangnya. Lapisan aus merupakan agregat yang lebih halus dengan kadar aspal lebih tinggi dari lapisan lainnya (Myzavier.blogspot.com).

B. Aspal Modifikasi Polimer

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal modifikasi polimer dari PT. Aspal Mitra Cilacap. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10 % berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003). Aspal modifikasi polimer sendiri merupakan aspal yang pada pembuatannya melalui proses pencampuran aspal keras dengan bahan tambah (*polimer*). *Polimer* adalah molekul yang sangat panjang atau besar yang dibuat dengan cara saling menyambungkan molekul kecil atau *monomer* melalui reaksi kimia. Menurut Wikipedia.com *polimer* sendiri bersifat kenyal, bentuknya dapat diubah dan dapat ditarik hingga berganda-ganda panjangnya, tetapi bentuknya dapat kembali seperti semula. Di bawah ini merupakan rumus kimia dari polimer dan monomer.



Gambar 1. Rumus Kimia Polimer dan Monomer

Penambahan polimer pada aspal sangatlah berpengaruh pada sifat *reologi* aspal, penambahan dalam jumlah sedikit saja dapat dapat membuat sifat *reologi*

aspal berubah sangat drastis. Penambahan *polimer* dalam dosis rendah (polimer < 4 %) akan dapat mengurangi *brittleness* dan *cracking* (PT. Bintang Jaya, 2009).

Pada dasarnya aspal modifikasi polimer merupakan aspal yang telah dimodifikasi, sehingga bahan – bahan pembuat aspal modifikasi polimer memiliki tambahan lain seperti *polimer* itu sendiri yaitu berupa *plastomer* dan *elastomer*. Disamping itu, dalam pembuatan aspal modifikasi polimer juga terdapat penambahan zat aditif yang memiliki fungsi berbeda – beda yaitu seperti: *Ashpalten*, *Asbuton*, *Plastomer* dan *SBS copolymer* dapat meningkatkan titik leleh pada aspal, untuk *Malten*, *Bottom residu*, *Kerosen* dan *Solar* merupakan zat aditif yang berfungsi untuk menaikkan penetrasi. Sedangkan zat aditif yang dapat meningkatkan kelengketan pada aspal yaitu *Elastomer*, *SBR*, *Recycled tyrerubber*, dan *latex*.

Manfaat atau keuntungan dari penggunaan aspal modifikasi polimer yaitu dapat memberikan keuntungan seperti meningkatkan kemudahan (*workability*), meningkatkan ketahanan terhadap deformasi, meningkatkan penyaluran beban, dan menurunkan kegetasan.

C. Agregat

1. Pengertian Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum –Direktorat Jendral Bina Marga, 1998). Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman, 2003)

Menurut Wignall, (2003) seluruh lapis perkerasan jalan beraspal tersusun dari agregat, yang diperoleh dari batu pecah, *slags* atau batu kerikil dengan pasir atau batu butiran halus. Agregat mempunyai fungsi penting dalam mempengaruhi perilaku perkerasan jalan. Pada umumnya agregat mempunyai kekuatan mekanik untuk pembuatan jalan, demikian pula pada lapis permukaan (paling atas) yang akan langsung menahan beban lalu lintas, tetapi bagian ini makin lama menjadi aus karena beban lalu lintas yang tinggi, yang menyebabkan permukaan menjadi licin dan tidak sesuai atau layak lagi untuk dilalui kendaraan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat dan 70-85% agregat berdasarkan prosentase volume. Sehingga daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan dari hasil campuran dengan material lain (Purba, 2006).

Dari beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu yang sangat berpengaruh terhadap perkerasan jalan raya. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat dan lain-lain.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas karena dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban di atasnya dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Kualitas suatu agregat sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat yang dikandungnya. Diantara sifat-sifat yang ada yaitu *strength* atau kekuatan, *durability* atau keawetan, *adhesiveness* atau daya rekat terhadap aspal dan *workability* atau kemudahan dalam pelaksanaan. Sifat kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) dipengaruhi oleh gradasi, kadar lumpur, kekerasan (*hardness*) dan bentuk butir (*shape-grain*). Gradasi merupakan ukuran luar dari agregat dan dibedakan menjadi agregat kasar, halus dan agregat pengisi (*filler*). Gradasi yang baik, seragam dan seimbang dapat meningkatkan kekuatan dan keawetan karena rongga yang dibentuk mudah dimasuki oleh *filler* sehingga kerapatannya meningkat akibat tidak ada rongga yang kosong begitu saja (Krebs, et. all, 1971).

Menurut Bina Marga, 2002 agregat dibagi menjadi 3 jenis dalam perkerasan jalan berdasarkan ukuran butirannya yaitu :

- 1) Agregat Kasar, adalah agregat dengan ukuran butirannya lebih besar dari saringan no. 4 (4,75 mm),
- 2) Agregat Halus, adalah agregat dengan ukuran butirannya lebih halus dari saringan no. 4 (4,75 mm)
- 3) Bahan Pengisi (*filler*) adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan no.200 (0,075 mm)

Sedangkan menurut *The Asphalt Institut* dan Depkimpraswil, 2002 membedakan agregat menjadi 3 jenis yaitu :

- 1) Agregat Kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan no. 8 (2,36 m),
- 2) Agregat Halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan no.8 (2.36 mm),
- 3) Bahan Pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan no. 30 (0,60 mm).

2. Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya lekat terhadap aspal. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan.

Ukuran butir agregat menurut Sukirman, (2003) disajikan pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Ukuran butir agregat

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inci	100	3/8 inci	9,5

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
3 ½ inci	90	No.4	4,75
3 inci	75	No.8	2,36
2 ½ inci	63	No.16	1,18
2 inci	50	No.30	0,6
1 ½ inci	37,5	No.50	0,3
1 inci	25	No.100	0,15
¾ inci	19	No.200	0,075
½ inci	12,5		

Analisis saringan dapat dilakukan secara basah atau kering, analisis basah digunakan untuk menentukan Jumlah bahan agregat yang lolos saringan No.200 mengikuti manual SNI-M-02-1994-2003 atau AASHTO T11-90. Persentase lolos saringan ditentukan melalui pengujian analisis agregat halus dan kasar.

3. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami proses degradasi, yaitu perubahan gradasi, akibat pecahnya butir-butir agregat. Daya tahan agregat terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles, sesuai dengan SNI-03-2417-1991 atau AASHTO T96-87. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat abrasi Los Angeles diperoleh dari bola-bola baja yang dimasukkan dengan agregat yang hendak diuji.

4. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat

Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan agregat yang mengandung silica merupakan agregat

yang bersifat *hydrophilic*, yaitu agregat yang mudah diresapi air, hal ini mengakibatkan agregat tersebut tidak mudah dilekati aspal, ikatan aspal dengan agregat mudah lepas. Sebaliknya agregat seperti diorit, andesit, merupakan agregat *hydrophobic*, yaitu agregat yang tidak mudah terikat dengan air, tetapi mudah terikat dengan aspal.

5. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air. Agregat dengan berat jenis kecil mempunyai volume yang besar atau berat jenis ringan.



Gambar 2. Skema Volume Butir Agregat
(Sumber: Sukirman, 2003)

Pada Gambar 1 di atas terlihat skema volume butir agregat, yang terdiri dari volume agregat massif (V_s), volume pori yang tidak dapat diresapi oleh air (V_i), volume pori yang diresapi air (V_p+V_c), dan volume pori yang dapat diresapi aspal (V_c).

$$V_s+V_p+V_i+V_c \quad = \text{volume total butir agregat}$$

$$V_p+V_i+V_c \quad = \text{volume pori agregat}$$

Besarnya berat jenis efektif =

$$\frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

B_k = berat benda uji kering oven, dalam gram

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram

Berat jenis agregat halus harus ditentukan dengan menggunakan SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F atau AASHTO T84-88.

D. Agregat Kasar

Menurut Sukirman, (2003) agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen. Ditinjau dari asal kejadiannya agregat kasar dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

1. Batuan Beku (*igneous rock*)

Batuan beku berbentuk kristaldan terbentuk dari proses pembekuan magma.

2. Batuan Sedimen (*sedimentary*)

Batuan yang berbentuk baik dari perbandingan bahan/material yang tidak larut dari pecahan batuan yang ada ataupun sisa organik dari binatang laut.

Berdasarkan cara pembentukannya batuan sedimen terdiri dari:

- a) Batuan sedimen yang secara mekanik seperti *breksi*, *konglomerat*, batu pasir, batu lempung. Batuan ini banyak mengandung *silica*.
- b) Batuan beku yang dibentuk secara organik seperti batu gamping, batu bara, opal.

c) Batuan sedimen yang dibentuk secara kimiawi seperti batu gamping, *gips flint*.

3. Batuan *Metamorf*

Batuan yang berasal dari batuan sedimen atau batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur dari kulit bumi. Berdasarkan pengolahannya agregat dibedakan atas:

a) Agregat Alam

Agregat alam adalah agregat yang dapat digunakan sebagaimana bentuknya di alam yang dapat dipakai langsung sebagai bahan perkerasan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi (Degradasi adalah perubahan gradasi karena adanya penghancuran). Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan dari proses pembentukannya. Aliran air sungai membentuk partikel bulat dengan permukaan yang licin. Degradasi agregat di bukit – bukit membentuk partikel yang bersudut dengan permukaan yang kasar. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan adalah pasir dan kerikil.

b) Agregat yang Mengalami Proses Pengolahan

Proses pengolahan diperlukan karena agregat yang berasal dari gunung atau bukit, sungai masih banyak dalam bentuk bongkahan besar sehingga belum dapat langsung digunakan sebagai agregat konstruksi perkerasan jalan. Tujuan dari pengolahan ini adalah:

- (1) Bentuk partikel bersudut, di usahakan berbentuk kubus,
- (2) Partikel jasar sehingga memiliki gesekan yang baik,

(3) Gradasi sesuai dengan yang diinginkan.

Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (crusher stone) sehingga ukuran- ukuran partikel dapat dikontrol.

c) Agregat Buatan

Agregat ini dibuat dengan alasan khusus, yaitu agar mempunyai daya tahan tinggi dan ringan untuk digunakan konstruksi. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- (1) Abrasi adalah perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 (1.70 mm) terhadap berat semula maksimal 40%. Abrasi berfungsi untuk menentuka ketahanan agregat kasar terhadap keausandengan menggunakan mesin Los Angeles.
- (2) Ketahan terhadap aspal adalah penahanan aspal sesuai pelapisandan pengelupasan 95%. Kelekatan terhadap aspal berfungsi untuk mengetahui sifat adhesive agregat terhadap aspal.
- (3) Berat jenis semu agregat minimum 2.5% (Peraturan No. 13/PT/B1987/ Ditjen Bina Marga). Berat jenis semu adalah perbandingan antarabeat agregat kering dengan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- (4) *Soundness* berfungsi untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap kerusakan yang disebabkan oleh bahan kimia.
- (5) Absorpsi penyerapan adalah Prosentase air yang dapat diserap pori – pori agregat terhadap berat kering. Dibawah ini merupakan tabel

persyaratan untuk agregat kasar dari Departemen Pekerjaan Umum,
Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal No. 12/PT/ B/1983.

Tabel 2. Persyaratan Agregat Kasar.

No	Jenis pekerjaan	Standar		Syarat	Satuan
		AASHTO	Bina Marga		
1	Abrasi	T-96-74	PB-0206-76	Max.40	%
2	Kelekatan terhadap aspal	T-182-76	PB-0205-74	95	%
3	BJ semu	T-85-74	PB-0202-76	>2,50	
4	Absorpsi	T-85-74	PB-0202-76	<3	%

E. Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri atas bahan – bahan yang berbidang kasar bersudut, tajam dan bersih dari kotoran – kotoran atau bahan – bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri atas pasir bersih dan bahan – bahan halus hasil pecahan batu atau kombinasi dari bahan – bahan tersebut dalam keadaan kering. Agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Berat jenis semu minimum agregat harus 2,5% (Peraturan No. 13/PT/B1987/ Ditjen Bina Marga).
- 2) Nilai sand equivalent kurang dari 50% tidak diperkenankan kandalam campuran (80% lebi baik) (Peraturan No. 13/PT/B1987/ Ditjen Bina Marga), dibawah ini merupakan tabel persyaratan agregat halus :

Tabel 3. Persyaratan Agregat Halus.

No	Jenis pekerjaan	Standar		Syarat	Satuan
		AASHTO	Bina Marga		
1	BJ Semu	T-85-74	PB-0202-76	>2,50	-
2	Absorpsi	T-85-74	PB-0202-76	<3	%

F. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi dapat terdiri atas debu batu kapur, debu dolomite, semen Portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Dari sekian banyak jenis bahan pengisi maka kapur padam banyak digunakan dari pada Portland semen. Portland semen mudah diperoleh dan mempunyai grading butiran yang bagus namun demikian harganya sangat mahal.

Fungsi dari bahan pengisi (*filler*) ini adalah:

- 1) Sebagai pengisi rongga antara partikel yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar butiran yang tinggi, dengan meningkatkan stabilitas campuran.
- 2) Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan menjadi susupensi, sehingga terbentuk mastik yang bersama – sama dengan aspal mengikat partikel agregat. Dengan penambahan bahan pengisi, aspal menjadi lebih kental dan campuran agregat menjadi bertambah kekuatannya.

G. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai dengan ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3 ½ inci, 3 inci, 2 ½ inci, 2 inci, 1 ½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan

ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang (Sukirman, 2003)

Tabel 4. Ukuran bukaan Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inci	100	3/8 inci	9,5
3 ½ inci	90	No.4	4,75
3 inci	75	No.8	2,36
2 ½ inci	63	No.16	1,18
2 inci	50	No.30	0,6
1 ½ inci	37,5	No.50	0,3
1 inci	25	No.100	0,15
¾ inci	19	No.200	0,075
½ inci	12,5		

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis pemeriksaan dengan menggunakan 1 set saringan. Saringan berukuran paling besar diletakan teratas, dan yang paling halus (No.200), terbawah sebelum Pan. Jadi satu set saringan dimulai dari Pan dan diakhiri dengan tutup saringan (Sukirman,2003)

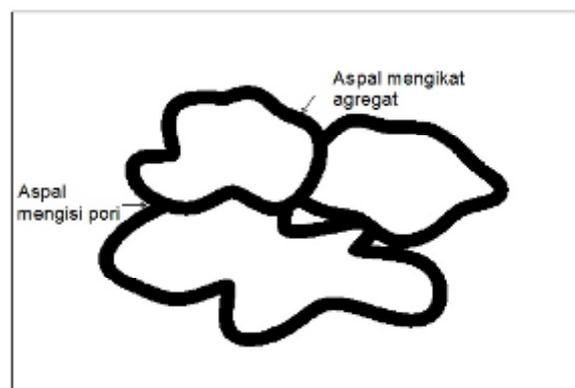
Analisis saringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering. Analisis basah dilakukan untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200, mengikuti manual SNI-M-02-1994-03 atau AASTHO T11-90. Presentase lolos saringan ditentukan melalui pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar (saringan kering) sesuai manual SNI-03-1968-1990 atau AASHTO T27-88. Pemeriksaan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200, dengan menggunakan saringan basah dapat dilanjutkan dengan mengeringkan benda uji dan selanjutnya melakukan pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar (Sukirman, 2003).

H. Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang dipergunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

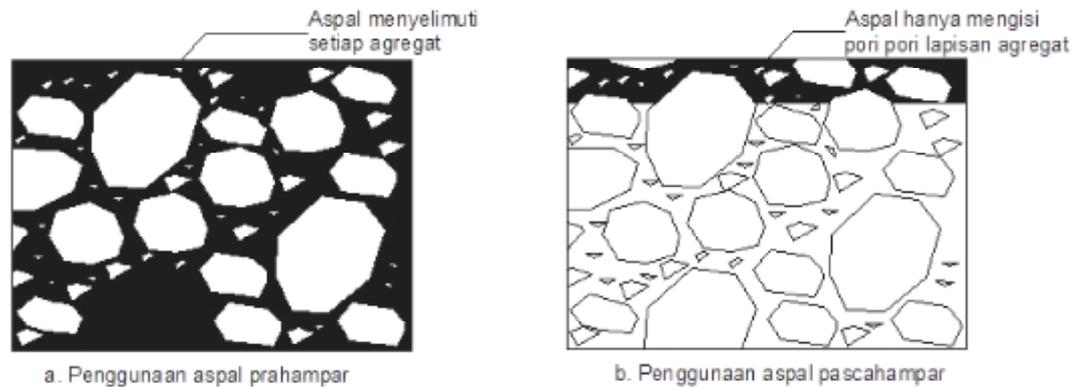
1. Bahan Pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada dalam butir agregat itu sendiri.

Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar, dan pascahampar itu berbeda. Pada proses prahampar aspal yang dicampur dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir – butir agregat, mengisi pori antar butir, dan meresap kedalam pori masing – masing butir.



Gambar 3. Fungsi aspal pada setiap butir agregat
(Sumber: Sukirman, 2003)

Ilustrasi tentang aspal untuk setiap butir agregat digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 4. Perbedaan fungsi aspal pada lapisan jalan
(Sumber: Sukirman, 2003)

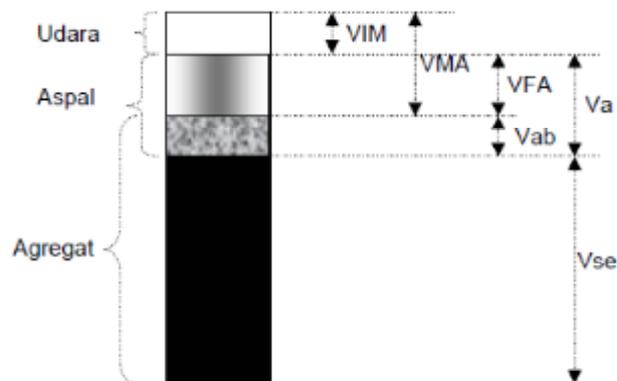
I. Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal

Beton aspal dibentuk dari agregat, aspal, dan atau tanpa bahan tambahan, yang dicampur secara merata atau homogen di instalasi pencampuran pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga berbentuk beton aspal padat.

Secara analitis, dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat, baik yang dipadatkan di laboratorium, maupun di lapangan. Parameter yang biasa digunakan adalah:

1. V_{mb} : Volume bulk dari beton padat
2. V_{sb} : Volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume bagian massif + pori yang ada di dalam masing-masing butir agregat).
3. V_{se} : Volume agregat, adalah volume efektif dari agregat (volume bagian massif + pori yang tidak terisi aspal di dalam masing-masing butir agregat).

4. VMA : Volume pori di antara butir agregat campuran, dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal, (*void in the mineral aggregate*).
- V_{mm} : Volume tanpa pori dari beton aspal padat.
5. VIM : Volume pori beton aspal padat (*void in mix*).
 6. VFA : Volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal (*volume of voids filled with asphalt*).
 7. V_{ab} : Volume aspal yang terabsorpsi kedalam agregat dari beton aspal padat
 8. Tebal *film* aspal : Tebal *film* aspal atau selimut aspal seringkali digunakan pula untuk menentukan karakteristik beton aspal.



Gambar 5. Skematis berbagai jenis volume beton aspal (Sukirman, 2003)

J. Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S.

Corps Engineer. Kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi:

1. Penentuan berat volume benda uji
2. Pengujian nilai stabilitas, adalah kemampuan maksimum beton aspal menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis.
3. Pengujian kelelahan (*flow*), adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat, akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
4. Perhitungan kuosien marshall, adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*.
5. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM, VMA dan VFA).
6. Perhitungan tebal selimut *film* aspal.

K. Parameter dan Formula Perhitungan

Parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas (Silvia Sukirman) adalah sebagai berikut:

1. Berat Jenis Bulk dan *Apparent* Total Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/*filler* yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk spesific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent grafity*). Setelah didapatkan Kedua macam berat jenis pada masing-masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut :

- a. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat

$$G_{sbtot\ agregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

$G_{sbtot\ agregat}$: Berat jenis kering agregat gabungan, (gr/cc)

$G_{sb1}, G_{sb2}..G_{sb}$: Berat jenis kering dari masing-masing agregat
1, 2,3..n, (gr/cc)

P_1, P_2, P_3, \dots : Prosentase berat dari masing-masing agregat, (%)

- b. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat

$$G_{satot\ agregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

$G_{satot\ agregat}$: Berat jenis semu agregat gabungan, (gr/cc)

$G_{sa1}, G_{sa2}... G_{san}$: Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1,2,3..n,
(gr/cc)

P_1, P_2, P_3, \dots : Prosentase berat dari masing-masing agregat.

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) diukur dengan AASHTO T.209-90, maka berat jenis efektif campuran (G_{se}), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus berikut yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis.

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm} - P_b}{P_{mm}} - G_b} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

G_{se} : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*, (gr/cc)

G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

P_{mm} : Persen berat total campuran (=100)

P_b : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

G_b : Berat jenis aspal

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan juga dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

G_{se} : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*, (gr/cc)

G_{sb} : Berat jenis kering agregat / *bulk spesific gravity*, (gr/cc)

G_{sa} : Berat jenis semu agregat / *apparent spesific gravity*, (gr/cc)

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, G_{mm} pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan T 209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat). Selanjutnya

Berat Jenis Maksimum (Gmm) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (Gse) rata-rata sebagai berikut:

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

Gmm : Berat jenis maksimum campuran, (gr/cc)

Pmm : Persen berat total campuran (=100)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

Pb : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)

Gse : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*, (gr/cc)

Gb : Berat jenis aspal, (gr/cc)

4. Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Perhitungan berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (Gmb) dinyatakan dalam gram/cc dengan rumus sebagai berikut :

$$Gmb = \frac{Wa}{V_{bulk}} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

V_{bulk} : Volume campuran setelah pemadatan, (cc)

W_a : Berat di udara, (gr)

5. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (Pba) adalah sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat (%)

G_{sb} : Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)

G_{se} : Berat jenis efektif agregat, (gr/cc)

G_b : Berat jenis aspal, (gr/cc)

6. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Rumus Kadar aspal efektif adalah :

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

P_{be} : Kadar aspal efektif, persen total campuran, (%)

P_b : Kadar aspal, persen total campuran, (%)

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat, (%)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

7. Rongga di antara mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat/VMA*)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula

terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut :

a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \left(\frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + Pb} \times 100 \right) \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)

Pb : Kadar aspal, persen total campuran, (%)

8. Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/ VIM*)

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang

terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 \times \left(\frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right) \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

9. Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/ VFB*)

Rongga terisi aspal (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rongga terisi aspal dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

VFB : Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA, (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%)

10. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat *Marshall*. Selain itu pada umumnya alat *Marshall* yang digunakan bersatuan Lbf (*pound force*), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji.

11. *Flow*

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas Nilai *flow* berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial *flow* biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut

12. Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MQ = \frac{Ms}{Mf} \dots\dots\dots (14)$$

keterangan:

MQ : *Marshall Quotient, (kg/mm)*

MS : *Marshall Stabilit,y (kg)*

MF : *Flow Marshall, (mm)*

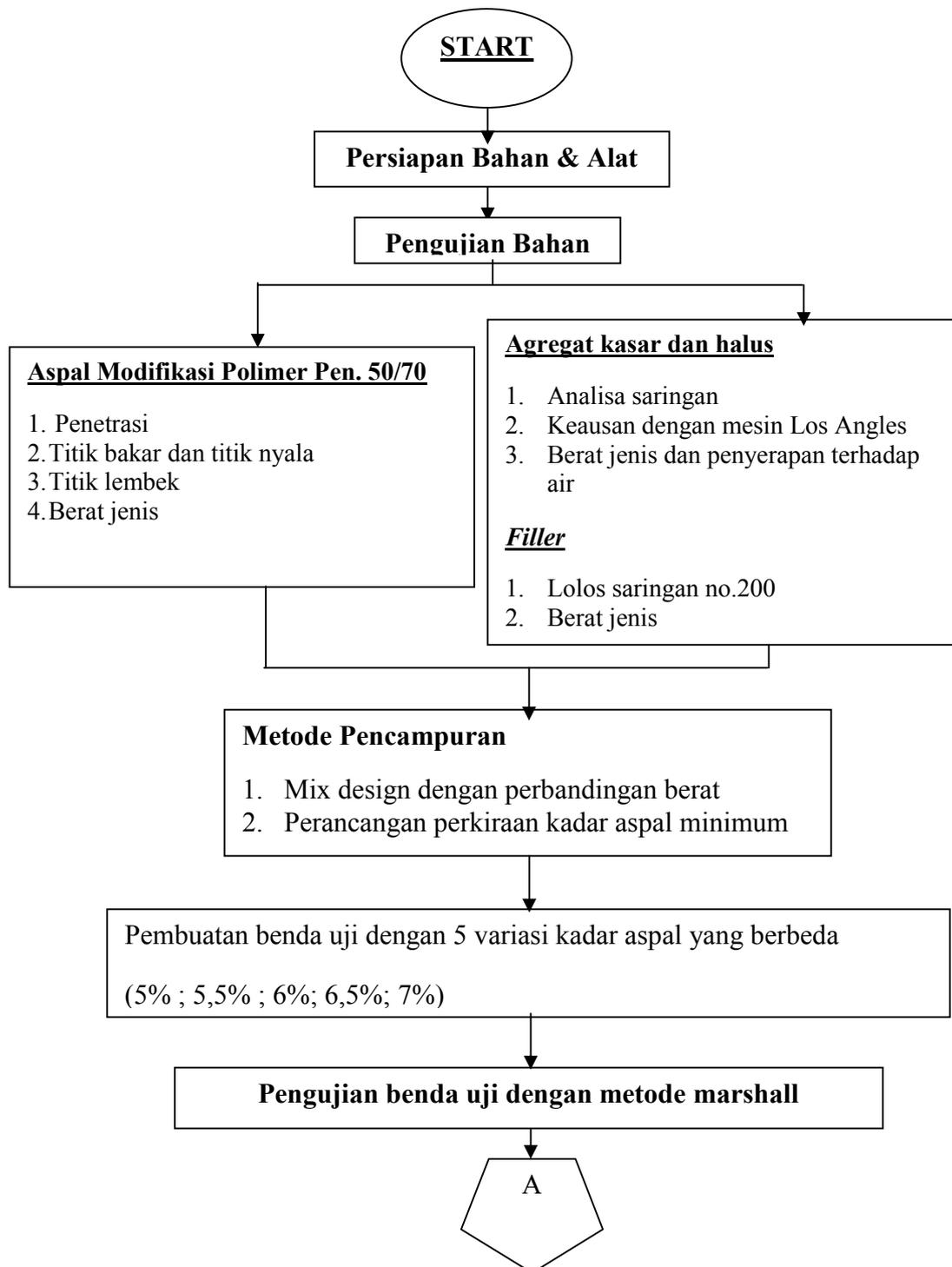
BAB III

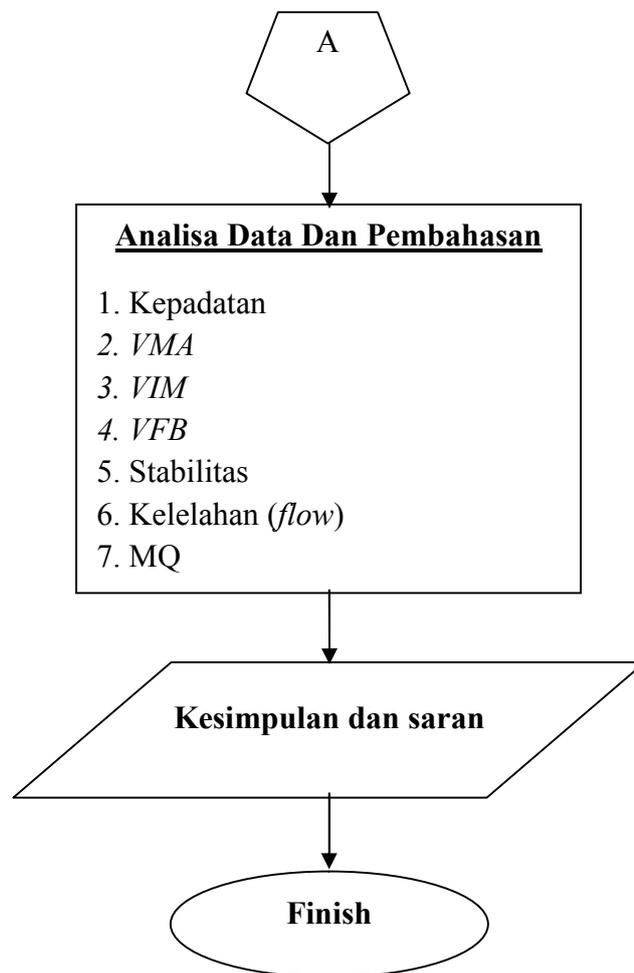
METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode dan Desain

Penelitian proyek akhir ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Yogyakarta dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70. Sedangkan standar-standar pengujian yang digunakan mengacu pada Standard Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO.

Didalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji Marshall). Pengujian terhadap agregat dilakukan pengujian pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, kelekatan dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 dilakukan pengujian pembakaran, pengujian penetrasi, pengujian titik nyala-titik bakar, pengujian titik lembek, berat jenis. Sedangkan metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas, *flow*, *void in total mix* (VIM), *void filled with asphalt* dan kemudian dapat dihitung *Marshall Quotient*-nya. . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat secara skematis pada Gambar 5 di bawah ini.





Gambar 6. Bagan alir penelitian

B. Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2006), variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga didapatkan sebuah informasi untuk diambil sebuah kesimpulan. Variabel penelitian dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat.

Variabel bebas yang terdapat pada penelitian ini adalah kadar aspal 5%, kadar aspal 5,5%, kadar aspal 6%, kadar aspal 6,5% dan kadar aspal 7%.

2. Variabel Terikat

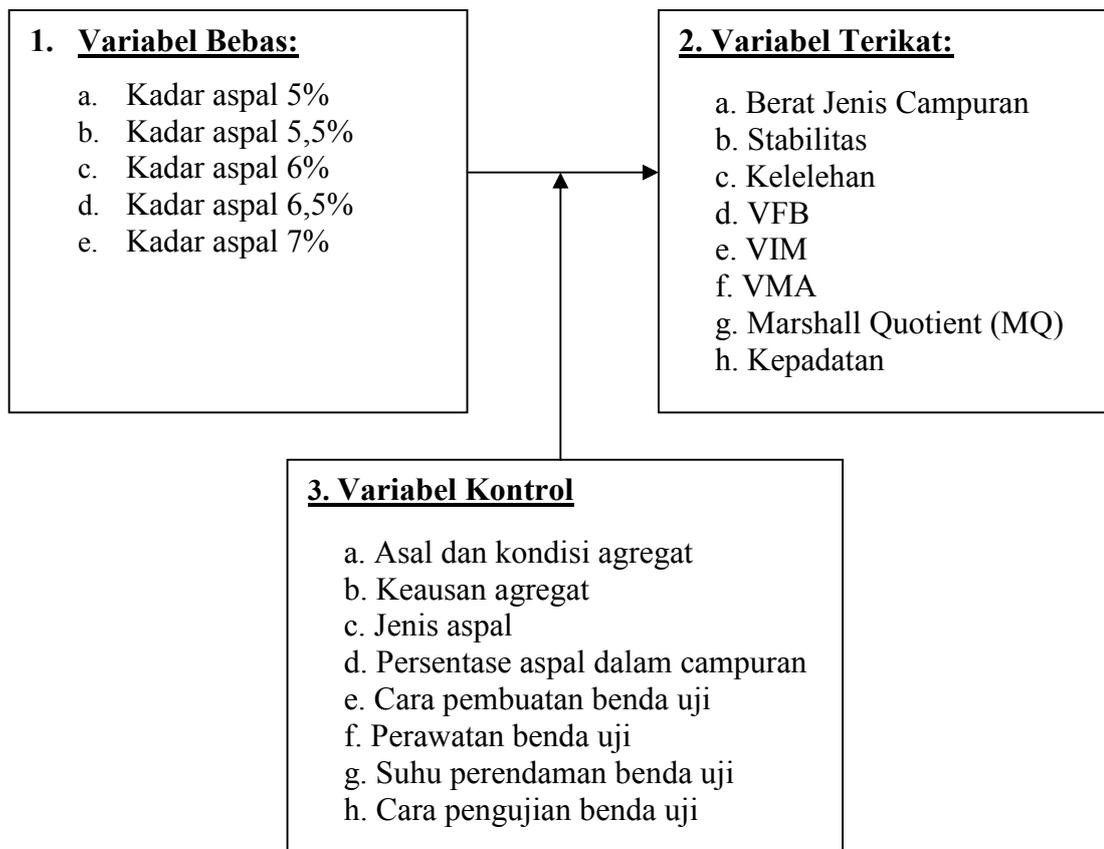
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang ada pada penelitian ini adalah nilai berat jenis campuran beton aspal, nilai stabilitas, nilai kelelahan (*flow*), nilai VFB, nilai VIM, nilai VMA, nilai marshall kuosien (MQ), dan nilai Kepadatan (*density*).

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variable konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi , nilai stabilitas, nilai kelelahan (*flow*), nilai VFB, nilai VIM, nilai VMA, nilai marshall kuosien (MQ), dan nilai Kepadatan (*density*) antara lain adalah:

- a. Asal dan kondisi agregat.
- b. Keausan agregat.
- c. Jenis aspal.
- d. Persentase aspal dalam campuran.
- e. Cara pembuatan benda uji.
- f. Perawatan benda uji.
- g. Suhu perendaman benda uji.
- h. Cara pengujian benda uji.

Untuk memperjelas hubungan antar variabel dapat dilihat pada gambar *flowchart* hubungan antar variabel yang terdapat di bawah:



Gambar 7. *Flowchart* Hubungan Variabel

C. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan adalah agregat bantak Gunung Merapi yang berasal dari P.T. Calvary Abadi dan telah mengalami proses pemecahan.
2. Bahan pengisi (*filler*) menggunakan agregat bantak.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 produksi P.T. Aspal Mitra Cilacap

C. Peralatan Penelitian

1. Alat uji pemeriksaan aspal

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain: Seperangkat alat uji penetrasi, seperangkat alat uji titik nyala dan titik bakar, seperangkat alat uji titik lembek, dan seperangkat alat uji berat jenis aspal (piknometer dan timbangan)

2. Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin Los Angeles (tes abrasi), saringan standar (yang terdiri dari ukuran 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #30, #100, #200 dan pan), kuas, piring seng, alat pengering (oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), bak perendam dan tabung *sand equivalent*.

3. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal

Alat-alat yang digunakan dalam praktikum pengujian marshall aspal adalah sebagai berikut:

- a) Tiga buah cetakan benda uji yang berdiameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
- b) Alat pengeluar benda uji (*ejector*).

Untuk benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat *ejector*. Lebih jelasnya seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 8 . *ejector*

c) Mesin penumbuk manual atau otomatis lengkap dengan:

- 1) Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm. Seperti pada Gambar 8 di bawah.



Gambar 9. Mesin penumbuk

- 2) Landasan pematat terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenis) berukuran 20,32 x 20,32 x 45,72 cm dilapisi dengan pelat baja berukuran 30,38 x 30,48 x 2,54 cm dan di jangkarkan pada lantai beton di keempat bagian sudutnya. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 10. Landasan pematat

- 3) Pemegang cetakan benda uji
- d) Alat pengeluar benda uji, untuk mengeluarkan benda uji yang sudah didapatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat *ekstruder* yang berdiameter 10 cm.
- e) Alat Marshall lengkap dengan :
 - 1) Kepala penekan (*Breaking Head*) berbentuk lengkung yang terlihat pada gambar.



Gambar 11. Kepala penekan

- 2) Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2.500 kg dan atau 5000 kg, dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm. Seperti terlihat pada Gambar 11 di bawah.



Gambar 12. Cincin penguji

- 3) Arloji pengukur pelelehan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya yang terdapat pada Gambar 12 di bawah.



Gambar 13. Arloji pengukur

- f) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur yang mampu memanasi sampai suhu 200°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$).
- g) Bak perendam (*Water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai $20 - 60^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1^{\circ}\text{C}$).

- h) Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan 5 kg dengan ketelitian 1 gram.
- i) Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas 250 °C dan 100 °C dengan ketelitian 1 % dari kapasitas sesuai dengan standart SNI 19-6421-2000.
- j) Perlengkapan lain :
 - 1) Panci-panci untuk memanaskan agregat, aspal dan campuran aspal.
 - 2) Sendok pengaduk dan perlengkapan lain.
 - 3) Kompor dan alat pemanas (*hot plate*).
 - 4) Sarung tangan dari asbes dan sarung tangan dari karet dan pelindung pernafasan atau masker.
 - 5) Kantong plastik kapasitas 2 kg.
 - 6) Kompor gas elpiji atau listrik.
- k) Saringan

Saringan harus mampu mengayak semua agregat menurut fraksi dan proporsi yang ditetapkan dan harus mempunyai kapasitas sedikit diatas kapasitas penuh unit pengaduk.
- l) Kotak penimbang atau Hoper

Kotak penimbang atau hoper harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk menampung satu takaran penuh (*full batch*) tanpa harus diratakan dengan tangan.

D. Pengujian Bahan

1. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang lolos saringan 3/4” dan tertahan di atas saringan 2,36 mm atau saringan no.8. Agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal. Menurut Sukirman, (2003) ketentuannya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ketentuan agregat kasar

No.	Karakteristik	Metode Pengujian
1.	Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	SNI 03-1969-1990
2.	Abrasi dengan mesin Los Angles	SNI 03-2417-1991
3	Kadar air agregat	SNI 03-1971-1990
4	Analisis saringan agregat halus dan agregat kasar	SNI 03-1968-1990

2. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu yang lolos saringan no. 8 dan dan tertahan di atas saringan no. 200. Agregat halus hasil pemecahan dan pasir alam harus ditimbun dalam cadangan terpisah dari agregat kasar di atas serta dilindungi terhadap hujan dan pengaruh air. Material tersebut harus merupakan bahan bersih, keras bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Menurut Sukirman 2003 ketentuan tentang agregat halus terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Ketentuan agregat halus

No.	Karakteristik	Metode Pengujian
1.	Berat jenis dan penyerapan air agregat halus	SNI 03-1970-1990
2.	Kadar air agregat	SNI 03-1971-1990
3.	Analisis saringan agregat halus dan agregat kasar	SNI 03-1968-1990

3. *Filler* (bahan pengisi)

Filler atau Bahan pengisi harus lolos saringan no. 200. Sebaiknya filler juga harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini adalah abu batu yang mempunyai ketentuan yang sama seperti pada Tabel 7 (Sukirman, 2003).

Tabel 7. Ketentuan *filler*

No.	Karakteristik	Metode Pengujian
1.	Berat jenis	AASHTO T-85 - 81
2.	Material lolos saringan no.200	SK SNI M-02-1994-03

4. Pengujian Aspal

Metode penelitian aspal sesuai spesifikasi yang mengacu pada SNI dengan ketentuan pada Tabel 8.

Tabel 8. Ketentuan Aspal

No.	Karakteristik	Metode Pengujian
1.	Berat jenis aspal	SNI 06-2441-1991

E. Pengujian Marshall

Langkah pengujian Marshall untuk aspal modifikasi 50/70 adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing benda uji dengan berat campuran kira-kira 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji

kira-kira 63,5 mm \pm 1.27 mm. Kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap sampai suhu (150 \pm 5) $^{\circ}$ C.

2. Dalam penelitian ini terdapat 15 benda uji dan setiap 3 benda uji diberikan kadar aspal yang berbeda-beda dari 5% ; 5,5% ; 6%; 6,5%; 7%.
3. Agregat dipanaskan di panci pencampuran pada suhu \pm 28 $^{\circ}$ C diatas suhu pencampuran untuk aspal padat. Aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan dituangkan ke dalam agregat dan diaduk merata.
4. Setelah temperatur pemadatan tercapai, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanaskan pada temperatur 100 $^{\circ}$ C hingga 170 $^{\circ}$ C dan diolesi oli terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
5. Dilakukan pemadatan bolak balik dengan menumbuk spesimen dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali karena disesuaikan dengan jenis lalu lintas yang direncanakan yaitu lalu lintas berat.
6. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode.
7. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang berat benda uji kering (Bk).

8. Benda Benda uji dimasukkan ke dalam air bersuhu 25 °C selama 3 sampai 5 menit dan kemudian ditimbang untuk mendapatkan Berat Benda Uji dalam Air (Ba).
9. Benda uji dikeluarkan dari bak dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*, SSD) kemudian ditimbang (Bj)
10. Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu 60±1°C selama 30 hingga 40 menit. Untuk uji perendaman mendapatkan stabilitas sisa pada suhu 60±1°C selama 24 jam.
11. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
12. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, lalu diletakkan tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian bagian atas kepala diletakkan dengan memasukkan lewat batang penuntun. Setelah pemasangan sudah lengkap maka diletakkan tepat di tengah alat pembebanan. Kemudian arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan di atas salah satu batang penuntun. sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
13. Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
14. Pembebanan diberikan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm permenit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan

menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan dicatat pembebanan maksimum.

15. Nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan dicatat pada saat pembebanan maksimum tercapai.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian

1 Pemeriksaan Aspal

Bahan yang digunakan untuk campuran Beton aspal pada penelitian ini terdiri dari aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70, agregat kasar bantak, agregat halus bantak dan filler dari abu batu bantak. Pada hasil pengujian aspal hasil penetrasi aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 lebih rendah dari aspal penetrasi 60/70. Selisih dari hasil penetrasi aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 dan aspal penetrasi 60/70 yaitu 1,21 satuan 0,01mm dengan nilai berturut-turut 67,86 satuan 0,01mm dan 69,07 satuan 0,01mm. Titik lembek aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 lebih tinggi dari aspal penetrasi 60/70. Selisih dari hasil titik lembek aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 dan aspal penetrasi 60/70 yaitu 1,2°C dengan nilai berturut-turut 55,30°C dan 54°C. Titik nyala dan titik bakar aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 lebih kecil dari aspal penetrasi 60/70. Selisih dari hasil titik nyala dan titik bakar aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 dan aspal penetrasi 60/70 yaitu 39,67°C dan 37,97°C dengan nilai berturut-turut untuk titik nyala 283°C dan 322,67°C. Sedangkan untuk titik bakar yaitu 286,7°C dan 324,67°C. Berat jenis aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 lebih besar

dari aspal penetrasi 60/70. Selisih dari berat jenis aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 dan aspal penetrasi 60/70 yaitu 0,015 gr/cc dengan nilai berturut-turut 1,052 gr/cc dan 1,037 gr/cc. Berdasarkan hasil pengujian tersebut membuktikan bahwa aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 memiliki kualitas yang baik. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Hasil pemeriksaan aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70

No	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1	Penetrasi 25°	50-70	67,86	0.1 mm
2	Titik lembek	55-60	55.30	°C
3	Titik nyala	250	283	°C
4	Titik bakar	-	286,7	°C
5	Berat jenis Aspal	≥ 1	1.052	gr/cc

Tabel 10. Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70

No	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1	Penetrasi 25°	60-79	69,07	0.1 mm
2	Titik lembek	48-58	54,10	°C
3	Titik nyala	>200	322,67	°C
4	Titik bakar	-	324,67	°C
5	Berat jenis Aspal	≥ 1	1.037	gr/cc

2. Pemeriksaan Agregat Bantak

Hasil pengujian terhadap agregat kasar, agregat halus dan *filler* dapat dilihat pada Tabel 11 berdasarkan spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989. Pada hasil pengujian agregat kasar nilai abrasi agregat kasar bantak lebih kecil dari nilai abrasi agregat kasar krasak. Selisih dari nilai abrasi agregat kasar bantak dengan agregat kasar krasak yaitu 4,13% dengan nilai berturut-turut yaitu

34,57% dan 38,70%. Berat jenis curah agregat kasar bantak lebih kecil dari berat jenis curah agregat kasar krasak. Selisih dari berat jenis curah agregat kasar bantak dengan agregat kasar krasak yaitu 0,388 gr/cc dengan nilai berturut-turut yaitu 2,306 gr/cc dan 2,694 gr/cc. Berat jenis semu agregat kasar bantak lebih kecil dari berat jenis semu agregat kasar krasak. Selisih dari berat jenis semu agregat kasar bantak dengan agregat kasar krasak yaitu 0,413 gr/cc dengan nilai berturut-turut yaitu 2,377 gr/cc dan 2,790 gr/cc. Dan nilai absorpsi agregat kasar bantak lebih besar dari nilai absorpsi agregat kasar krasak. Selisih dari nilai absorpsi agregat kasar bantak dengan agregat kasar krasak yaitu 1,826% dengan nilai berturut-turut yaitu 3,1% dan 1,274%.

Pada pengujian agregat halus berat jenis curah agregat halus bantak lebih kecil dari berat jenis curah agregat kasar krasak. Selisih dari berat jenis curah agregat kasar bantak dengan agregat kasar krasak yaitu 0,006 gr/cc dengan nilai berturut-turut yaitu 2,630 gr/cc dan 2,636 gr/cc. Berat jenis semu agregat halus bantak lebih kecil dari berat jenis semu agregat halus krasak. Selisih dari berat jenis semu agregat kasar bantak dengan agregat kasar krasak yaitu 0,079 gr/cc dengan nilai berturut-turut yaitu 2,903 gr/cc dan 2,824 gr/cc. Nilai absorpsi agregat kasar bantak lebih besar dari nilai absorpsi agregat kasar krasak. Selisih dari nilai absorpsi agregat kasar bantak dengan agregat kasar krasak yaitu 1,044% dengan nilai berturut-turut yaitu 3,573% dan 2,529%.

Hasil perbandingan dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil pemeriksaan agregat bantak

No	Jenis pemeriksaan	Sat.	Persyaratan		Hasil Pemeriksaan Agregat Bantak	Hasil Pemeriksaan Agregat Krasak
			Min.	Mak.		
1	Abrasi	%	-	40	34.57	38,7
2	Berat jenis curah (bulk)	gr/cc	2.5	-	2.306	2.694
3	Berat jenis semu	gr/cc	2.5	-	2.377	2.790
4	Penyerapan air/absorpsi	%	-	3	3.100	1.274
No	Agregat Halus		Min.	Mak.	Hasil	Hasil
1	Berat jenis curah (bulk)	gr/cc	2.5	-	2.630	2.636
2	Berat jenis semu	gr/cc	2.5	-	2.903	2.824
3	Penyerapan air/absorpsi	%	-	3	3.573	2.529
	Filler bantak		Min.	Mak.	Hasil	Hasil
1	Berat jenis	gr/cc	2.5	-	2.565	2.565

3. Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall terhadap campuran beton aspal panas yaitu nilai kepadatan (*density*), stabilitas (*stability*), *VMA* (*voids in mineral aggregate*), *VFA* (*voids filled with asphalt*), *VIM* (*voids in the mix*), kelelahan (*flow*) dan Marshall *Quotient* (MQ) pada benda uji masing-masing kadar aspal 3 buah benda uji. Untuk mendapatkan nilai karakteristik aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989, maka perlu dicari kadar aspal optimum ditentukan dengan cara percobaan pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7%. Hasil pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum seperti ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum

No	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	Kadar aspal (%)				
			5	5,5	6	6,5	7
1.	Density (gr/cm ³)	-	2,281	2,307	2,329	2,342	2,312
2.	VMA (%)	>13	11,36	10,80	10,45	13,40	12,06
3.	VFB (%)	>60	7,04	21,96	38,42	60,61	59,08
4.	VIM (%)	3,5-5,5	10,57	8,43	6,48	4,83	4,97
5.	Stabilitas (kg)	>800	1014,54	1072,92	1168,64	1197,76	1117,74
6.	Flow	>3	3,4	2,6	2,5	3,1	3,2
7.	MQ(kg/mm)	>250	303,45	416,82	476,34	391,08	343,54

3. Pembahasan

1. Pemeriksaan Aspal

Dari hasil pengujian aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 yang ditunjukkan pada Tabel 9 diperoleh pembahasan sebagai berikut:

a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal Modifikasi polimer penetrasi 50/70

Dari hasil pemeriksaan penetrasi aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 diperoleh nilai rata-rata penetrasi 67,86 dengan hasil tersebut maka nilai penetrasi aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, sehingga aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 yang diperoleh dari PT. Aspal Mitra dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beton aspal panas. Persyaratan yang ditentukan untuk penetrasi aspal adalah 50-70.

b. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Modifikasi Polimer Penetrasi 50/70

Pemeriksaan titik lembek yang untuk mengukur batas kekerasan aspal dengan cara membebani dengan bola baja dan memanaskan didalam

media air. Dari hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata suhu dari kondisi titik lembek adalah sebesar 55,30 °C dan masih dalam rentang batas suhu kondisi titik lembek yang disyaratkan yaitu antara 48-58 °C.

c. Pemeriksaan Titik Nyala dan Bakar Aspal Modifikasi Polimer

Tujuan pemeriksaan suhu kondisi titik nyala dan titik bakar adalah untuk menentukan suhu aspal mulai mengalami perubahan sifat sebagai akibat pemanasan yang terlalu tinggi serta untuk mengetahui suhu maksimum dalam memanaskan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Besarnya titik nyala yang disyaratkan untuk aspal penetrasi 50/70 minimal sebesar 200 °C dan dari hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala aspal pada suhu 283 °C dan titik bakar pada suhu 286,7 °C. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan termometer 400 °C.

d. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Modifikasi Modifikasi Polimer

Menurut SNI 06-2441-1991 berat jenis merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu 25 °C. Pada proyek akhir ini berat jenis aspal menggunakan satuan gr/cc Persyaratan yang ditentukan untuk berat jenis aspal adalah >1 gr/cc. Dari hasil pemeriksaan menunjukkan hasil 1.052 gr/cc diatas persyaratan, sehingga aspal modifikasi polimer yang diperoleh dari PT. Aspal Mitra dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beton aspal panas.

2. Pemeriksaan Agregat

a. Agregat Kasar

Hasil pengujian agregat kasar bantak yang ditunjukkan pada Tabel 10. bahwa agregat kasar bantak tidak memenuhi persyaratan dari SNI. Agregat kasar bantak dari merapi yang diambil dari PT. Calvary Abadi ternyata mempunyai nilai berat jenis curah sebesar 2,306 gr/cc atau lebih kecil dari batas minimal yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) sebesar 2,5 gr/cc, sedangkan penyerapan air sebesar 3,1 % lebih besar dari syarat maksimum (SNI) sebesar 3%.

Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles, menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan tahan terhadap abrasi, ini terlihat dari nilai keausan rata-rata yang diperoleh yaitu sebesar 34,57 % atau di bawah nilai yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 40%.

b. Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus bantak, hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa agregat halus bantak memiliki nilai berat jenis curah sebesar 2,630 gr/cc atau diatas batas minimum nilai berat jenis curah yang disyaratkan yaitu sebesar 2,5 gr/cc. Nilai penyerapan air agregat halus bantak menunjukkan nilai 3,573 % atau diatas nilai maksimum yang berarti melebihi nilai maksimum penyerapan air yang disyaratkan yaitu 3%.

c. *Filler*

Pada pengujian berat jenis filler, hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *filler* bantak memiliki nilai berat jenis sebesar 2,565 gr/cc atau diatas batas minimum nilai berat jenis yang disyaratkan yaitu sebesar 2,5 gr/cc. Pengujian *filler* ini dilakukan pada suhu ruang 32 °C. Hasil pengujian keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 11.

3. Pengujian Marshall

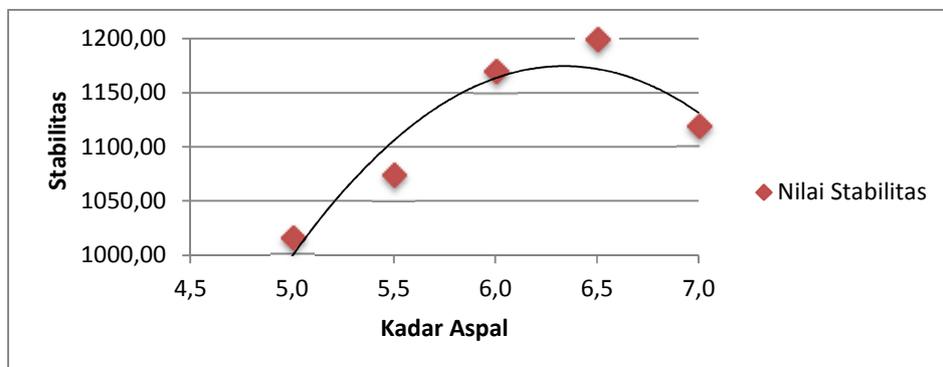
a. Stabilitas

Stabilitas campuran dalam pengujian Marshall ditunjukkan dengan pembacaan nilai stabilitas yang dikoreksi dengan angka tebal benda uji. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (*internal friction*), penguncian antar butir agregat (*interlocking*) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), disamping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh. Hasil pengujian stabilitas Marshall selengkapnya disajikan pada Tabel 13 dan Gambar 12 di bawah ini.

Tabel 13. Hasil pengujian Stabilitas Marshall

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas (kg)
A	1	5	931.26
	2	5	1052.73
	3	5	1059.63

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas (kg)
A		Rata-rata	1014.54
B	1	5,5	902.31
	2	5,5	1272.79
	3	5,5	1043.65
		Rata-rata	1072.92
C	1	6	1218.26
	2	6	1190.24
	3	6	1097.41
		Rata-rata	1168.64
D	1	6,5	1176.75
	2	6,5	1089.41
	3	6,5	1327.13
		Rata-rata	1197.76
E	1	7	1521.76
	2	7	994.68
	3	7	836.79
		Rata-rata	1117.74



Gambar 14. Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas

Dari Gambar 14 di atas menunjukkan bahwa semua campuran beton aspal memenuhi syarat uji tekan Marshall. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tinjauan kadar aspal yang sama, nilai stabilitas pada campuran beton aspal semakin besar pada rentang kadar aspal 5%-6,5% dan pada

kadar aspal 7% mengalami penurunan nilai stabilitas. Pada Gambar 13 diatas menunjukkan bahwa persamaan regresi yang ditunjukkan dalam bentuk garis, mencerminkan bahwa pada campuran beton aspal memiliki stabilitas tertinggi pada kadar aspal 6,5% dengan nilai stabilitas 1197,76 kg. Nilai stabilitas yang diperoleh pada hasil pengujian masih diatas persyaratan nilai minimum stabilitas untuk lalu lintas berat yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989, yaitu 800 kg. Nilai stabilitas pada campuran beton aspal yang menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan kadar 6,5% memiliki nilai stabilitas yang lebih besar yaitu 1197,76 kg, dibandingkan dengan nilai stabilitas pada campuran aspal panas yang menggunakan aspal AC 60/70 dengan kadar 6,5% yaitu 1087,1 kg. Hasil ini menunjukkan bahwa aspal modifikasi polimer memiliki keunggulan dibandingkan dengan aspal AC biasa yaitu pada ketahanannya.

b. *Flow*

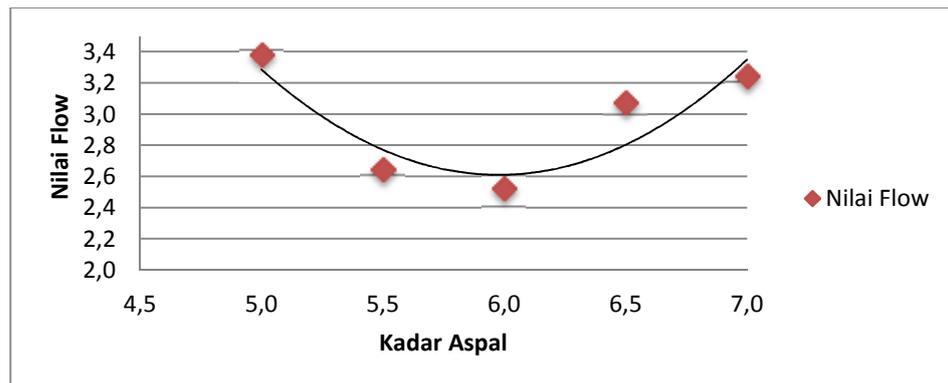
Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya. Penurunan atau deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan nilai karakteristik *Marshall* lainnya, seperti VFB (*Void Filled Bitumen*), VIM (*Void In Mix*) dan stabilitasnya. Nilai *flow* dipengaruhi antara lain oleh gradasi agregat, kadar aspal dan proses pemadatan yang meliputi suhu pemadatan dan energi pemadatan.

Campuran yang memiliki nilai kelelehan (*Flow*) yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas (*brittle*), sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelehan (*Flow*) yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas. Aspal terdiri dari dua komponen utama yaitu *asphalteness* dan *malteness*. *Asphalteness* yang memberikan warna cokelat atau hitam pada aspal sedangkan *malteness* dan *oil* yang juga akan mempengaruhi nilai *flow*. Hasil dari pengujian kelelehan (*flow*) Marshall selengkapnya disajikan pada Tabel 14 dan Gambar 14 di bawah ini.

Tabel 14. Hasil pengujian *flow* Marshall

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Flow (mm)
A	1	5	3.6
	2	5	3.5
	3	5	3.1
		Rata-rata	3.4
B	1	5,5	1.9
	2	5,5	2.9
	3	5,5	3.1
		Rata-rata	2.6
C	1	6	2.9
	2	6	2.0
	3	6	2.7
		Rata-rata	2.5
D	1	6,5	3.2
	2	6,5	3.0
	3	6,5	3.0
		Rata-rata	3.1
E	1	7	3.4
	2	7	3.5
	3	7	2.8

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Flow (mm)
E		Rata-rata	3.2



Gambar 15. Grafik hubungan kadar aspal dan *flow*.

Dari Gambar 15 di atas hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tinjauan kadar aspal yang berbeda, nilai *flow* pada campuran beton aspal dari kadar 5% hingga 5,5% mengalami penurunan hingga kadar 6%. Setelah itu pada kadar 6% hingga 7% mengalami kenaikan. Pada gambar 4. diatas menunjukkan bahwa persamaan yang ditunjukkan dalam bentuk garis *polynomial*, mencerminkan bahwa pada campuran beton aspal memiliki flow terendah pada kadar aspal 6% dengan nilai *flow* 2,5mm. Pada campuran beton aspal secara keseluruhan memenuhi nilai minimum flow yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu di bawah 3 mm.

c. *Void Filled Bitumen*

VFB (*Void Filled Bitumen*), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai

VFB ini merupakan pada sifat kekedapan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai VFB dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: energi, suhu pemadatan, jenis dan kadar aspal, serta gradasi agregatnya.

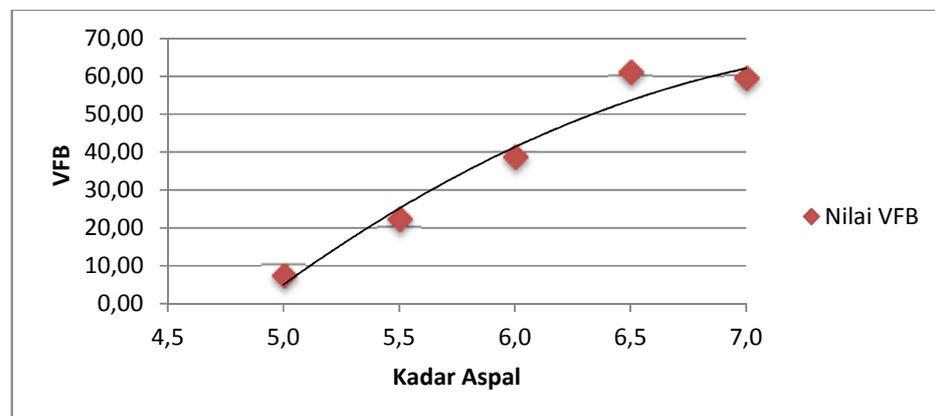
Nilai VFB yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami *bleeding* atau naiknya aspal kepermukaan.

Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang. Hasil perhitungan VFB selengkapnya disajikan pada Tabel 15 dan digambarkan pada Gambar 15.

Tabel 15. Hasil pengujian VFB Marshall

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VFB (%)
A	1	5	7.61
	2	5	7.46
	3	5	6.06
		Rata-rata	7.04
B	1	5,5	22.35
	2	5,5	22.30
	3	5,5	21.24
		Rata-rata	21.96
C	1	6	36.74
	2	6	44.10
	3	6	34.40

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VFB (%)
C		Rata-rata	38.42
D	1	6,5	50.91
	2	6,5	77.09
	3	6,5	53.83
		Rata-rata	60.61
E	1	7	65.33
	2	7	54.41
	3	7	57.50
		Rata-rata	59.08



Gambar 16. Grafik hubungan kadar aspal dan VFB

Dari Gambar 16 diperoleh nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada kadar aspal 5% ; 5,5%; 6%; dan 7% tidak memenuhi syarat yaitu karena nilai VFB dibawah 60% dan tidak sesuai dengan persyaratan dari RSNI 03-1737-1989. Sedangkan kadar aspal 6,5% memenuhi syarat yaitu dengan nilai VFB 60,61%.

d. *Void In Mix* (VIM)

VIM (*Void In Mix*) adalah banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase. Rongga udara yang terdapat dalam campuran

diperlukan untuk tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Karena itu nilai VIM sangat menentukan karakteristik campuran. Nilai VIM (*Void In Mix*) dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal dan *density*.

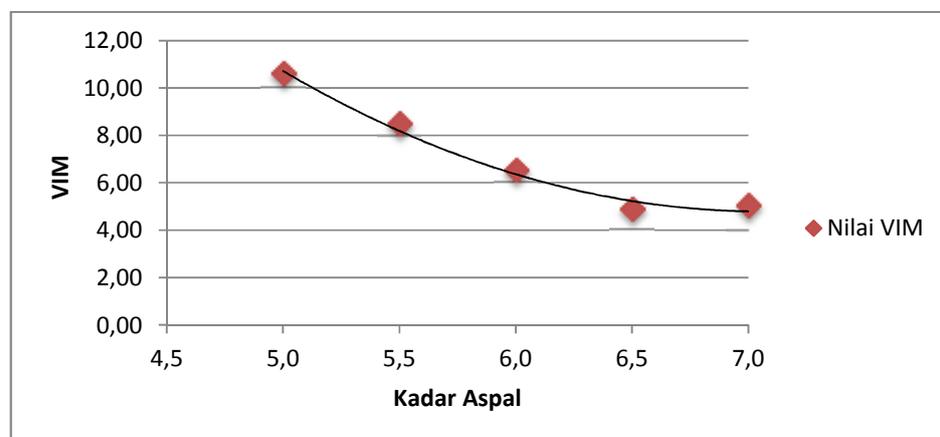
Jika nilai VIM (*Void In Mix*) yang terlalu tinggi berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal sehingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Jika hal ini terjadi akan menimbulkan pelepasan buitiran (*raveling*), sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat.

Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya *bleading* pada lapis keras. Selain *bleading*, dengan VIM yang rendah kekakuan lapis keras akan mengalami retak (*cracking*) apabila menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima *deformasi* yang terjadi. Hasil perhitungan VIM selengkapnya disajikan pada Tabel 16 dan digambarkan pada Gambar 16.

Tabel 16. Hasil pengujian VIM Marshall

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VIM (%)
A	1	5	9.72
	2	5	9.91
	3	5	12.08
		Rata-rata	10.57
B	1	5,5	8.26

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VIM (%)
B	2	5,5	8.27
	3	5,5	8.76
		Rata-rata	8.43
C	1	6	6.82
	2	6	5.11
	3	6	7.50
		Rata-rata	6.48
D	1	6,5	5.36
	2	6,5	4.32
	3	6,5	4.80
		Rata-rata	4.83
E	1	7	3.81
	2	7	5.88
	3	7	5.23
		Rata-rata	4.97



Gambar 17. Grafik hubungan kadar aspal dan VIM (*Void In Mix*).

Dari Gambar 17 di atas diperoleh nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan Revisi SNI 03-1737-1989 sebesar 3,5%-5,5% adalah pada campuran beton aspal dengan kadar aspal 6,5% dan 7% yaitu dengan nilai VIM (*Void In Mix*) sebesar 4,83% dan 4,97%.

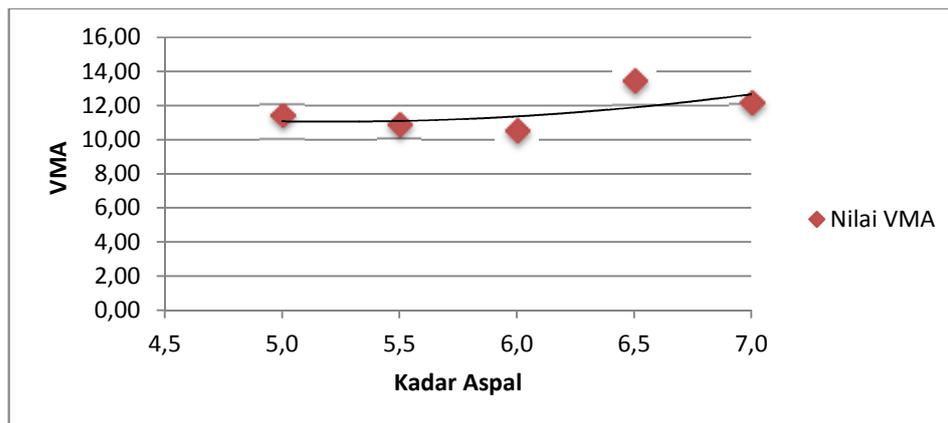
e. VMA (*Void in Mineral Agreggate*)

VMA (*Void In Mineral Aggregate*) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran aspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. VMA dinyatakan dalam prosentase dari campuran beraspal panas. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas, besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Hubungan antara VMA dengan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel dan Gambar dibawah ini.

Tabel 17. Hasil pengujian VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VMA (%)
A	1	5	10.52
	2	5	10.71
	3	5	12.86
		Rata-rata	11.36
B	1	5,5	10.63
	2	5,5	10.65
	3	5,5	11.12
		Rata-rata	10.80
C	1	6	10.78
	2	6	9.15
	3	6	11.43
		Rata-rata	10.45
D	1	6,5	10.92
	2	6,5	18.87
	3	6,5	10.39
		Rata-rata	13.40
E	1	7	10.98
	2	7	12.91

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VMA (%)
E	3	7	12.30
		Rata-rata	12.06



Gambar 18. Grafik hubungan kadar aspal dan VMA.

Dari Gambar 18 menunjukkan bahwa kadar aspal 6,5% dan 7% pada campuran beton aspal memenuhi syarat uji stabilitas Marshall Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu lebih besar dari 13%.

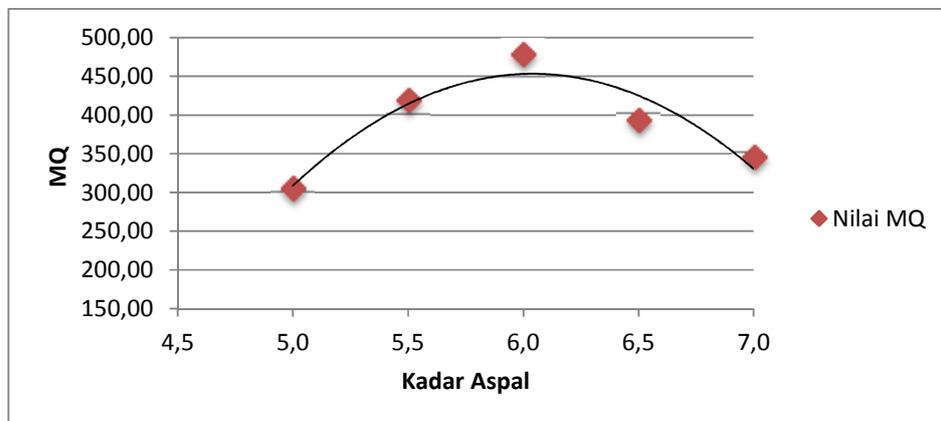
f. *Marshall Quotient* (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*) dan merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* (MQ) berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil *Marshall Quotient* (MQ) maka perkerasannya semakin lentur. Hasil

perhitungan (MQ) selengkapnya disajikan pada Tabel 18 dan digambarkan pada Gambar 18.

Tabel 18. Hasil pengujian MQ

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai MQ (kg/mm)
A	1	5	258.68
	2	5	304.26
	3	5	347.42
		Rata-rata	303.45
B	1	5,5	474.90
	2	5,5	438.89
	3	5,5	336.66
		Rata-rata	416.82
C	1	6	427.46
	2	6	595.12
	3	6	406.45
		Rata-rata	476.34
D	1	6,5	367.73
	2	6,5	363.14
	3	6,5	442.38
		Rata-rata	391.08
E	1	7	447.58
	2	7	284.19
	3	7	298.85
		Rata-rata	343.54



Gambar 19. Grafik hubungan kadar aspal dan MQ (*Marshall Quotient*).

Dari Gambar 19 diatas menunjukkan bahwa campuran beton aspal dengan kadar aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7% memiliki nilai MQ (*Marshall Quotient*) maksimum masing – masing yaitu 303,45; 416,82; 476,34; 391,08; dan 343,54 kg/mm. Secara keseluruhan campuran beton aspal menggunakan agregat bantak memenuhi syarat MQ berdasarakan Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu diatas 250 kg/mm.

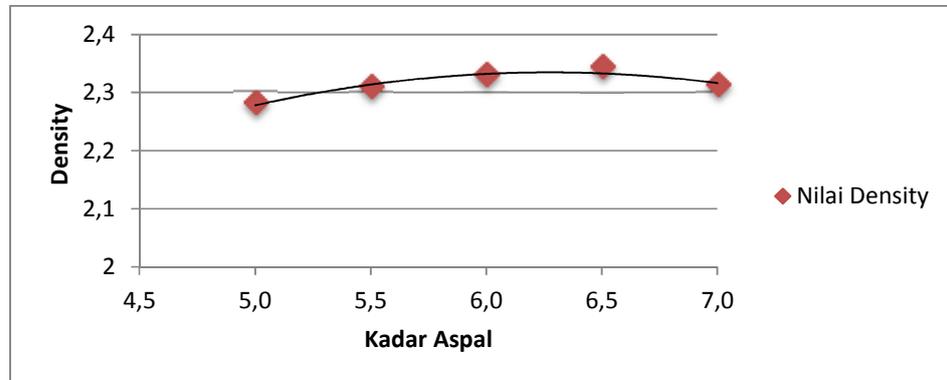
g. Kepadatan (*density*)

Kepadatan merupakan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Kepadatan (*density*) adalah berat campuran pada setiap satuan volume,. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunya dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan akan mampu menahan beban

yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Hasil pengujian *density* selengkapnya disajikan pada Tabel 19 dan digambarkan pada Gambar 19.

Tabel 19. Hasil pengujian *density*

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Density (gr/cc)
A	1	5	2.303
	2	5	2.298
	3	5	2.243
		Rata-rata	2.28
B	1	5,5	2.312
	2	5,5	2.312
	3	5,5	2.300
		Rata-rata	2.31
C	1	6	2.321
	2	6	2.363
	3	6	2.304
		Rata-rata	2.33
D	1	6,5	2.330
	2	6,5	2.355
	3	6,5	2.343
		Rata-rata	2.34
E	1	7	2.340
	2	7	2.290
	3	7	2.306
		Rata-rata	2.31

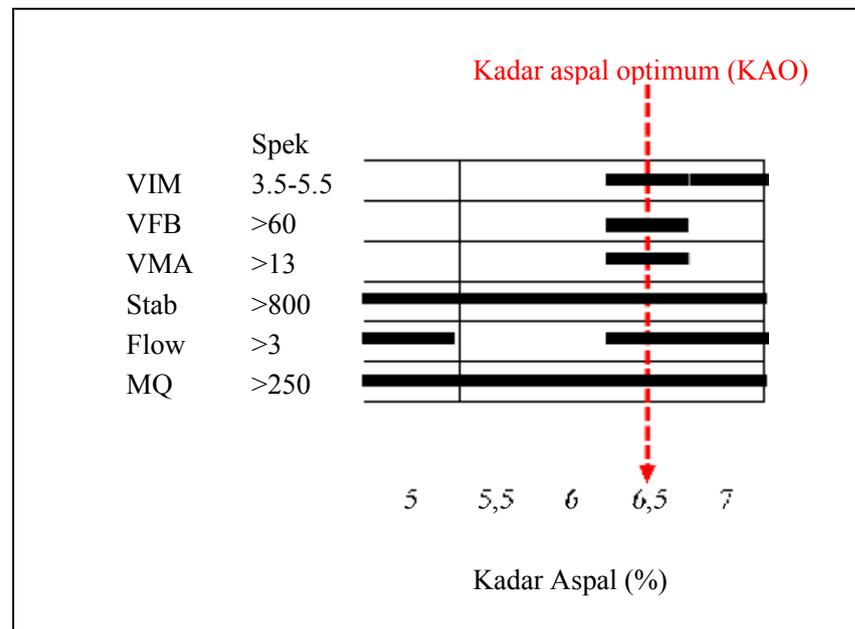


Gambar 20. Grafik hubungan kadar aspal dan kepadatan

Dari Gambar 20 di atas menunjukkan kepadatan yang stabil pada setiap campuran beton aspal. Hasil diatas menunjukkan bahwa semua campuran beton aspal memenuhi syarat uji tekan Marshall, karena tidak ada persyaratan khusus untuk nilai density dalam menentukan nilai kadar aspal optimum (RSNI M-01-2003).

h. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai mencapai persyaratan stabilitas, *flow*, *VMA*, *VIM*, *density* dan *Marshall Quotient*. Penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama tetapi dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan. Di bawah ini merupakan penentuan kadar aspal optimum dari campuran aspal dengan menggunakan agregat bantak dan aspal modifikasi polimer.



Gambar 21. Grafik kadar aspal optimum campuran aspal dengan agregat bantak

Dari Gambar 21 diatas menunjukkan bahwa kadar aspal optimum pada campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat bantak diperoleh pada nilai 6,5% dengan nilai *VIM* yaitu 4,83%; nilai *VFB* yaitu 60,61%; nilai *VMA* yaitu 13,40%; nilai stabilitas yaitu 1197,76 kg; nilai *flow* yaitu 3,1 mm; dan nilai yaitu *MQ* 391,08 kg/mm.

i. Perbandingan Kualitas Agregat Alami dan Agregat Bantak

Pada penelitian ini terdapat perbandingan nilai karakteristik Marshall antara campuran aspal panas yang menggunakan agregat bantak dan aspal modifikasi polimer AC 50/70, dengan campuran aspal panas

yang menggunakan agregat alami dan aspal modifikasi polimer AC 50/70 diantaranya yaitu:

1. Nilai VIM campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat bantak lebih besar dibandingkan dengan nilai VIM campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat alami, yaitu dengan selisih 1,195% dengan nilai berturut-turut adalah 4,83% dan 3,635%.
2. Nilai VFB campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat bantak lebih kecil dibandingkan dengan nilai VFB campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat alami, yaitu dengan selisih 23,44% dengan nilai berturut-turut adalah 60,61% dan 84,054%.
3. Nilai VMA campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat bantak lebih kecil dibandingkan dengan nilai VMA campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat alami, yaitu dengan selisih 14,98% dengan nilai berturut-turut adalah 13,40% dan 28,38%.
4. Nilai stabilitas campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat bantak lebih besar dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat alami, yaitu dengan

selisih 205,44 kg nilai berturut-turut adalah 1197,76 kg dan 992,316 kg.

5. Nilai *flow* campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat bantak lebih kecil dibandingkan dengan nilai *flow* campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat alami, yaitu dengan selisih 0,662 mm dengan nilai berturut-turut adalah 3,1 mm dan 3,762 mm.
6. Nilai MQ campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat bantak lebih besar dibandingkan dengan nilai MQ campuran beton aspal menggunakan aspal modifikasi polimer AC 50/70 dengan agregat alami, yaitu dengan selisih 123,77 kg/mm dengan nilai berturut-turut adalah 391,08 kg/mm dan 267, 231 kg/mm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada campuran aspal beton yang menggunakan bahan-bahan berupa agregat bantak yang berasal dari PT. Calvary Abadi dan aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 yang berasal dari PT. Aspal Mitra maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Nilai karakteristik Marshall pada penggunaan aspal modifikasi polimer ditinjau dari pengujian Marshall dengan menggunakan kadar aspal optimum dengan nilai VIM dan VMA berturut-turut sebesar 4,83% dan 13,40%; nilai VFB dan Stabilitas berturut-turut sebesar 60,61% dan 1197,76 kg; nilai flow, MQ, dan density berturut-turut sebesar 3,1 mm; 391,08 kg/mm; dan 2,342 gr/cm³.
2. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) aspal modifikasi polimer AC 50/70 yang digunakan sebagai bahan pengikat sebesar 6,5%

B. Saran

Dari hasil penelitian pada campuran aspal beton yang menggunakan bahan-bahan berupa agregat bantak yang berasal dari PT. Calvary Abadi dan aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 yang berasal dari PT. Aspal Mitra yang telah dilakukan di laboratorium Jalan Raya Universitas Negeri Yogyakarta

terdapat saran-saran yang bermanfaat, sehingga dapat meningkatkan kualitas penelitian:

1. Pada penelitian tentang campuran aspal beton ini diharuskan menggunakan pedoman *standart spesifikasi* AASHTO, ASTM, dan SNI sehingga menghasilkan penelitian yang berkualitas danr sesuai dengan standart.
2. Masih diperlukan penelitian tentang untuk jenis konstruksi perkerasan dengan menggunakan aspal modifikasi polimer penetrasi 50/70 dan agregat bantak lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- PT. Bintang Jaya. 2009. *Starbit: Modifikasi Aspal dengan Polimer*. Semarang: PT. Bintang Jaya.
- RSNI M-01-2003. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*: Badan Standardisasi Nasional.
- RSNI 06-2433-1991. *Metode pengujian titik nyala dan titik bakar dengan Cleveland open cup*: Badan Standarisasi Nasional.
- RSNI 06-2434-1991. *Metode pengujian titik lembek*: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum
- SNI 03-1968-1990. *Metode pengujian analisa saringan agregat halus dan agregat kasar*: Pustran-Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 03-2417-1991. *Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 06-2441-1991. *Metode pengujian berat jenis aspal*: Pustrang Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 1970–2008. *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2432-2011. *Cara uji penetrasi aspal*: Badan Standarisasi Nasional
- SNI 2490–2008. *Cara uji kadar air dalam produk minyak dan bahan mengandung aspal dengan cara penyulingan.*: Badan Standardisasi Nasional.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.

LAMPIRAN



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PENGUJIAN: Pembakaran Aspal
HARI, TANGGAL : Jum'at, 24 Februari 2012
JAM : 13.00 WIB
CUACA : Mendung
TEST BY : Tino Putro Pangestu
SAMPLE : Aspal Modifikasi Polimer Pen. 50/70

DATA LAPORAN

1. Bahan

Tabel 1. Spesifikasi Bahan

No.	Sample	Jenis	Asal
1.	Aspal	<i>Modifikasi Polimer</i>	PT. Aspal Mitra

2. Alat

Tabel 2. Spesifikasi Alat

No.	Nama	Jumlah	Keterangan
1	Kompor listrik	1	
2	Cawan	3	Untuk 3 buah benda uji
3	Scrap	1	
4	Sendok	1	
5	Piring seng	1	
6	Pengukur suhu (<i>Metal Thermometer</i>)	1	Sesuai dengan standart SNI 19-6421-2000

3. Hasil Pengujian

Tabel 3. Hasil Pengujian Pembakaran Aspal

Suhu Pembakaran (°C)	Waktu Pembakaran (menit)	Keterangan
120	8,5	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 24 Februari 2012
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Tino Putro Pangestu
NIM. 09510134018



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : Aspal Modifikasi Polimer Pen 50/70
 STANDART UJI : SNI 2456 : 2011(Revisi SNI 06-2456-1991)
 UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
 DILAKUKAN : Kamis, 12-04-2012
 TEST BY : Tino Putro Pangestu
 CUACA : Cerah

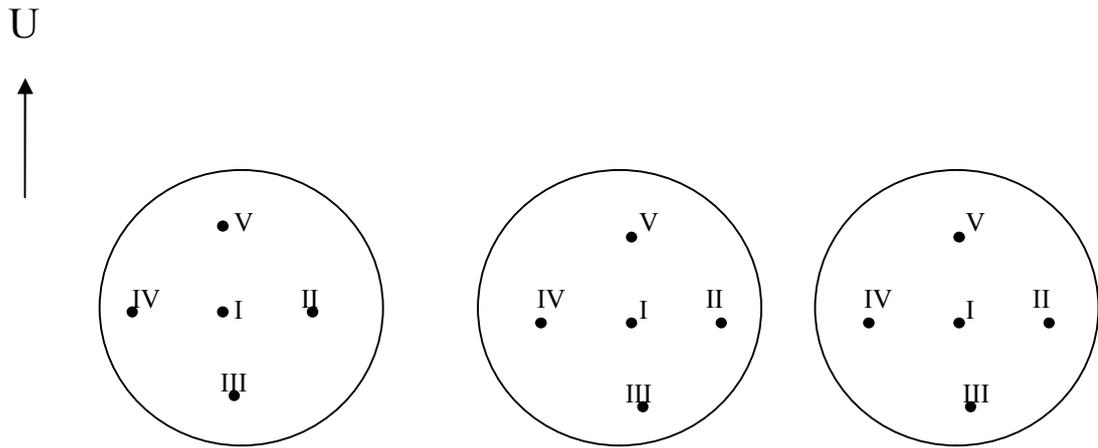
PENGUJIAN PENETRASI ASPAL

Tabel 1. Pengujian penetrasi aspal modifikasi polimer pen. 50/70

MACAM PEKERJAAN	WAKTU	TEMPERATUR
Persiapan	Mulai pukul : 11.45 WIB	Suhu ruang 30°C
	Selesai pukul : 12.15 WIB	
Perendaman Benda Uji	Mulai pukul : 12.15 WIB	Suhu perendaman 25°C
	Selesai pukul : 12.30 WIB	
Pemeriksaan Benda Uji	Mulai pukul : 12.30 WIB	Suhu pemeriksaan 25°C, 100gr, 5 detik
	Selesai pukul : 13.00 WIB	

Tabel 2. Hasil Pengujian penetrasi aspal aspal modifikasi polimer pen. 50/70

MACAM PENGUJIAN	HASIL PENGAMATAN					RERATA	KET
Pengujian contoh I	71	68	72	68	67	69,2	Satuan 0.1 mm
Pengujian contoh II	68	68	69	69	67	68,2	
Pengujian contoh III	64	66	65	65	67	66,2	
Hasil rata-rata	67,86						



Gambar 1. Sketsa hasil pengujian penetrasi aspal modifikasi polimer pen. 50/70

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 12 April 2012
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Tino Putro Pangestu
NIM. 09510134018

Lampiran 3. Laporan Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : Aspal Modifikasi Polimer Pen 50/70
STANDART UJI : SNI 2433 : 2011(Revisi SNI 06-2433-1991)
UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
DILAKUKAN : Jumat, 13 April 2012
 Senin, 16 April 2012
 Rabu, 18 April 2012
TEST BY : Tino Putro Pangestu
CUACA : Cerah

PENGUJIAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR

Tabel 1. Suhu dan Waktu Pengambilan Data

No	Urutan Pemeriksaan	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III	
		Suhu	Waktu	Suhu	Waktu	Suhu	Waktu
1	Pemanasan benda uji						
	Mulai pemanasan	32 °C	13.40 WIB	32 °C	10.45 WIB	32 °C	12.00 WIB
	Selesai pemanasan	150 °C	14.10 WIB	150 °C	11.10 WIB	150 °C	12.10 WIB
2	Pemeriksaan Titik nyala/bakar						
	Mulai	150 °C	14.10 WIB	150 °C	11.15 WIB	150 °C	12.15 WIB
	Selesai	288 °C	15.00 WIB	286 °C	12.00 WIB	286 °C	13.00 WIB

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Ket
1	Benda Uji I	284 °C	288 °C	
2	Benda Uji II	282 °C	286 °C	
3	Benda Uji III	283 °C	286 °C	
4	Rata-rata	283 °C	286,67 °C	

$$\text{Titik nyala rata-rata} = \frac{284+282+283}{3} = 283 \text{ °C}$$

$$\text{Titik bakar rata-rata} = \frac{288+286+286}{3} = 286,67 \text{ °C}$$

Tabel 3. Data Pengujian Titik nyala dan titik bakar

No.	Waktu (Menit)	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III	
		Suhu (°C)	Keterangan	Suhu (°C)	Keterangan	Suhu (°C)	Keterangan
Mulai							
150°C							
1		150		150		150	
2		154		154		151	
3		165		161		156	
4		172		168		160	
5		188		172		161	
6		200		177		162	
7		210		180		167	
8		212		181		169	
9		213		184		171	
10		212		189		175	
11		210		193		177	
12		212		194		182	
13		218		197		196	
14		223		198		202	
15		225		201		210	
16		228		204		214	
17		234		205		219	
18		244		206		222	
19		249		208		224	
20		254		211		228	
21		260		216		229	
22		265		221		231	
23		271		226		232	

No.	Waktu (Menit)	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III	
		Suhu (°C)	Keterangan	Suhu (°C)	Keterangan	Suhu (°C)	Keterangan
24		276		233		233	
25		280	Titik nyala	238		235	
26		284		244		238	
27		285		249		242	
28		285		252		248	
29		286		257		254	
30		287	Titik Bakar	262		264	
31		288		266		272	
32				272		278	Titik nyala
33				276	Titik nyala	283	Titik bakar
34				282	Titik bakar	286	
35				286			
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 April 2012
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Tino Putro Pangestu
NIM. 09510134018



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL**

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : Aspal Modifikasi Polimer Penetrasi 50/70
 STANDART UJI : SNI 2433 : 2011(Revisi SNI 06-2433-1991)
 UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
 DILAKUKAN : Kamis, 19 April 2012
 TEST BY : Tino Putro Pangestu
 CUACA : Cerah

PENGUJIAN TITIK LEMBEK

Tabel 1. Suhu dan waktu pengambilan data

No	Urutan Pemeriksaan	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III	
		Suhu	Waktu	Suhu	Waktu	Suhu	Waktu
1	Pemanasan benda uji						
	Mulai pemanasan	32 °C	13.30 WIB	30 °C	09.45 WIB	32 °C	13.15 WIB
	Selesai pemanasan	110 °C	13.45 WIB	110 °C	10.00 WIB	110 °C	13.30 WIB
2	Pendinginan benda uji						
	Mulai	110 °C	13.45 WIB	110 °C	10.00 WIB	110 °C	13.30 WIB
	Selesai	5 °C	14.00 WIB	5 °C	10.20 WIB	5 °C	13.50 WIB
3	Pemeriksaan Titik lembek						
	Mulai	5 °C	14.00 WIB	5 °C	10.20 WIB	5 °C	13.50 WIB
	Selesai	54°C	14.20 WIB	56,4°C	10.40 WIB	57 °C	14.20 WIB

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan (Benda uji I)

NO	SUHU YANG DIAMATI	PEMBACAAN WAKTU (MENIT)		TITIK LEMBЕК(°C) (JATUHNYA PELOR)	
		Contoh I	Contoh II	Contoh I	Contoh II
1	5°C	158	158		
2	10°C	297	297		
3	15°C	390	390		
4	20°C	470	470		
5	25°C	516	516		
6	30°C	649	649		
7	35°C	734	734		
8	40°C	903	903		
9	45°C	1066	1066		
10	50°C	1209	1209		
11	55°C	1384	1400	54	54
Total Waktu		1384	1400		

Titik lembek rata-rata benda uji I = $\frac{54+54}{2} = 54 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tabel 3. Data Hasil Pengamatan (Benda uji II)

NO	SUHU YANG DIAMATI	PEMBACAAN WAKTU (MENIT)		TITIK LEMBЕК(°C) (JATUHNYA PELOR)	
		Contoh I	Contoh II	Contoh I	Contoh II
1	5°C	62	62		
2	10°C	240	240		
3	15°C	380	380		
4	20°C	511	511		
5	25°C	624	624		
6	30°C	751	751		
7	35°C	868	868		
8	40°C	999	999		
9	45°C	1110	1110		
10	50°C	1220	1220		
11	55°C	1333	1377	54,4	56,4
Total Waktu		1333	1377		

Titik lembek rata-rata benda uji II = $\frac{54,4+56,4}{2} = 55,4 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tabel 4. Data Hasil Pengamatan (Benda uji III)

NO	SUHU YANG DIAMATI	PEMBACAAN WAKTU (MENIT)		TITIK LEMBЕК(°C) (JATUHNYA PELOR)	
		Contoh I	Contoh II	Contoh I	Contoh II
1	5°C		62		
2	10°C	0	240		
3	15°C	324	380		
4	20°C	489	511		
5	25°C	623	624		
6	30°C	747	751		
7	35°C	886	868		
8	40°C	1008	999		
9	45°C	1125	1110		
10	50°C	1227	1220		
11	55°C	1347	1377		
12	60°C	1378	1408	56°C	57°C
Total Waktu		Total Waktu	1378		

$$\text{Titik lembek rata-rata benda uji III} = \frac{56+57}{2} = 56,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Rerata titik lembek benda uji I,II,III} = \frac{54+55,4+56,5}{3} = 55,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 22 April 2012
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Tino Putro Pangestu
NIM. 09510134018



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

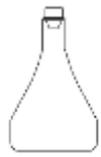
SAMPLE : Aspal Modifikasi Polimer Pen. 50/70 PT. Aspal Mitra
 STANDART UJI : SNI 06-2441-1991
 UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
 DILAKUKAN : Jumat, 20 April 2012
 TEST BY : Tino Putro Pangestu
 CUACA : Cerah

PENGUJIAN BERAT JENIS ASPAL

Tabel 31. Suhu dan waktu pengambilan data

MACAM PEKERJAAN	WAKTU	TEMPERATUR
Persiapan	Mulai pukul : 14.00 WIB	Suhu ruang 32°C
	Selesai pukul : 14.15 WIB	
Pemeriksaan Benda Uji	Mulai pukul : 14.15 WIB	
	Selesai pukul : 15.00 WIB	

Tabel 32. Hasil pengujian berat jenis aspal AC 60/70

Notasi	Percobaan I	Percobaan II	Keterangan
Berat picnometer kosong (A)	41,08 gr	41,08 gr	

Notasi	Percobaan I	Percobaan II	Keterangan
Berat picnometer + air (B) Berat picnometer kosong (A) Berat air (1) Vol. Air = Vol. Picnometer (2)= _____	136,94 gr 41,08 gr 136,94 gr 95,86cc	136,94 gr 41,08 gr 136,94 gr 95,86 cc	
Berat picnometer + contoh (C) Berat picnometer kosong (A) Berat contoh (3)	51,79 gr 41,08 gr 10,71 gr	51,43 gr 41,08 gr 10,35 gr	
Berat picnometer + contoh + air (D) Berat picnometer + contoh (C) Berat air (4) Vol. Air (5) = _____	135,09 gr 51,79 gr 83,3 gr 83,3 cc	139,02 gr 51,43 gr 87,59 gr 87,59 cc	
Isi contoh = (2 - 5) Berat air suling (6) = isi contoh x Bj air	12,56 gr 15,56 cc	8,27 gr 8,27 cc	
Berat Jenis = (3)/(6)	1,251 gr/cc	0,857 gr/cc	
Rata-rata	1,052 gr/cc		

Berat jenis pada suhu ruang 25 °C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25^{\circ}\text{C}) &= G(32^{\circ}\text{C}) \frac{B_{\text{air } 32^{\circ}\text{C}}}{B_{\text{air } 25^{\circ}\text{C}}} = 1,052 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 1,052 \times 0,99796 \\
 &= 1,049 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 23 April 2012
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Tino Putro Pangestu
NIM. 09510134018



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : Kerikil buatan (hasil pemecahan agregat lokal bantak)
STANDART UJI : SNI 03-1969-1990
UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
DILAKUKAN : Kamis, 12-04-2012
TEST BY : 1. Dodi Wijayanto 09510134001
2. Mohamad Aqif 09510134014
3. Tino Putro P. 09510134018
4. Dika Mafaza 09510134019
CUACA : Cerah

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Pengujian	Notasi	I	II	Rata-rata
Berat benda uji kering oven	Bk	500	500.0	500
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	Bj	517	515	516
Berat benda uji didalam air	Ba	300	298	299

Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	Hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$(B_k/(B_j - B_a))$	2.306
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$(B_j/(B_j - B_a))$	2.377
Berat jenis semu (S_a)	$(B_k/(B_k - B_a))$	2.483
Penyerapan air (S_w)	$[(B_j - B_k)/B_k] \times 100\%$	3.100

Berat jenis curah kering (S_d) pada suhu ruang 25°C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25^\circ\text{C}) &= G(32^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 2,306 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 2,306 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{2,301} \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s) pada suhu ruang 25°C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25^\circ\text{C}) &= G(32^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 2,377 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 2,377 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{2,372} \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Berat jenis semu (S_a) pada suhu ruang 25°C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25^\circ\text{C}) &= G(32^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 2,483 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 2,483 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{2,477} \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP.19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 12 April 2012
Diuji oleh mahasiswa,

Tino Putro Pangestu, dkk
NIM. 09510134018



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : Kerikil buatan (hasil pemecahan agregat lokal bantak)
STANDART UJI : SNI 03-1969-1990
UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
DILAKUKAN : Senin, 16-04-2012
TEST BY : 1. Dodi Wijayanto 09510134001
2. Mohamad Aqif 09510134014
3. Tino Putro P. 09510134018
4. Dika Mafaza 09510134019
CUACA : Cerah

**PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT KASAR DENGAN
MENGUNAKAN MESIN LOS ANGELES**

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar Bantak

Pengujian 1		Satuan	Pengujian 2		Satuan
Sample benda uji	5000	gram	Sample benda uji	5000	gram
	100	%		100	%
hasil	3315	gram	Hasil	3228	gram
	66.3	%		64.56	%
kesimpulan	1685	gram	kesimpulan	1772	gram
	33.7	%		35.44	%
Rata-rata	34.57%				

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP.19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 16 April 2012
Diuji oleh mahasiswa,

Tino Putro Pangestu, dkk
NIM. 09510134018



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL**

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : Pasir merapi (hasil pemecahan agregat lokal bantak)
STANDART UJI : SNI 1970 : 2008
UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
DILAKUKAN : Kamis, 12-04-2012
TEST BY : 1. Dodi Wijayanto 09510134001
2. Mohamad Aqif 09510134014
3. Tino Putro P. 09510134018
4. Dika Mafaza 09510134019
CUACA : Cerah

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Pengujian	Notasi	I	II	Rata-rata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	500
berat benda uji kering oven	A	480	486	483
Berat picnometer yang berisi air	B	663	665	664
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	980	980	980

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis Agregat Halus

Perhitungan	Notasi	Hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	[$A/(B + S - C)$]	2.630 gr.
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	[$S/(B + S - C)$]	2.724 gr.
Berat jenis semu (S_a)	[$A/(B + A - C)$]	2.903 gr.
Penyerapan air (S_w)	[$((S-A)/A) \times 100\%$]	3.573 %

Berat jenis curah kering (S_d) pada suhu ruang 25 °C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25^\circ\text{C}) &= G(32^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 2,630 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 2,630 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{2,624 \text{ gr/cc}}
 \end{aligned}$$

Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s) pada suhu ruang 25 °C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25^\circ\text{C}) &= G(32^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 2,724 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 2,724 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{2,718 \text{ gr/cc}}
 \end{aligned}$$

Berat jenis semu (S_a) pada suhu ruang 25 °C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25^\circ\text{C}) &= G(32^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 2,903 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 2,903 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{2,897 \text{ gr/cc}}
 \end{aligned}$$

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 12 April 2012
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Tino Putro Pangestu, dkk
NIM. 09510134018



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : Pasir buatan (hasil pemecahan agregat lokal bantak)
STANDART UJI : SNI 03-1969-1990
UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
DILAKUKAN : Selasa, 17-04-2012
TEST BY : 1. Dodi Wijayanto 09510134001
2. Mohamad Aqif 09510134014
3. Tino Putro P. 09510134018
4. Dika Mafaza 09510134019
CUACA : Cerah

PENGUJIAN MKB AGREGAT HALUS

Tabel 1. Data Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) Pasir 1

Lubang Ayakan (mm)	Barat Tertinggal (gr)	Persen Tertinggal (%)	Persen tertinggal komulatif (%)	Persen tembus komulatif (%)
9.52	5.1	0.51	0.51	99.49
4.76	28.1	2.82	3.33	96.67
2.4	181.25	18.18	21.51	78.49
1.2	450.02	45.14	66.65	33.35
0.6	233.5	23.42	90.07	9.93
0.3	60.05	6.02	96.09	3.91
0.15	15.79	1.58	97.67	2.33
< 0.15	23.2	2.33	-	-
	997.01	100	375.83	
MKB	3.7583			

Tabel 2. Data Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) Pasir 2

Lubang Ayakan (mm)	Barat Tertinggal (gr)	Persen Tertinggal (%)	Persen tertinggal komulatif (%)	Persen tembus komulatif (%)
9.52	3.4	0.34	0.34	99.66
4.76	30.6	3.07	3.41	96.59
2.4	188	18.85	22.26	77.74
1.2	448.71	44.99	67.25	32.75
0.6	216.1	21.67	88.92	11.08
0.3	15.1	1.51	90.43	9.57
0.15	73.2	7.34	97.77	2.23
< 0.15	22.2	2.23	-	-
	997.31	100	370.39	
MKB	3.7039			

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP.19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 17 April 2012
Diuji oleh mahasiswa,

Tino Putro Pangestu, dkk
NIM. 09510134018

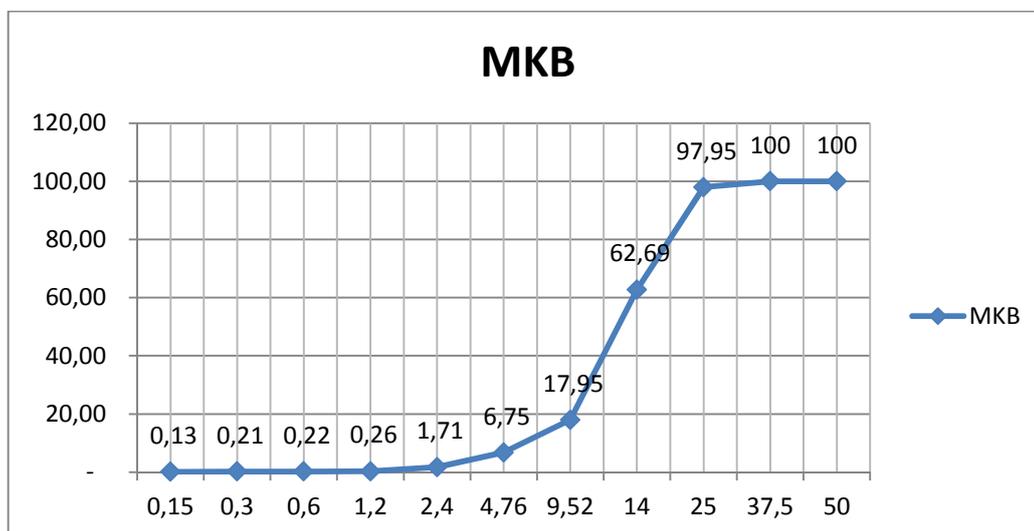


DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

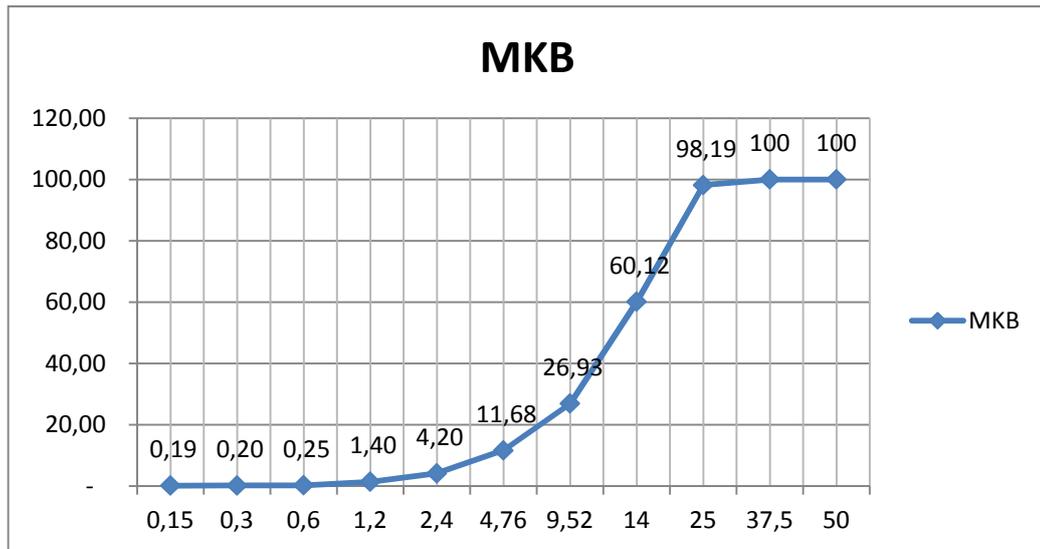
LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : Kerikil buatan (hasil pemecahan agregat lokal bantak)
STANDART UJI : SNI 03-1969-1990
UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
DILAKUKAN : Selasa, 17-04-2012
TEST BY : 1. Dodi Wijayanto 09510134001
2. Mohamad Aqif 09510134014
3. Tino Putro P. 09510134018
4. Dika Mafaza 09510134019
CUACA : Cerah

PENGUJIAN MKB AGREGAT KASAR



Gambar 30. Grafik Analisa Ayakan Agregat Kasar Bantak 1



Gambar 31. Grafik Analisa Ayakan Agregat Kasar Bantak 2

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 17 April 2012
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP.19610214 199103 1 001

Tino Putro Pangestu, dkk
NIM. 09510134018



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM KONSTRUKSI JALAN RAYA
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

SAMPLE : *Filler* (hasil pemecahan agregat lokal bantak)
STANDART UJI : SNI 1970 : 2008
UNTUK PROYEK : Proyek Akhir
DILAKUKAN : 16 April 2012 (Pengujian SSD)
17 April 2012 (Pengujian Berat kering oven)
18 April 2012 (Pengujian Berat jenis)
TEST BY : 1. Dodi Wijayanto 09510134001
2. Mohamad Aqif 09510134014
3. Tino Putro P. 09510134018
4. Dika Mafaza 09510134019
CUACA : Cerah

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN *FILLER*

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler*

Pengujian	Notasi	I (gr)	II (gr)	rata-rata (gr)
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	200	200	200
berat benda uji kering oven	A	191	191	191
Berat picnometer yang berisi air	B	647	647	647
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	772.6	772.5	772.5

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis *Filler*

Perhitungan	Notasi	Hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	[A/(B + S - C)]	2.565 gr/cc
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	[S/(B + S - C)]	3.055 gr/cc
Berat jenis semu (S_a)	[A/(B + A - C)]	2.917 gr/cc
Penyerapan air (S_w)	[((S-A)/A) x 100%]	4.712 %

Berat jenis curah kering (S_d) pada suhu ruang 25 °C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25\text{ }^\circ\text{C}) &= G(32\text{ }^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 2,565 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 2,565 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{2,559 \text{ gr/cc}}
 \end{aligned}$$

Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s) pada suhu ruang 25 °C adalah:

$$\begin{aligned}
 G(25\text{ }^\circ\text{C}) &= G(32\text{ }^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 3,055 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 3,055 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{3,048 \text{ gr/cc}}
 \end{aligned}$$

Berat jenis semu (S_a) pada suhu ruang 25 °C adalah:

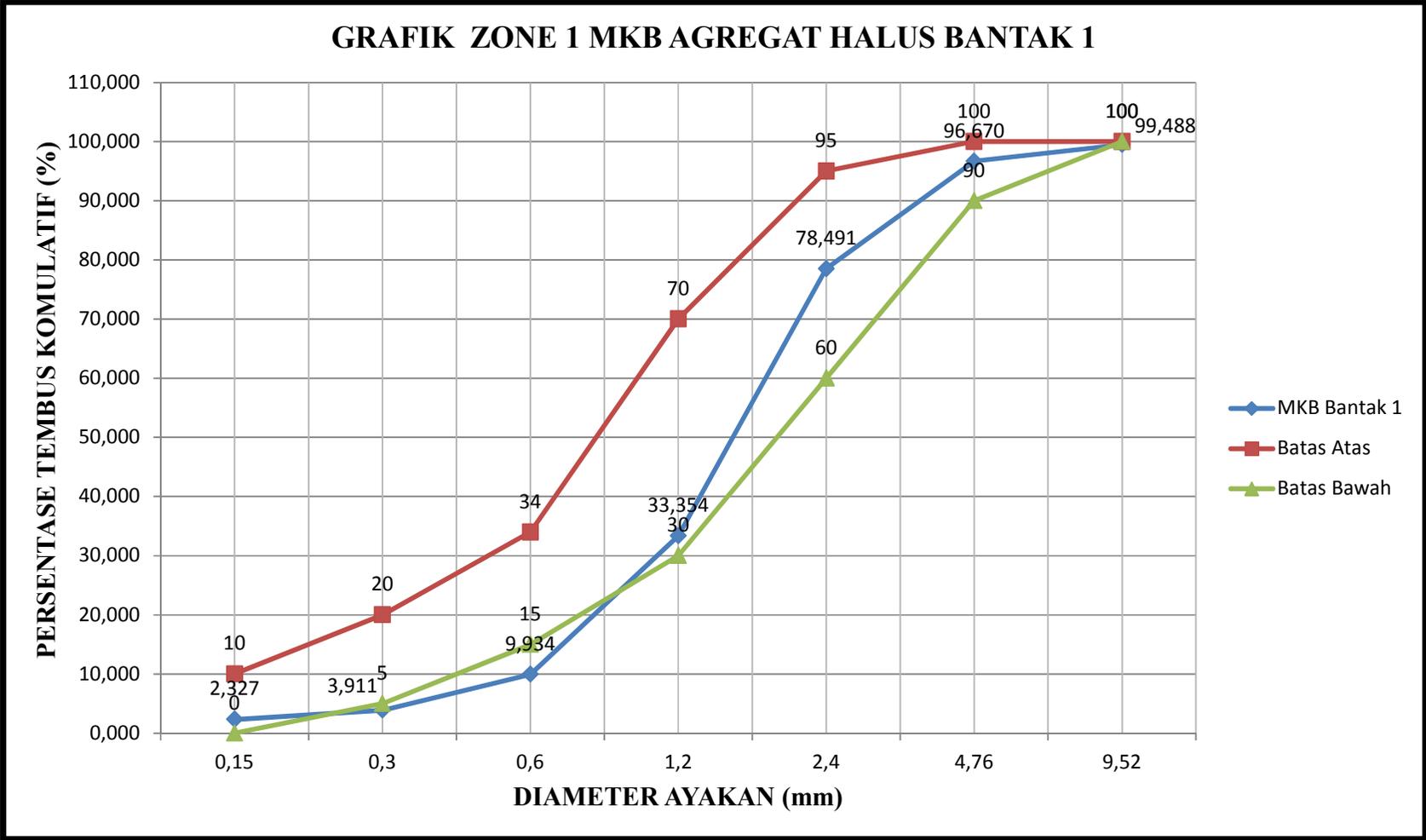
$$\begin{aligned}
 G(25\text{ }^\circ\text{C}) &= G(32\text{ }^\circ\text{C}) \frac{B_{\text{jair } 32^\circ\text{C}}}{B_{\text{jair } 25^\circ\text{C}}} = 2,917 \frac{0,99505}{0,99708} \\
 &= 2,917 \times 0,99796 \\
 &= \mathbf{2,911 \text{ gr/cc}}
 \end{aligned}$$

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

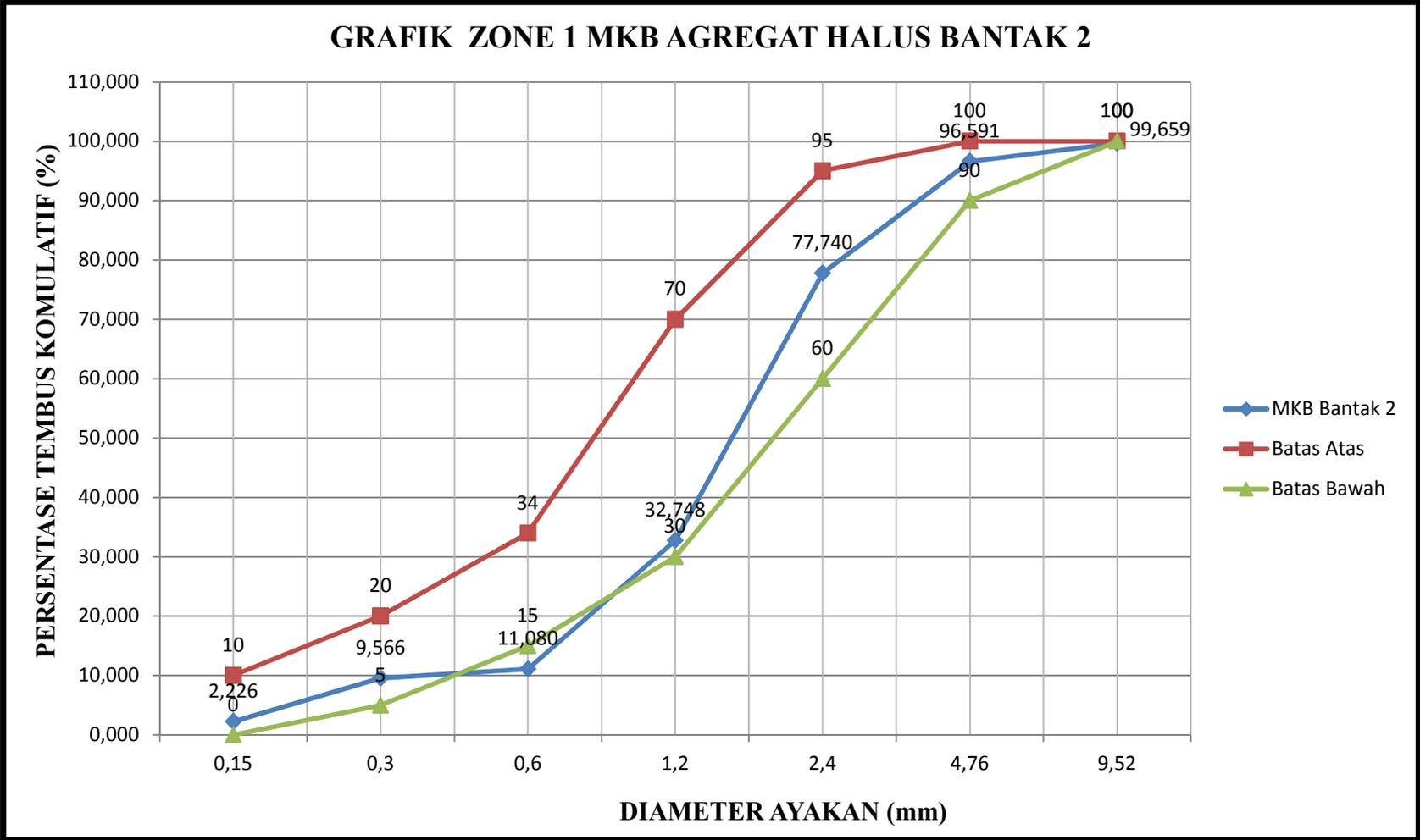
Yogyakarta, 18 April 2012
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Tino Putro Pangestu, dkk
NIM. 09510134018



Gambar 1. MKB Agregat Halus Bantak 1



Gambar 2. MKB Agregat Halus Bantak 2

PROYEK AKHIR PRESENTASI



JUDUL:

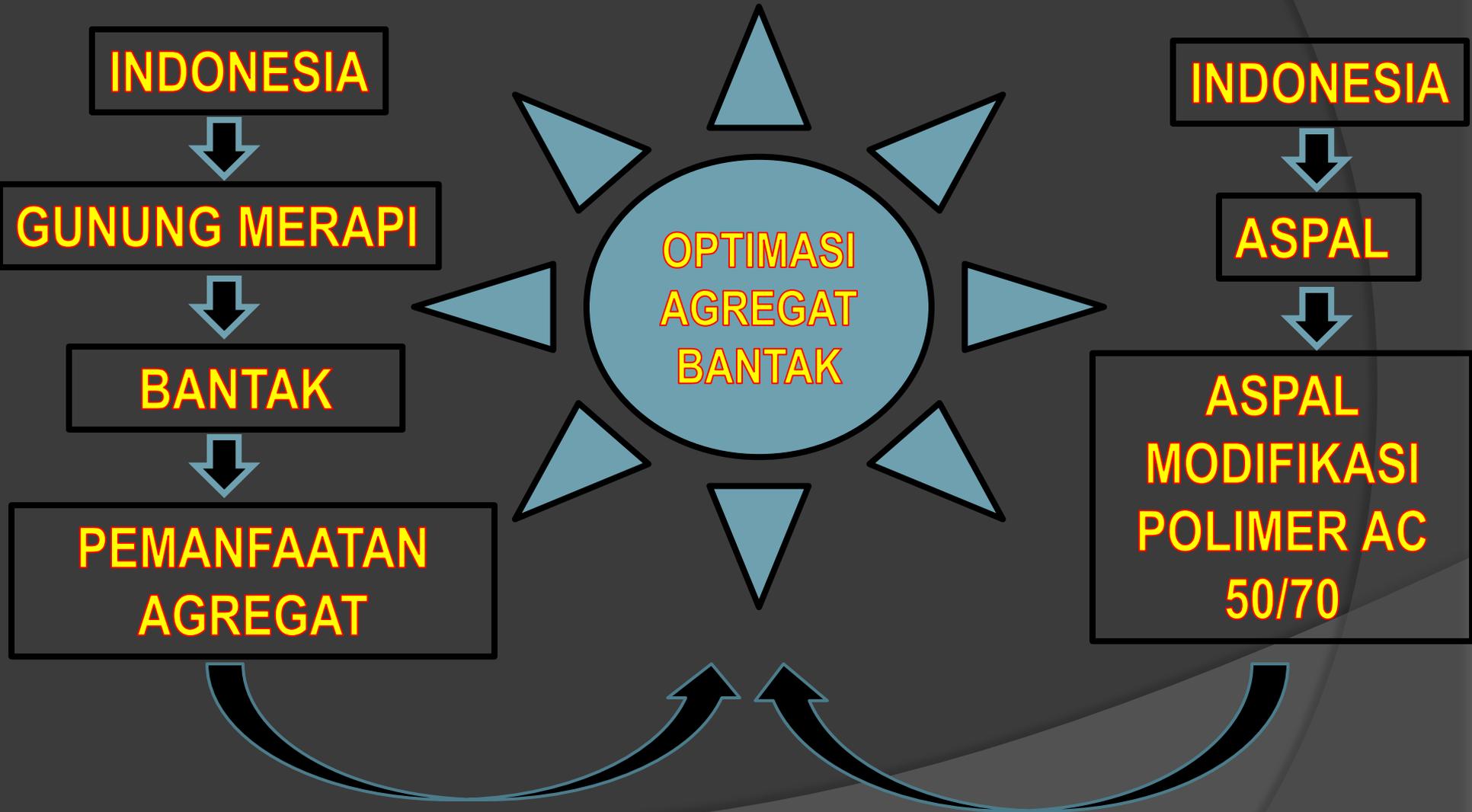
**KARAKTERISTIK ASPAL MODIFIKASI POLIMER AC 50/70
MENGUNAKAN AGREGAT LOKAL BANTAK PADA LALU
LINTAS BERAT**

Oleh:

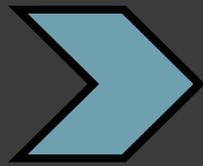
Tino Putro Pangestu

09510134018

LATAR BELAKANG



RUMUSAN MASALAH



NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL ?

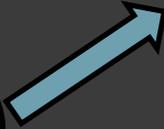


KADAR ASPAL OPTIMUM ER AC 50/70 !

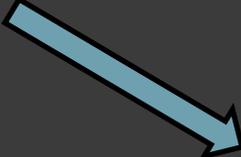
TUJUAN



MENGETAHUI

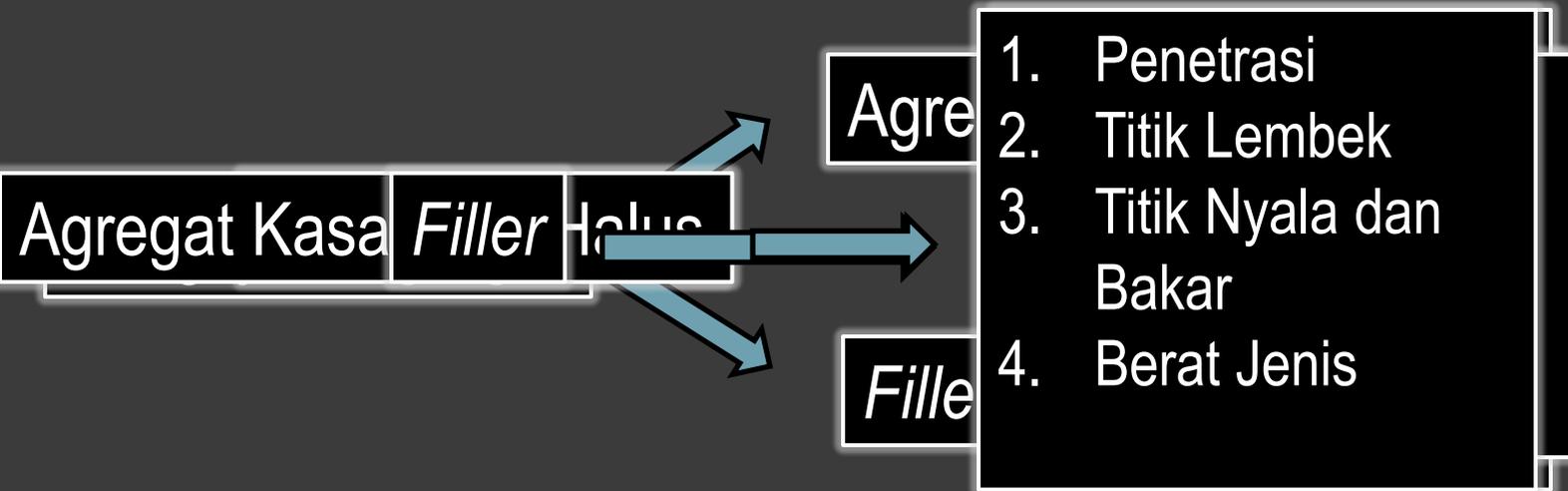


NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL



KADAR ASPAL OPTIMUM

PENGUJIAN BAHAN



PEMBUATAN BENDA UJI MARSHALL



PENGUJIAN MARSHALL

BRIKET/ BENDA UJI

PENGUKURAN (TINGGI DAN DIAMETER) DAN PENIMBANGAN (KERING)

PERENDAMAN BENDA UJI SELAMA 24 JAM (SUHU RUANG)

PENIMBANGAN BENDA UJI (DALAM AIR DAN SSD)

PENGUJIAN STABILITAS DAN FLOW

PERENDAMAN BENDA UJI DI DALAM BEJANA $\pm 60^\circ$ SELAMA 30 – 40 MENIT

HASIL DAN PEMBAHASAN

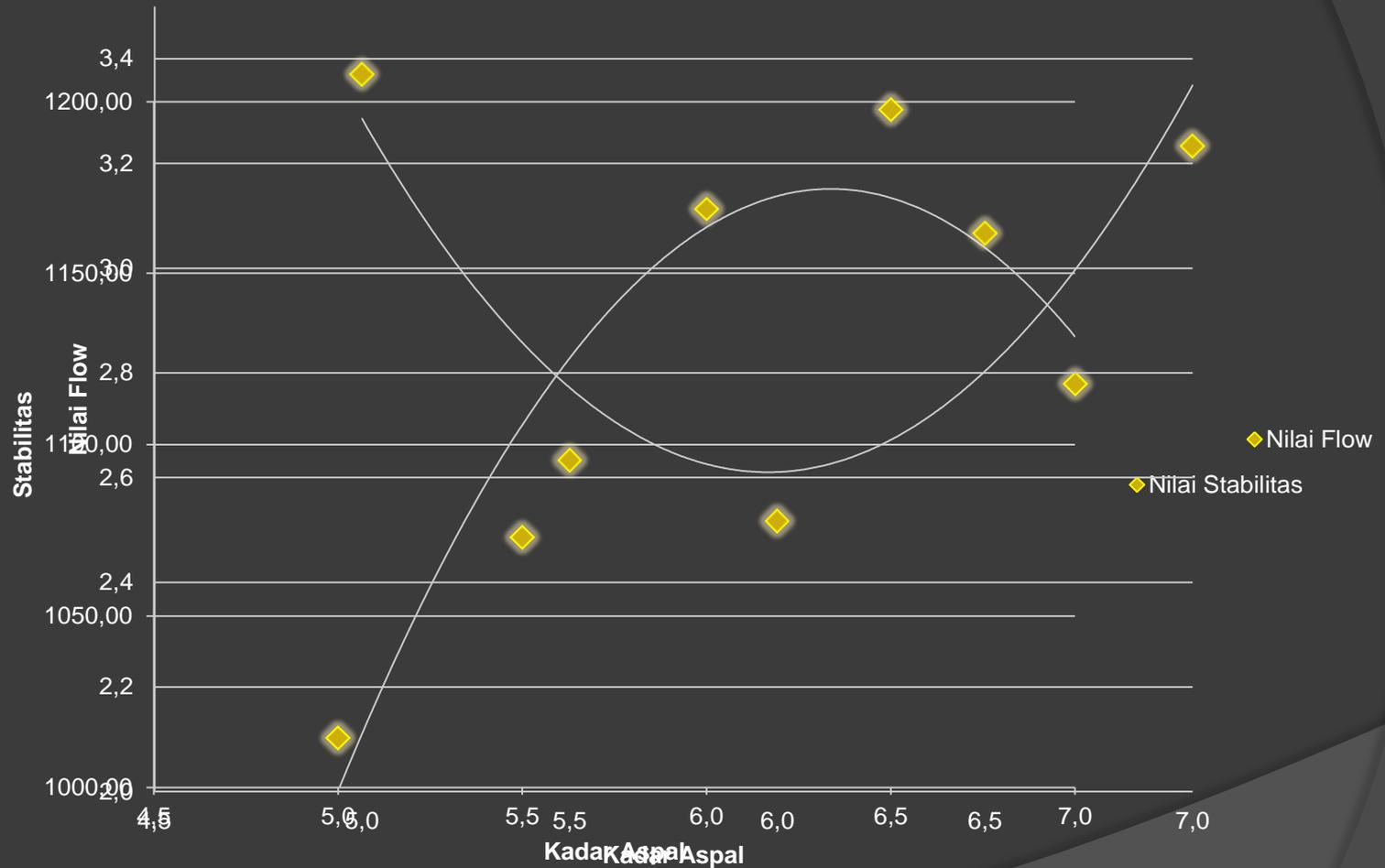
HASIL PENGUJIAN MARSHALL TYPICAL: POLIMER AC 50/70

No	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	Kadar aspal (%)				
			5	5,5	6	6,5	7
1.	Density (gr/cm ³)	-	2,281	2,307	2,329	2,342	2,315
2.	VMA (%)	>13	11,36	10,80	10,45	13,40	12,06
3.	VFB (%)	>60	7,04	21,96	38,42	60,61	59,08
4.	VIM (%)	3,5-5,5	10,57	8,43	6,48	4,83	4,97
5.	Stabilitas (kg)	>800	1014,54	1072,92	1168,64	1197,76	1117,74
6.	Flow (mm)	>3	3,4	2,6	2,5	3,1	3,2
7.	MQ (kg/mm)	>250	303,45	416,82	476,34	391,08	343,54

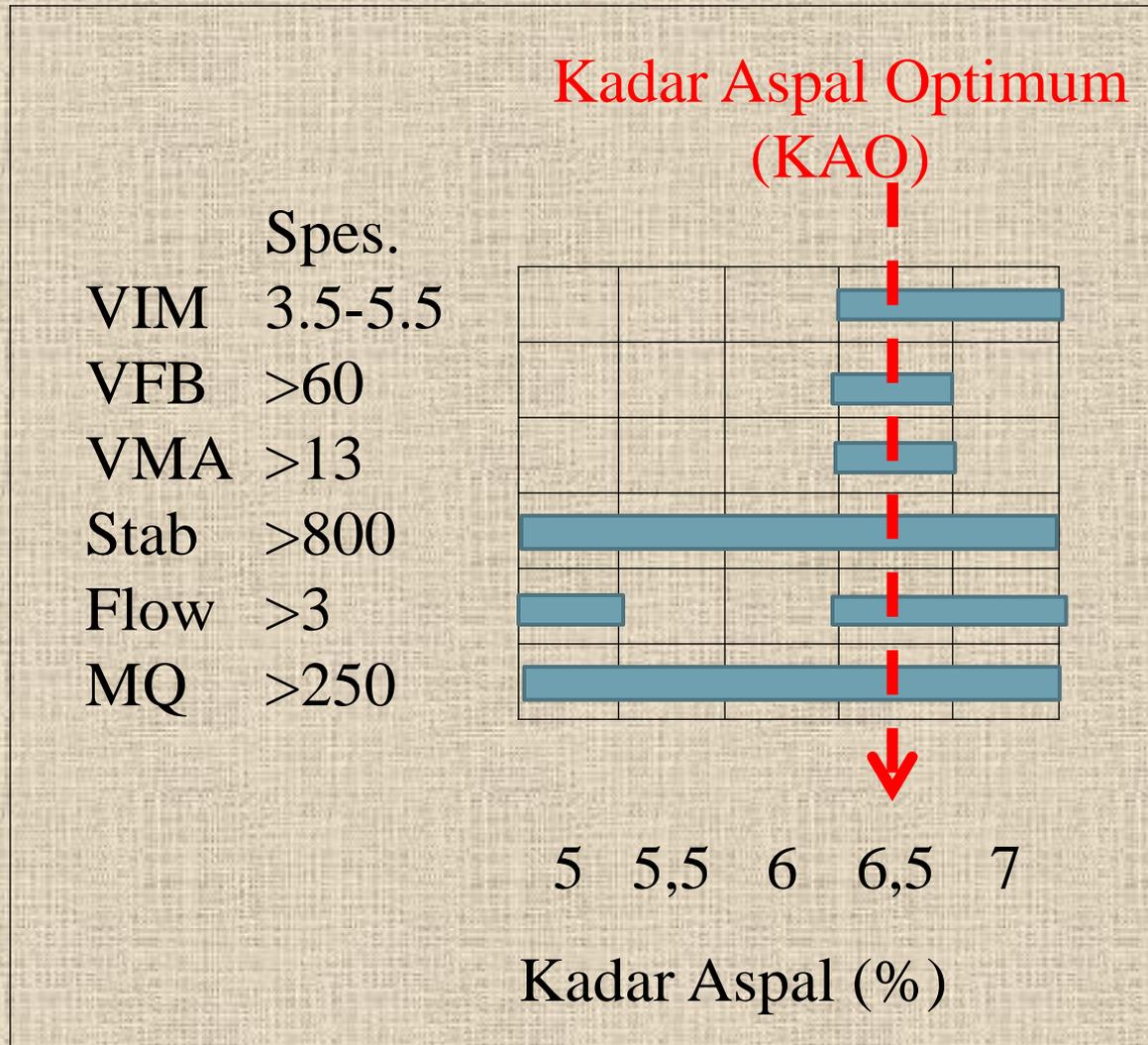
Filler Bantak

No	Jenis pemeriksaan	Sat.	Rerata
	Berat jenis	gr/cc	2.565

Grafik hubungan Stabilitas (kg) dan kadar aspal (%) (%)



Grafik penentuan Kadar Aspal Optimum(%)



KESIMPULAN

1. Karakteristik campuran beton aspal padat pada KAO adalah:
 - a. Nilai kepadatan (*density*) dan VMA yang diperoleh adalah 2,342 gr/cc dan 13,40%.
 - b. Nilai VFB dan VIM yang diperoleh adalah 60,61% dan 4,83%.
 - c. Nilai stabilitas dan *flow* yang diperoleh adalah 1197,76 kg dan 3,1 mm.
 - d. Nilai MQ yang diperoleh adalah 391,08 kg/mm.
2. Persentase kadar aspal modifikasi polimer AC 50/70 diperoleh pada kadar aspal 6,5%.

TERIMA KASIH

TERIMA KASIH