TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI ANTARA SEMEN DAN KERAMIK LANTAI SEBAGAI FILLER DALAM CAMPURAN HRS B

Disusun oleh :

B INDRIANTO GUNAWAN
No. Mhs : 94310049
NIRM : 940051013114120049

EKO YULIANTO
No. Mhs : 94310065
NIRM : 940051013114120064

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI ANTARA SEMEN DAN KERAMIK LANTAI SEBAGAI FILLER DALAM CAMPURAN HRS B

Dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Sipil Program Studi Transportasi

Disusun oleh :

B INDRIANTO GUNAWAN
NO. MHS : 94310049
NIRM : 940051013114120049

EKO YULIANTO
NO. MHS : 94310065
NIRM : 940051013114120064

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

2000

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI ANTARA SEMEN DAN KERAMIK LANTAI SEBAGAI FILLER DALAM CAMPURAN HRS B

Disusun oleh:

B Indrianto Gunawan
No Mhs: 94 310 049
NIRM: 940051013114120049

Eko Yulianto
No Mhs: 94 310 065
NIRM:940051013114120064

Telah disetujui dan disahkan oleh:

Ir. Sukarno, SU
Dosen Pembimbing I **Tanggal:** 9-5-2000

Ir. H. Corry Ya'cob, MS
Dosen Pembimbing II **Tanggal:** 6 Mei 2000

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini kupersembahkan sebagai wujud cinta dan baktiku kepada:

Ayahanda Tjaswid,

Ibunda Ramsiah,

Adinda Dede, Wawan, dan Dodi

Atas do'a dan restunya dalam setiap langkahku dan tak lupa juga untuk Adinda Iva Setyaningsih atas konsensus kebersamaannya selama ini, "Insya Allah peranmu tak akan tergantikan".

MOTTO

- Ragukan bahwa bintang-bintang itu api

  Ragukan bahwa matahari itu bergerak

  Ragukan bahwa kebenaran itu dusta

  Tapi jangan ragukan kecintaan Allah kepada kita.
- Didalam kepala yang dipenuhi pengetahuan dan kebijaksanaan sedikit sekali ruangan tersisa bagi kecongkakan.
- Rasulullah SAW bersabda, " Cintailah sesuatu didunia ini secara sederhana dan bencilah sesuatu secara sederhana pula".
- Rahasia sukses dalam hidup ini terletak pada kesiapan seseorang untuk menghadapi datangnya setiap kesempatan atau peluang.
- Siapapun tidak akan dapat merubah nasib seseorang kecuali atas kuasa-Nya dan usahanya sendiri.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur bagi Allah Azza Wa Jalla atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga terselesainya Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Sesuai dengan kurikulum di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, bahwa untuk melengkapi persyaratan guna mencapai derajat sarjana strata satu diwajibkan melaksanakan Tugas Akhir.

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kapada semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Ir. Sukarno, SU., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dengan baik dan memberikan arahan untuk terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Corry Ya'cob, MS, selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya menguji kami dan memberikan saran dan kritik dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. H. Bachnas, MSc, selaku Dosen Tamu yang telah meluangkan waktunya untuk menguji dan memberikan masukan yang berarti bagi kami.
4. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

6. Segenap Dosen Pembimbing Akademik di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta yang telah mentransfer ilmunya kepada penyusun.
7. Segenap karyawan dan karyawati Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII.
8. Bapak Syamsudin dan Bapak Sukamto yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penyusun dalam melakukan penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII.
9. Gunawan (Indri), atas pengertian, motivasi dan kerjasamanya yang baik selama ini hingga selesainya Tugas Akhir ini.
10. Dani.W, Andi, Indra, Uut, Ahmad, Sigit, Wiwied (Gagah), Rony (Imut), Yayan, Irfan, Ramadhani, Renan, Redo, Rusbi, Adiet dan Rian (rekan-rekan Wisma Riccia) yang telah memberikan semangat dan bantuan material dan spiritual supaya Tugas Akhir ini cepat selesai.
11. Endro, Adi, Bandie, Fauzan, Arek, Madi, Syahrul, Daf dan rekan-rekan angkatan'94 yang telah memberikan dorongan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Segenap keluarga besar Sanjohari dan Kramareja yang telah memberikan do'a dan dorongan semangat hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
13. Bapak Ibu Soebakri, Mba Mira-Mas Wawan, Mba Yani, Mba Aan yang telah memberikan "support" supaya penyusun cepat lulus.
14. Bapak Ibu Mulyanto, Mba Ari, Runi dan Niken yang telah memberikan do'a dan motivasi kepada penyusun.
15. Keluarga Mas Heri di Bantul, terima kasih atas do'a dan wejangannya.

16. Anak-anak KASAYO (Keluarga Salem Yogyakarta).
17. Dan semua pihak yang telah membantu terselesainya Tugas Aakhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penyusun sangat berterima kasih atas semua partisipasinya dan mohon maaf apabila penyusun selalu merepotkan rekan-rekan.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan.

Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya kepada kita semua, Amien.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Yogyakarta, 4 Mei 2000

Penyusun,

Eko Yulianto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING ii

PERSEMBAHAN iii

HALAMAN MOTTO iv

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI viii

DAFTAR GRAFIK DAN GAMBAR xiii

DAFTAR TABEL xiv

DAFTAR LAMPIRAN xv

INTISARI xvi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian 2

1.2.1 Tujuan Penelitian 2

1.2.2 Manfaat Penelitian 3

1.3 Batasan Masalah 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan 5

2.2 Karakteristik Perkerasan 6
2.2.1 Stabilitas 6
2.2.2 Durabilitas 6
2.2.3 Fleksibilitas 7
2.2.4 Skid Resistance 7
2.2.5 Fatique Resistance 7
2.2.6 Workability 8
2.3 Syarat-Syarat Kekuatan Struktural 9
2.4 Asphalt Concrete 9
2.5 Spesifikasi Campuran 10
2.6 Bahan Penyusun 10
2.6.1 Aspal 10
2.6.2 Kadar Aspal dalam Campuran 14
2.6.3 Agregat 16
2.6.3.1 Ukuran Butiran dan Gradasi 17
2.6.3.2 Kekerasan atau Kekakuan Batuan 17
2.6.3.3 Bentuk (Shape) Butiran 18
2.6.3.4 Tekstur Permukaan 19
2.6.3.5 Porositas 20
2.6.3.6 Kelekatan terhadap Aspal 20
2.6.3.7 Kebersihan 20
2.6.4 Filler 21

2.7 Pemeriksaan campuran aspal dengan cara Metode Marshall 21

2.7.1 Stabilitas 22

2.7.2 Flow 23

2.7.3 VITM 23

2.7.4 VFWA 24

2.7.5 Marshall Quotient 25

2.8 Uji Perendaman Marshall 26

2.9 Hot Roller Sheet 26

BAB III CARA MENGUMPULKAN DATA 28

3.1 Metoda Penelitian 28

3.2 Bahan 29

3.2.1 Asal Bahan 29

3.2.2 Pengujian / Pemeriksaan Bahan 30

3.2.3 Spesifikasi Bahan 30

3.2.4 Tempat Penelitian 30

3.3 Alat-alat yang digunakan 31

3.4 Metodologi Penelitian 33

3.4.1 Persiapan 33

3.4.2 Pengujian terhadap Campuran 35

3.5 Reduksi Data 37

3.6 Tahapan Analisis 38

BAB IV HASIL- HASIL PENELITIAN 43

4.1 Hasil Penelitian 43

4.1.1 Hasil Penelitian Aspal 44

4.1.2 Hasil Penelitian Beton Aspal 44

4.1.3 Hasil Pemeriksaan Immersion Tes 49

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 51

5.1 Evaluasi terhadap Stabilitas 51

5.2 Evaluasi terhadap Flow 53

5.3 Evaluasi terhadap VITM 54

5.4 Evaluasi terhadap VFWA 56

5.5 Evaluasi terhadap Marshall Quotient (MQ) 58

5.6 Evaluasi Hasil Penelitian terhadap Spesifikasi Bina Marga 59

5.7 Evaluasi Hasil Penelitian terhadap Immersion Tes 61

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 64

6.1 Kesimpulan 64

6.2 Saran 66

DAFTAR PUSTAKA 67

LAMPIRAN – LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 SAND EQUIVALENT DATA 68

LAMPIRAN 2 PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT 69

LAMPIRAN 3 PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR..... 70

LAMPIRAN 4 PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS..... 71

LAMPIRAN 5 PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL..... 72

LAMPIRAN 6 PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL..... 73

LAMPIRAN 7 PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL..... 74

LAMPIRAN 8 PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT THD ASPAL..... 75

LAMPIRAN 9 PEMERIKSAAN DAKTILITAS..... 76

LAMPIRAN 10 PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCl_4..... 77

LAMPIRAN 11-14 PERHITUNGAN TES MARSHALL..... 78

LAMPIRAN 15-19 ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS . 82

LAMPIRAN 20 PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL 87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Campuran AC No. IV 10
Tabel 2.2 Persyaratan Aspal AC 60-70 16
Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Yang Digunakan Untuk HRS B 17
Tabel 2.4 Klasifikasi Bentuk Batuan 19
Tabel 3.1 Gradasi Yang Digunakan Untuk Campuran HRS B 34
Tabel 3.2 Koreksi Tebal Benda Uji 41
Tabel 4.1 Spesifikasi Dan Pemeriksaan Agregat Kasar Batu Pecah 43
Tabel 4.2 Spesifikasi Dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus 43
Tabel 4.3 Spesifikasi Dan Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60-70 44
Tabel 4.4 Hasil Tes Marshall Dari Campuran HRS B Dengan Filler PC 47
Tabel 4.5 Hasil Tes Marshall Dari Campuran HRS B Dengan Keramik Lantai 48
Tabel 4.6 Immersion Tes Dengan Lama Perendaman 0,5 Jam 49
Tabel 4.7 Immersion Tes Dengan Lama Perendaman 24 Jam 50
Tabel 5.1 Koridor Kadar Aspal Optimum Dari Campuran HRS B Dengan Filler Semen 60
Tabel 5.2 Koridor Kadar Aspal Optimum Dari Campuran HRS B Dengan Filler Keramik Lantai 60
Tabel 5.3 Hasil Uji Perendaman Marshall Untuk Campuran Dengan Filler Keramik Lantai 61
Tabel 5.4 Hasil Uji Perendaman Marshall Untuk Campuran Dengan Filler Semen Portland 62

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 SAND EQUIVALENT DATA 68

LAMPIRAN 2 PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT 69

LAMPIRAN 3 PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR 70

LAMPIRAN 4 PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS 71

LAMPIRAN 5 PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL 72

LAMPIRAN 6 PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL 73

LAMPIRAN 7 PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL 74

LAMPIRAN 8 PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT THD ASPAL 75

LAMPIRAN 9 PEMERIKSAAN DAKTILITAS 76

LAMPIRAN 10 PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCl_4 77

LAMPIRAN 11-14 PERHITUNGAN TES MARSHALL 78

LAMPIRAN 15-19 ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS . 82

LAMPIRAN 20 PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR ASPAL 87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pertumbuhan perekonomian menyebabkan meningkatnya penggunaan transportasi di Indonesia. Peningkatan volume transportasi menuntut pembangunan jalan yang semakin banyak dan berkualitas. Untuk peningkatan kualitas jalan yang baik, aman dan nyaman untuk dilalui kendaraan, dibutuhkan material perkerasan jalan yang baik dan kuat.

Salah satu alasan utama kerusakan dan penurunan kekuatan perkerasan lentur jalan raya adalah rendahnya kekuatan dan keawetan di dalam lapis aus dan bahan ikat konstruksi perkerasan jalan. Kemampuan dan keawetan campuran dapat didefinisikan sebagai perlawanan campuran terhadap pengaruh merusak yang diakibatkan oleh air dan perubahan temperatur secara terus menerus. Kemampuan dan keawetan yang tinggi biasanya ditunjukkan oleh proses mekanik dalam campuran, sehingga daya tahan dalam lapis keras selama umur rencana menjadi lama (J. Crauss, I. Ishai dan Arieh S, 1981).

Campuran Hot Rolled Sheet adalah campuran bergradasi timpang. Untuk itu diperlukan bahan pengisi (filler) untuk memperkecil rongga antar agregat.

Kebutuhan jalan yang meningkat mengakibatkan kebutuhan terhadap filler juga bertambah. Material halus sebagai pengisi atau filler dan pembentuk mortar

sangat menentukan dalam pembentukan tekstur permukaan jalan serta kekuatannya. Beberapa macam bahan yang umum digunakan sebagai filler antara lain abu batu, semen portland (PC), kapur tohor, lanau serta *fly ash* dari sisa pembakaran batu bara.

Kebutuhan terhadap material atau bahan filler semakin bertambah, sehingga perlu dicari bahan alternatif lain yang dapat digunakan dan membandingkannya dengan bahan-bahan yang umum dipakai. Oleh karena itu, penelitian ini lebih dititikberatkan kepada analisis pengaruh penggunaan filler dan perilakunya terhadap campuran Hot Rolled Sheet (HRS) kelas B. Jenis filler yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah keramik lantai dan semen portland (PC) sebagai pembanding.

Penelitian tentang keramik lantai ini didasari dari penelitian sebelumnya tentang penelitian pengaruh penggunaan batu bata sebagai agregat halus dalam campuran HRS B oleh Aris Viantono dan Nurhadi (1997) menyebutkan bahwa agregat halus batu bata kurang baik untuk digunakan sebagai campuran HRS B dan dari penelitian Ir. Priyo Pratomo, M. T. (1998) tentang campuran HRS dengan beberapa filler antara lain *flyash*, abu batu, semen, kapur tohor dan lanau.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan mempunyai tujuan sebagai berikut ini.

1. Mempelajari perilaku campuran HRS B dengan filler yang berupa keramik lantai dan semen Portland (PC) yang sesuai dengan syarat-syarat yang telah ditentukan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga.

2. Membandingkan nilai-nilai dan stabilitas, flow/kelelehan, VITM, VFWA dan Marshal Quotient (MQ) dari campuran HRS B dengan kedua bahan filler limbah keramik dan semen Portland.
3. Membandingkan kadar aspal optimum dari kedua bahan filler dengan acuan pencarian kadar aspal optimum dari Bina Marga.

1.2.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat antara lain :

1. Mengembangkan kreativitas mahasiswa terutama mahasiswa teknik sipil
2. Memberikan masukan bahwa banyak sekali material di alam ini yang belum dimanfaatkan
3. Memberikan solusi atau alternatif material lain yang dapat digunakan sebagi bahan filler.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah ini perlu dilakukan agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari tujuan penelitian.

Pembatasan masalah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo.
2. Agregat halus adalah pasir dari Kulon Progo.
3. Filler yang digunakan adalah limbah keramik berupa serbuk yang lolos saringan #200 dan filler Semen Portland (PC) sebagai pembandingnya.

4. Gradasi yang digunakan adalah gradasi timpang yang disesuaikan dengan ketentuan spesifikasi dari Bina Marga
5. Aspal yang digunakan adalah jenis AC 60/70 dengan variasi kadar aspal yang digunakan adalah 6%, 6.5%, 7%, 7.5% dan 8%
6. Penelitian ini hanya berdasarkan pada hasil tes Marshall dan Immersion dengan variasi perendaman adalah 0 hari (0,5 jam) dan 1 hari.
7. Penelitian ini dilakukan tanpa membahas unsur kimia yang dikandung dalam filler yang digunakan
8. Keramik lantai yang digunakan adalah keramik merk Milan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan meneruskan beban lalu-lintas ke lapisan tanah dasar (subgrade) agar tanah tidak mendapat tekanan yang melebihi daya dukung .

Perkerasan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) macam yaitu sebagai berikut.

1. Perkerasan lentur *(flexible pavement)*, yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
2. Perkerasan kaku *(rigid pavement)*, yaitu perkerasan yang menggunakan semen *(portland cement)* sebagai bahan pengikat.
3. Perkerasan komposit *(composite pavement)*, yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan komposit dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur (Silvia Sukirman, 1993).

2.2 Karakteristik Perkerasan

Karakteristik perkerasan merupakan sifat-sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan baik buruknya mutu suatu perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik adalah yang dapat memberikan pelayanan terhadap lalu-lintas yang direncanakan, baik berupa kekuatannya (sesuai umur rencana), keawetan dan kenyamanannya.

Karakteristik perkerasan ini tidak terlepas dari mutu dan komposisi bahan penyusunnya, terutama perilaku aspal apabila telah berada dalam campuran perkerasan. Karakteristik perkerasan seperti di bawah ini.

2.2.1 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan mempunyai pengertian ketahanan perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen.

2.2.2 Durabilitas (keawetan)

Durabilitas merupakan kemampuan lapisan permukaan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu maupun keausan akibat gesekan kendaraan . Lapisan perkerasan dapat berubah karena oksidasi dan pelapukan yang disebabkan pengaruh air dan cuaca. Faktor yang dapat mempertinggi durabilitas adalah jumlah aspal yang tinggi, gradasi rapat, pemadatan yang benar, campuran aspal dan batuan yang rapat serta kekerasan dari batuan penyusun lapis perkerasan itu (The Asphalt Institute, 1983 (12)).

2.2.3 Fleksibilitas (kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu-lintas berulang tanpa timbulnya retak, perubahan volume atau perubahan yang permanen. Pemakaian gradasi terbuka sangat cocok untuk meningkatkan kelenturan tetapi dengan pemakain tersebut akan didapatkan stabilitas yang tidak sebaik dengan menggunakan gradasi rapat. Sifat daktilitas dari aspal sangat menetukan sifat kelenturan perkerasan (Silvia Sukirman, 1993).

2.2.4 Skid Resistance (kekesatan)

Kekesatan adalah kemampuan lapis permukaan ("surface course") pada lapis perkerasan untuk mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan baik di saat basah maupun di saat kering. Kadar aspal yang cukup dan masih tersedianya rongga udara (3%-5%) untuk pemuaian aspal akan membantu tercapainya nilai kekesatan yang optimum (The Asphalt Institute,1983)

2.2.5 Fatique Resistance (Ketahanan kelelahan)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal campuran dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang mengakibatkan terjadi alur atau *rutting* dan retak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelehan adalah:

1. VIM (*Void in Mix*)

Volume prosen rongga dalam campuran yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan menyebabkan kelelehan yang lebih cepat.

2. VMA (*Void in Mineral Agregate*)

VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan lapis perkerasan menjadi lebih fleksibel *(Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman, 1983).*

2.2.6 Workability (kemudahan dalam pengerjaan)

Workability adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang sesuai dengan yang diharapkan. Kemudahan suatu campuran perkerasan untuk dicampur, dihamparkan dan dipadatkan. Sifat kemudahan ini penting, artinya karena ada pekerjaan campuran, penghamparan dan pemadatan dituntut waktu yang cepat dan tepat, mengingat sangat pentingnya suhu minimum pada saat pemadatan. Bila pemilihan bahan dan pencampurannya sesuai dengan rencana, biasanya pekerjaan penghamparan dan pemadatan akan berjalan dengan lancar.

Faktor – faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pengerjaan adalah.

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi rapat / baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat yang bergradasi lain.
2. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
3. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar (Silvia Sukirman, 1993).

2.3 Syarat-Syarat Kekuatan Struktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan mendukung dan menyebarkan beban, harus memenuhi sebagai berikut .

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu-lintas ke base course.
2. Kedap terhadap air sehingga air tidak masuk meresap ke bagian bawahnya.
3. Permukaaan mudah mengalirkan air sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat mengalir.
4. Memiliki stabilitas yang cukup dan dapat memikul beban lalu-lintas tanpa terjadi suatu deformasi,bergelombang atau desakan samping.
5. Tidak terjadi retakan akibat beban lalu-lintas.
6. Campuran aspal harus memiliki keawetan yang cukup tinggi.

2.4 Asphalt Concrete (AC)

Asphalt Concrete (AC) atau aspal keras adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan khusus.

Asphalt concrete atau beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan lentur. Beton aspal ini terdiri dari campuran antara agregat dengan aspal sebagai bahan pengikat. Kekuatan mekanik dari campuran ini di dapat dari gesekan (*internal friction*) dan sifat saling mengunci antar agregat dan adhesi antar butiran yang diperoleh dari bitumen pengikat (Kerbs and Walker, 1971).

2.5 Spesifikasi Campuran

Penelitian yang dilakukan adalah campuran aspal untuk lapis atas dengan AC dan agregat dengan gradasi timpang (HRS B). Spesifikasi campuran mengacu pada peraturan Bina Marga NO.IV seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Campuran AC NO.IV

No	Jenis Pemeriksaan	Lalu-lintas berat
1	Stabilitas (Kg)	550 - 1250
2	Flow /Kelelahan (mm)	2 - 4
3	VITM (%)	3 - 5
4	VFWA (%)	75 - 82
5	Marshall Quotient (Kg/mm)	200 - 500

Sumber : Metode Bina Marga / CQCMU 1988

2.6 Bahan Penyusun

2.6.1 Aspal

Hidrokarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut Bitumen. Aspal beton adalah hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering disebut aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran beton aspal dan memberikan lapisan kedap air, dan tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam.Lapis keras yang berkualitas baik dihasilkan dari bahan penyusun yang berkualitas baik juga. Sifat – sifat fisik aspal antara lain :

1. Sifat *Rheologic*, maksudnya adalah hubungan antara regangan dan tegangan dipengaruhi oleh waktu.
2. Sifat *Thermoplastic*, maksudnya adalah Viscositas aspal berubah-ubah dengan berubahnya temperatur pada suhu tinggi.Viscositasnya rendah aspal akan dapat menyelimuti batuan dengan baik dan rata. Bila pemanasan berlebihan akan membuat molekul-molekul yang ringan menguap, ehingga dapat merusak sifat aspal, yaitu aspal cepat mengeras / getas. Sebaliknya pemanasan yang kurang, viskositas aspal tinggi (kental), aspal tidak mampu menyelimuti batuan secara merata sehingga daya ikat (*adhesi*)-nya dengan batuanmenjadi kurang dan penyerapan (*absorption)* oleh batuan juga kurang. Hal ini memudahkan *stripping process*, yaitu lepasnya lapis aspal dari agregat akibat pengaruh air (*Silvia Sukirman (57), Perkerasan Lentur Jalan Raya,1993).* Lapis keras yang baik haruslah memenuhi fase – fase konsistensi saat pelaksanaan Lataston No.12/PT/B/1983, masing – masing adalah sebagai berikut :
   a. Agregat dipanaskan maksimum 175^0 C
   b. Temperatur aspal ≤ temperatur agregat, dengan perbedaan maksimum 15^0 C
   c. Temperatur pencampuran ditentukan oleh jenis aspal, untuk AC 60/70, 130^0 C – 165^0 C
   d. Temperatur pemadatan awal minimum 120^0 C
   e. Temperatur pemadatan akhir minimum 60^0 C
   f. Temperatur penghamparan minimum 124^0 C

3. **Sifat *Durability***, maksudnya adalah daya tahan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya terhadap perubahan yang diakibatkan yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca atau karena prosessing. Hal ini semua dapat dilihat dari daya tahannya menjadi keras sesuai dengan jalannya waktu *(resistance to hardening with time)*. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan aspal mengeras sesuai dengan jalannya waktu adalah:

   a. **Oksidasi *(oksidation)*** adalah reaksi antara aksidasi dengan aspal. Proses ini tergantung pada temperaturnya, misalnya pada air blowing process, ialah aspal yang dihembus udara pada temperatur tinggi memberikan sifat aspal yang kurang peka terhadap oksidasi menyebabkan suatu lapis film yang keras. Lapis film itu tipis dan jika terjadi retak-retak maka oksidasi akan terjadi lagi, demikian seterusnya. Lapis tipis keras ini mengandung komponen yang larut dengan air sehingga kalau ada air akan terlarut oleh air. Akibatnya proses oksidasi inilah yang mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam konstruksi lapis keras. Dengan gradasi yang rapat dan kepadatan yang baik maka dapat dihindarkan masuknya air dan udara dalam konstruksi, sehingga terjadi proses oksidasi dapat dikurangi semaksimal mungkin.

   b. **Penguapan *(Volatilization)***, adalah evaporasi dari bagian-bagian yang lebih ringan berat molekulnya *(maltense)*. Penambahan temperatur akan mempercepat gejala penguapan, misalnya pada waktu *mixing process*, dimana selain temperaturnya tinggi juga disertai pengadukan yang kuat. Hal ini menyebabkan aspal cepat mengeras, mengingat hal tersebut maka

Synerisis terjadi dengan ditandai noda – noda pada permukaam aspal dengan warna yang tidak homogen.

2.6.2 Kadar Aspal Dalam Campuran

Pemakaian aspal dalam campuran sangat menentukan tingkat kekedapan air dan udara. Semakin banyak aspal akan semakin rapat campuran karena rongga campuran dapat terisi oleh aspal sebaliknya bila kadar aspal terlalu kecil maka banyak rongga yang kosong sehingga campuran kurang rapat.

Kadar aspal dalam campuran dapat dibedakan dalam beberapa keadaan anatara lain :

1. Keadaan pertama, aspal hanya sekedar menyelimuti permukaan butiran saja sehingga daya lekatnya kurang kuat. Bila ada gaya geser maka konstruksi akan mudah terlepas dan menjadi mudah retak-retak.
2. Keadaan kedua, selain menyelimuti butir – butir batuan aspal juga masih mempunyai cadangan yang berguna bila konstruksi terkena gaya geser, maka masih ada aspal yang dapat menahannya sehingga susunan butiran tidak akan mudah terlepas satu sama lain.
3. Keadaan ketiga, aspal mengisi penuh saluran rongga-rongga, keadaan ini tidak menguntungkan karena jalan akan menjadi licin. Hal ini disebabkan karena naiknya sebagian aspal ke permukaan jalan apabila jalan tersebut terkena roda atau akibat panas sinar matahari.
4. Keadaan keempat, kadar aspal melebihi dari kebutuhan sehingga batuannya seolah-olah terapung dalam massa aspal. Keadaan ini menyebabkan

kedudukan butiran menjadi tidak stabil dan mudah tergeser sehingga bila ada gaya vertikal ataupun gaya horisontal, konstruksi akan mudah bergelombang.

Kadar aspal yang berlebihan hingga di atas nilai optimal dapat menimbulkan kerusakan lapis perkerasan seperti kegemukan *(bleeding)*, keriting (*corrugation*) dan sungkur. Hal ini merugikan sehingga perlu dicari kadar aspal optimum. Selain berpengaruh terhadap kekedapan, kadar aspal berpengaruh juga terhadap kekakuan campuran *(stiffness)*.

Besarnya kandungan aspal pada Lataston *(Kontruksi Jalan Raya, Joko Untung S,Ir, Penerbit DPU,1984)* dipengaruhi oleh :

1. Luas permukaan butiran
2. Kekerasan permukaan butiran
3. Penyerapan (absorption) tiap butiran
4. Keenceran atau sifat penetrasi dari bahan pengikatnya (aspal)
5. Cadangan aspal dalam rongga yang dibutuhkan

Jumlah aspal yang dibutuhkan dalam campuran dapat dicari antara lain dengan :

1. Teori luas permukaan butiran dan kekasaran permukaan butiran *(surface area)*
2. Metode Marshall

   Penelitian ini menggunakan metode Marshall dengan penelitian di laboratorium.

Aspal pada lapis perkerasan jalan bertugas sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan membentuk

kekuatan yang lebih besar dari pada kekuatan masing-masing agregat. (Kerbs and Walker, 1971). Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70.

Persyaratan AC 60/70 ditunjukkan dengan tabel 2.2.

Tabel 2.2. Persyaratan aspal AC 60/70, spesifikasi Bina Marga

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1	Penetrasi (25°C,5detik)	PA.0301-76	60	79	0,1mm
2	Titik Lembek	PA.0302-76	48	58	^{0}C
3	Titik Nyala	PA.0303-76	200	-	^{0}C
4	Kelarutan CCl_4	PA.0305-76	99	-	% berat
5	Daktilitas(25°C, 5cm/menit)	PA.0306-76	100	-	Cm
6	Berat jenis	PA.0307-76	1	-	Gr/cc

Sumber : Petunjuk pelaksanaan lataston No.03/PT/B/1983

2.6.3 Agregat

Sifat-sifat dari agregat harus diketahui terlebih dahulu sebelum agregat tersebut dipakai untuk bahan dasar konstruksi. Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi beberapa faktor, yaitu : ukuran dan gradasi, kekuatan, bentuk dan tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan serta sifat kimianya (Kerbs and Walker, 1971) Sifat-sifat agregat pada umumnya adalah seperti dibawah ini.

2.6.3.1 Ukuran butiran dan gradasi.

Spesifikasi analisis saringan yang disyaratkan oleh Bina Marga / CQCMU 1988.

Gradasi tersebut tercantum dalam tabel 2.3. dibawah ini.

Tabel 2.3. Spesifikasi Gradasi yang digunakan untuk HRS B

Ukuran saringan		Gradasi yang digunakan (%)	Prosentase lolos %
Inch	Mm		
3/4	19,10	100	96 – 100
1/2	12.70	80	60 – 100
3/8	9,25	70	58 – 82
1/4	4,76	61.5	53 – 70
#4	2,38	55	50 – 60
#8	0,59	53	46 - 60
#30	0,279	37.5	15 – 60
#100	0,149	16	4 – 28
#200	0,075	6	3 – 9

Sumber : Bina Marga / CQCMU 1988.

2.6.3.2 Kekerasan atau Kekakuan Batuan

Batuan yang digunakan untuk suatu konstruksi lapis perkerasan harus cukup keras, tetapi juga disertai pula kekuatan terhadap pemecahan *(degradasi)* yang mungkin timbul; selama proses pencampuran, pemadatan, penggilasan, repetisi beban lalu-lintas dan penghancuran batuan *(disintegrasi)* yang terjadi selama masa layan jalan tersebut.

Faktor – faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi yaitu :

a. Agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras
b. Gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar daripada gradasi timpang
c. Partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih kecil daripada partikel besar.
d. Energi pemadatan yang lebih besar mengalam degradasi yang besar pula.

Pengujian kekuatan atau kekerasan batuan digunakan *Los Angeles Abration Test* yaitu metode pengujian ketahanan batuan terhadap benturan *(Impact)* dan keausan *(abration).*

Persyaratan nilai keausan batuan untuk *surface course* maksimum 40% (Petunjuk Pelaksanaan Lataston No, 12/PT/B/1983) sedang pengujian terhadap cuaca / penghancuran *(disintegrasi)* digunakan *Soundnes Test*, agregat dengan soundness lebih kecil 12% menunjukkan agregat yang cukup tahan terhadap cuaca dan dapat digunakan untuk lapis tipis perkerasan.

2.6.3.3 Bentuk *(Shape)* Butiran

Bentuk butiran merupakan faktor yang sangat penting untuk memperoleh gaya gesek antara batuan dan perkerasan, di samping itu bentuk butiran berpengaruh terhadap stabilitas konstruksi perkerasan jalan. Bentuk butiran yang kasar *(rough)* akan menghasilkan sudut dalam yang besar daripada bentuk butiran yang permukaannya halus *(smooth)* dan juga butiran yang kasar lebih mampu

menahan deformasi yang timbul dengan menghasilkan ikatan antar partikel yang kuat.Agregat yang berbentuk kubus / *anguler* memiliki sifat saling mengunci antar butirnya, sehingga memberikan sudut gesek dlam antar partikel batuan yang tinggi. Tabel 2.4 di bawah ini merupakan klasifikasi bentuk batuan berdasarkan klasifikasi bentuk batuan berdasarkan *Descritive Test.*

Tabel 2.4. Klasifikasi Bentuk Batuan berdasarkan hasil pengamatan langsung *(Descritive Test)*

Klasifikasi	Penggambaran/Deskritif
Bulat/Rounded	Halus karena teraus air / permukaannya licin karena teraus.
Tak beraturan/Irregular	Memiliki sudut yang banyak tapi tak beraturan
Bersudut/Angular	Memiliki sudut-sudut yang bagus dan tegas terbentuk pada irisan dari permukaan kasar. Contoh : batu pecah
Elongated	Biasanya bersudut-sudut bagus yang bagian panjangnya sangat besar dibandingkan dengan kedua dimensi yang lain.
Flaky	Batuan yang mempunyai bagian tipis lebih kecil dibandingkan dengan dua dimensi yang lain. Misal : batuan yang berlapis lapis.
Flaky/Elongated	Material yang mempunyai panjang yang sabgat besar dibandingkan dengan kelebarannya dan kelebarannya lebih besar dari bagian tipisnya.

Sumber : Wiryawan Purboyo ,1989, Batuan sebagai Bahan Jalan

2.6.3.4 Tekstur Permukaan

Tekstur permukaan dari batuan dapat dibagi menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Batuan kasar *(Rough)*, memberikan *internal friction, skid resistance* dan kelekatan aspal yang baik pada campuran perkerasan. Biasanya batu pecah mempunyai *surface texture* yang kasar.

2. Batuan halus *(Smooth)*, mudah dilapisi aspal tapi *internal friction* dan kelekatannya kurang baik dibandingkan dengan batuan kasar.
3. Batuan mengkilat *(Polished)*, memberikan *internal friction* yang rendah sekali dan sulit dilekati aspal (Silvia Sukirman,1993).

2.6.3.5 Porositas

Porositas berpengaruh terhadap kekuatan, kekerasan dan pemakaian aspal dalam campuran. Semakin banyak pori batuan semakin kecil kekuatannya dan kekerasannya serta memerlukan aspal yang lebih banyak. Banyaknya pori menyebabkan batuan mudah mengandung air dan air ini sulit untuk dikeringkan sehingga mengganggu lekatan antara aspal dan batuan (Catatan Kuliah Teknik Pelaksanaan Lapis Keras, Subarkah).

2.6.3.6 Kelekatan terhadap aspal

Faktor – faktor yang berpengaruh adalah *surface texture, surface coatting, surface area, porositas dan reaktivitas kimiawi*. Lekatan aspal pada batuan akan merupakan ikatan yang kuat jika aspal mengandung asam tertentu dan batuannya merupakan basa / *Lime Stone (Suprapto,Tm, Catatan Kuliah Perencanaan Lapis Keras)*.

2.6.3.7 Kebersihan

Kebersihan permukaan batuan dari bahan – bahan uang dapat menghalangi lekatan aspal sangatlah penting. Agregat harus bersih dari substansi

asing, seperti lumpur, sisa-sisa tumbuhan, partikel lempung dan sebagainya, karena substansi asing tersebut dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan (Catatan Teknik Pelaksanaan Lapis Keras, Subarkah)

2.6.4 Filler (Bahan Pengisi)

Filler sebagai bagian dari agregat penyusun lapisan perkerasan mempunyai peranan yang penting. Partikel pengisi yang efektif dalam mereduksi sifat kepekaan campuran perkerasan dalam perubahan temperatur (Bahan dan Struktur Jalan Raya, Suprapto TM). Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah keramik lantai yang lolos saringan no. 200.

Keramik lantai (*white wares*) ini disusun dari campuran antaara lempung sebagai zat pembentuk, feldspar (*fluxi*) sebagai bahan untuk melapisi campuran dan silika (*filler*) sebagai bahan pelapis untuk melindungi campuran pada suhu tinggi dan sebagai isolator. Sehingga keramik lantai mempunyai daya ikat pada suhu yang tinggi . Sedangkan semen adalah bahan pengikat hidrolik yang dicampur batu agregat menjadi beton. Semen dibuat dengan mereaksikan lempung dan batu kapur pada suhu tinggi (Anton J Hartomo, 1992).

2.7 Pemeriksaan campuran aspal dengan cara Metode Marshall

Pemeriksaan campuran ini bertujuan untuk menentukan nilai-nilai sebagai berikut .

2.7.1 Stabilitas

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis. Naiknya stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal, sampai batas tertentu (optimum) dan turun setelah melampaui batas optimum. Hal ini terjadi karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum.

Nilai stabilitas diperoleh dari rumus :

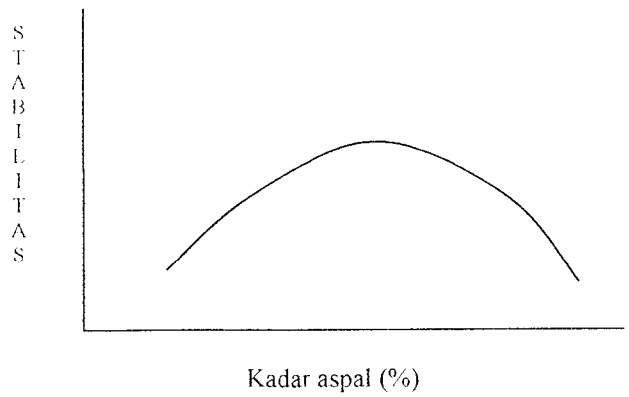
$$\mathbf{S = p \times q} \quad \text{.....(2.1)}$$

Keterangan :

S : Angka stabilitas sesungguhnya

p : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

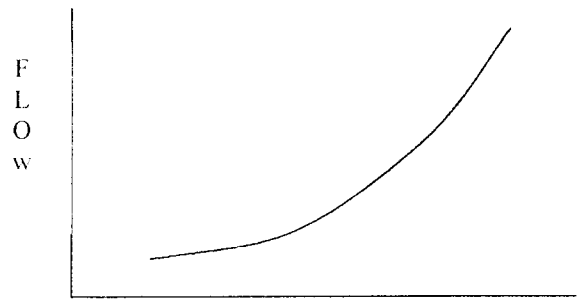
q : Angka koreksi benda uji



Grafik 2.1 Nilai Stabilitas

2.7.2 FLOW

Flow menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Apabila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi di bawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan.



Grafik 2.2 Nilai Flow

2.7.3 VITM (Void in The Total Mix)

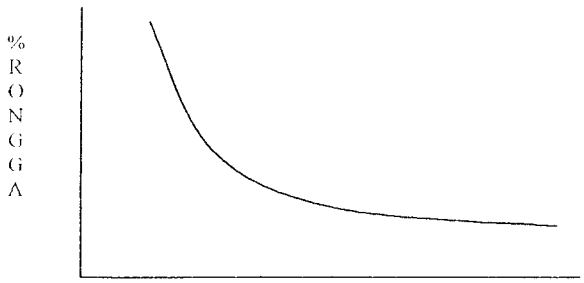
VITM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak (Silvia Sukirman, 1993).

$$VITM = 100 \times (100 - g/h) \quad \text{.....(2.2)}$$

$$h = \frac{100}{(\%Agr/Bjagr)+(\%aspal/BJ\ aspal)} \quad \text{.....(2.3)}$$

Keterangan :

h : berat jenis maksimum teoritis campuran.



Grafik 2.3 Nilai VITM

2.7.4 VFWA (Void Filled With Asphalt)

VFWA adalah persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai VFWA dihitung dengan rumus :

$$VFWA = 100 \times (i/j) \quad \text{.....(2.4)}$$

$$i = b \times (g/BJ\ aspal) \quad \text{.....(2.5)}$$

$$b = \{a/(100+a)\} \times 100 \quad \text{.....(2.6)}$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ\ agregat} \quad \text{.....(2.7)}$$

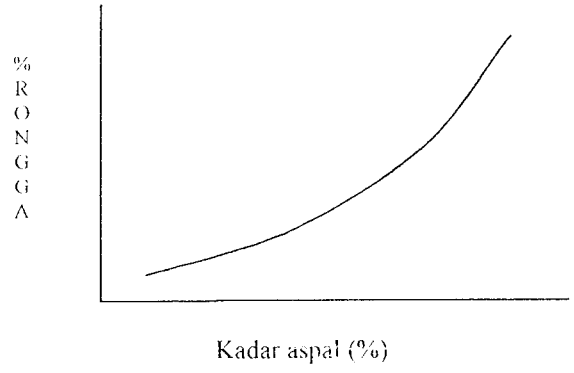
Keterangan :

a : % aspal terhadap batuan

b : % aspal terhadap campuran

i & j : Rumus substitusi

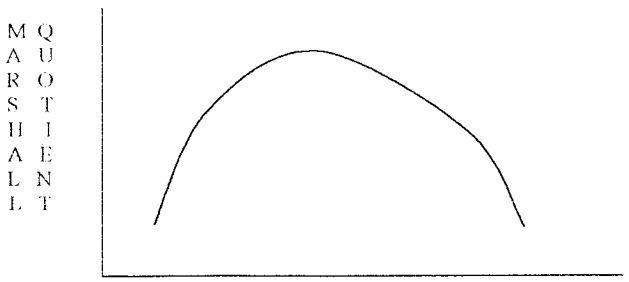
i : % rongga terisi aspal



Grafik 2.4 Nilai VFWA

2.7.5 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan flow. Nilai Marshall Quotient (MQ) pada perencanaan perkerasan pada metode Marshall digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik disebabkan oleh penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai pada batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Spesifikasi di dapat berdasarkan spesifikasi stabilitas dan flow.



Grafik 2.5 Nilai Marshall Quotient

2.8 Uji Perendaman Marshall (Immersion Test)

Uji perendaman Marshall dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air,cuaca dan suhu. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan uji Marshall standar hanya waktu perendaman dalam suhu konstan 60° C dilakukan selama 0.5 jam dan 24 jam sebelum pembebanan diberikan. Uji ini mengacu kepada AASHTO T.165-82 atau ASTM D. 1075-76.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal akibat dari gangguan air setelah direndam selama 24 jam (S2) dibandingkan dengan campuran biasa (S1) adalah :

$$\textit{Index of retained strength} = \frac{S2}{S1} \times 100\% \quad \text{.....(2.8)}$$

Apabila index tahanan kekuatan lebih dari atau sama dengan 75% campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup memuaskan dari kerusakan oleh pengaruh air, suhu dan cuaca.

2.9 Hot Rolled Sheet (HRS)

Hot Rolled Sheet atau lebih dikenal dengan Lapis tipis aspal beton (Lataston) merupakan lapis penutup yang dibuat dari campuran agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras (AC) dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan secara panas (*Hot mix*).Lapis keras HRS mempunyai sifat lentur dan durabilitas yang tinggi. Hal ini disebabkan campuran HRS dengan gradasi timpang mempunyai rongga yang cukup besar, sehingga jumlah aspal dalam jumlah yang cukup banyak (7-8%) tanpa terjadi *bleeding*.

Disamping itu, HRS mudah dipadatkan. Hal tersebut menyebabkan lapisan yang dihasilkan mempunyai kekedapan terhadap air dan udara yang tinggi. Namun demikian, sering terjadi kegagalan dini dalam penghamparan dan pemadatan disebabkan HRS tidak sepenuhnya *gap graded.* HRS ada 2 yaitu HRS A untuk lalu-lintas ringan sedang HRS B untuk lalu-lintas berat. HRS B ini sering digunakan pada jalan yang mempunyai volume lalu-lintas tinggi dan sering dilalui kendaraan berat.

Stabilitas HRS sangat dipengaruhi oleh kekakuan dari mortar dengan cara saling mengunci (*internal friction*) antar agregat halus. Kemampuan HRS dalam menahan beban lalu lintas juga ditentukan oleh kekuatan mortarnya. Mortar adalah pembentuk utama HRS yang terbuat dari agregat halus (pasir).

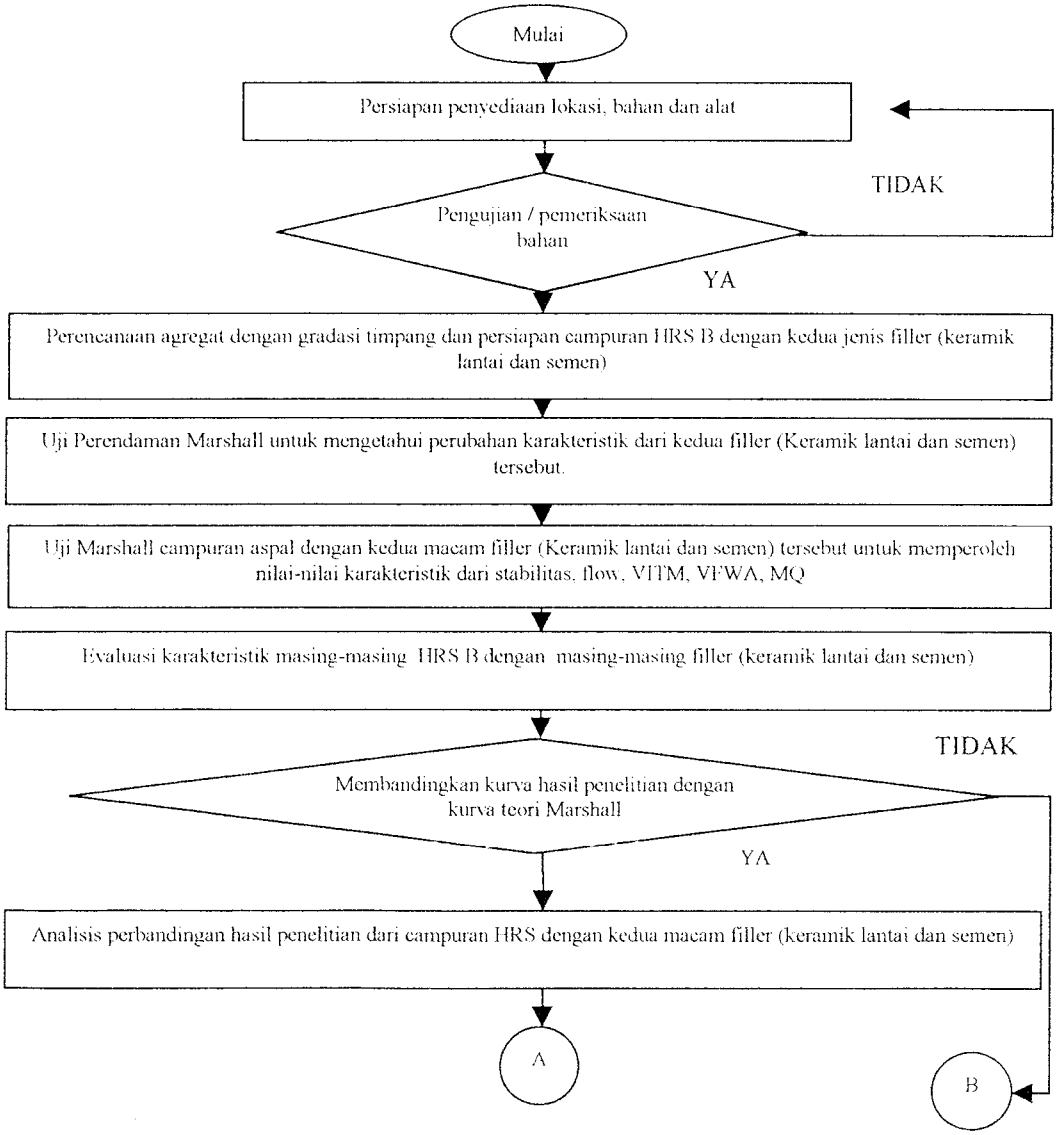
Pemakaian agregat kasar dalam campuran jumlahnya ditentukan oleh ketebalan pada lapisan yang direncanakan (2,5 - 3 cm), antara (0 - 3%) dari berat total campuran. Penelitian laboratorium yang pernah dilakukan adalah limbah batu bata sebagai agregat halus dalam campuran HRS B kurang bisa digunakan (Nurhadi dan Aris Viantono,1997).

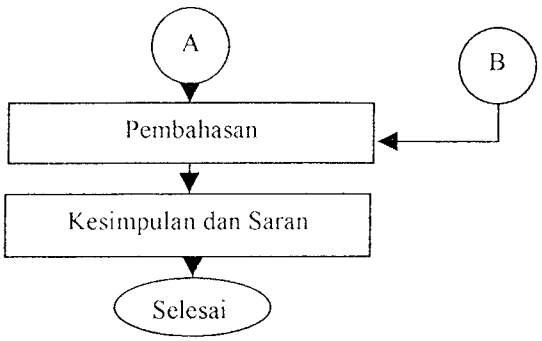
BAB III

CARA MENGUMPULKAN DATA

3.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian seperti dijelaskan dalam gambar 3.1 sebagai berikut.





Gambar 3.1 Diagram alur penelitian secara keseluruhan

3.2 Bahan

Jenis bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Agregat kasar

b. Agregat halus

c. Semen Portland

d. Keramik lantai

e. Aspal AC 60-70

3.2.1 Asal Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat dan aspal. Agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Clereng, Kabupaten Kulonprogo dan bahan aspal AC 60-70 produksi Pertamina Cilacap yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta. Sedangkan filler yang digunakan adalah semen merek Nusantara dari Cilacap dan limbah keramik lantai merek Milan dari bongkaran bangunan di daerah Klaten .

3.2.2 Pengujian / Pemeriksaan Bahan

Pengujian / pemeriksaan bahan ini meliputi :

1. Pengujian / pemeriksaan keausan agregat / (Abrasi tes)
2. Pengujian / pemeriksaan sand equivalent
3. Pengujian / pemeriksaan berat jenis agregat kasar dan agregat halus
4. Pengujian / pemeriksaan berat jenis aspal
5. Pengujian / pemeriksaan penetrasi aspal
6. Pengujian / pemeriksaan titik lembek aspal
7. Pengujian / pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal
8. Pengujian / pemeriksaan daktilitas
9. Pengujian / pemeriksaan kelarutan aspal dalam CCl_4
10. Pengujian / pemeriksaan titik nyala dan bakar aspal

3.2.3 Spesifikasi Bahan

Persyaratan bahan menggunakan spesifikasi seperti yang telah ditetapkan pada *Petunjuk Pelaksanaan Lataston No.12/PT/B/1983*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga (lihat tabel 4.1 & 4.2).

3.2.4 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian di Laboratorinum Jalan Raya FTSP UII

3.3 Alat-alat Yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

a. Alat Tekan Marshall yang terdiri dari :

1. Kepala penekan berbentuk silinder
2. Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji penekan dengan ketelitian 0,0001"
3. Arloji penunjuk kelelehan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01")

Alat ini untuk mengetahui nilai-nilai stabilitas dan flow.

b. Cetakan benda uji

Cetakan benda uji ini berbentuk silinder dengan diameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3"), dilengkapi dengan plat atas dan leher sambung.

Alat ini digunakan untuk membuat cetakan benda uji standar.

c. Ejector

Fungsi alat ini adalah untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan.

d. Oven

Alat ini dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi bahan sampai (200 ±3) °C.

e. **Alat Penumbuk**

Alat ini mempunyai permukaan tumbuk yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.

Fungsinya untuk memadatkan campuran aspal yang telah dituang pada cetakan benda uji.

f. **Bak perendam *(Water Bath)***

Dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 60 °C.

g. Mesin Los Angeles

Terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm, panjang dalam 50 cm, didalamnya terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm dan bola-bola baja dengan berat 390-445 gram dan diameter 4.68 cm.

Berfungsi untuk mengetahui tingkat keausan dari agregat kasar.

h. Satu set saringan

Mulai dari ukuran ¾, ½, 3/8, ¼, #4, #8, #30, #100, #200, pan.

Berfungsi untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dan halus.

i. Perlengkapan – perlengkapan lain seperti :

1. Panci untuk memanaskan bahan campuran
2. Kompor pemanas dengan kapasitas 1000 Watt
3. Thermometer berkapasitas 400 °C
4. Sendok pengaduk
5. Spatula
6. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
7. Sarung tangan karet
8. Kipas angin dan perlengkapan lainnya.

3.4 Metodologi Penelitian

3.4.1 Persiapan

Bahan – bahan untuk penelitian ini yang terdiri dari agregat batu pecah, agregat halus, filler dan aspal sebelum digunakan untuk campuran dilakukan pengujian awal terlebih dahulu untuk mengetahui sifat-sifat bahan sesuai dengan spesifikasi. Pengujian ini dilakukan menurut metode AASHTO dan ASTM.

Untuk bahan agregat dilakukan pengujian sebagai berikut :

1. Pemeriksaan keausan (abrasi) dengan mesin Los Angeles
2. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal
3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat terhadap air
4. Untuk agregat halus dilakukan pemeriksaan nilai *Sand Equivalent*

Pengujian awal untuk aspal dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

1. Penetrasi pada suhu 25 °C sebelum kehilangan berat
2. Titik lembek
3. Titik nyala dan bakar
4. Daktilitas
5. Kelarutan dalam CCl_4
6. Berat jenis

Setelah pengujian awal selesai, dilakukan penyaringan setiap jenis agregat dengan menggunakan saringan 3 / 4", 1 / 2", 3 / 8", 1/4",# 4, # 8, # 30, # 100 dan # 200, yang kemudian dipisahkan menurut ukuran saringan dan jenis agregat.

Dari penyaringan ini ditimbang berat tertahan untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai gradasi HRS B (lihat tabel 3.1).

Tabel 3.1 Gradasi yang digunakan untuk campuran HRS B

Ukuran Gradasi		Gradasi yang digunakan (%)	Prosentase Lolos (%)
Inch	Mm		
3/4	19.10	100	96 – 100
1/2	12.70	80	60 – 100
3/8	9.25	70	58 – 82
1/4	4.76	61.5	53 – 70
# 4	2.38	55	50 – 60
# 8	0.59	53	46 – 60
#30	0.279	37.5	15 – 60
#100	0.149	16	4 – 28
# 200	0.075	6	3 – 9

Sumber : Metode Bina Marga / CQCMU

Pada penelitian ini aspal dibagi beberapa variasi. Aspal yang digunakan adalah jenis AC 60-70. Tiap-tiap variasi kadar aspal ditambah dengan agregat. Kadar aspal yang digunakan adalah 6 – 8%, dengan interval 0,5%. Tiap-tiap kadar aspal dibuat tiga benda uji (triplo), sehingga benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 5 (2 x 3) = 30 benda uji, ditambah untuk uji perendaman (Immersion Test) dengan variasi perendaman 0 hari (0,5 jam) dan 1 hari (24 jam) dibutuhkan 6 x 2 = 12 benda uji. Jumlah keseluruhan benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 42 buah.

Setelah proses pencampuran selesai, masing-masing campuran segera dituangkan dalam cetakan untuk dipadatkan dengan hammer dan pedestal dengan jumlah tumbukan 2 x 75 kali. Perlakuan ini dipakai karena standar jalan dengan lalu lintas berat, kemudian briket dilepas dari mold dengan alat *ejector* dan didiamkan dalam suhu kamar selama 24 jam.

3.4.2 Pengujian Terhadap Campuran

Pengujian terhadap campuran dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara seperti berikut ini.

A. Pengujian Marshall Standar

Pengujian yang dilakukan menggunakan metode Marshall dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

a. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel
b. Benda uji diberi tanda pengenal
c. Setiap benda uji diukur tebalnya sebanyak 3 kali pada tempat yang berbeda kemudian dirata-rata dengan ketelitian 0,1 mm
d. Benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya
e. Benda uji direndam dalam air selama 20 – 24 jam agar benda uji menjadi jenuh
f. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat dalam air
g. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, dilap supaya kering permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD)
h. Benda uji direndam dalam *water bath* pada suhu 60 °C selama 30 menit
i. Kepala penekan alat Marshall dibersihkan dan permukaannya diberi vaselin atau oli untuk memudahkan pelepasan benda uji
j. Benda uji dikeluarkan dari *water bath* , segera diletakkan pada segmen bawah kepala penekan. Segmen atas kepala penekan dimasukkan pada

batang penuntun kemudian kepala penekan diletakkan diatas mesin penguji

k. Arloji kelelehan (flow meter) dipasang pada kedudukan diatas salah satu batang penuntun

l. Kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian kedudukan arloji ditekan pada angka nol

m. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti dan memulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelehannya atau flow meter

n. Setelah pembebanan selesai, segmen atas diangkat dan benda uji selanjutnya siap dilakukan tes.

B. Pengujian Rendaman Marshall *(Immersion Test)*

Pengujian yang dilakukan hampir sama dengan uji Marshall standar. Perbedaannya adalah hanya terletak pada lama perendaman yang dilakukan dalam *water bath.* Pada uji rendaman Marshall, lama perendaman adalah 24 jam dengan suhu 60 °C. Adapun cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

a. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel

b. Benda uji diberi tanda pengenal

c. Mengukur tinggi benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm

d. Benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya
e. Direndam dalam air selama 20 – 24 jam agar benda uji menjadi jenuh air
f. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air
g. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi SSD
h. Benda uji direndam dalam *water bath* dengan suhu 60 °C selama 24 jam
i. Kepala penekan benda uji dibersihkan dahulu dan permukaannya diberi vaselin atau oli untuk memudahkan melepas benda uji
j. Arloji kelelehan (flow meter) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun
k. Kepala penekan benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan jarum arloji pada angka nol
l. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya
m. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji
n. Hasilnya dapat diketahui dari proses penghitungan selanjutnya

3.5 Reduksi data

Reduksi data adalah pengurangan data dikarenakan data tersebut tidak dapat dipakai. Reduksi data dilakukan apabila ada data dari hasil pengujian yang menyimpang dari batasan masalah.

3.6 Tahapan Analisis

Data yang akan digunakan dalam analisis, diperoleh dari hasil percobaan di laboratorium sebagai berikut :

1. Berat campuran sebelum diendam dalam air (gram)
2. Berat dalam keadaan jenuh air (gram)
3. Berat dalam air (gram)
4. Tebal benda uji (mm)
5. Pembacaan arloji stabilitas (lbs)
6. Kelelehan atau flow (mm)
7. Aspal terhadap campuran (%)
8. Aspal terhadap batuan (%)

Dalam menentukan nilai-nilai VITM (*Void In The Mix* atau prosen rongga dalam campuran), VFWA (*Void Filled With Asphalt* atau prosen rongga terisi aspal), *stability* atau stabilitas dan *Flow* (kelelehan) diperlukan data-data lain seperti :

1. Berat jenis aspal (BJ aspal)

   BJ aspal = Berat / Volume .....(3.1)

2. Berat jenis agregat

   Berat jenis agregat adalah gabungan dari BJ agregat kasar dan BJ agregat halus sesuai dengan prosentase masing-masing dalam campuran. Fraksi I merupakan agregat kasar dan Fraksi II merupakan agregat halus, sehingga BJ agregat dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{BJ agregat} = \frac{X(BJF_1) + Y(BJF_2)}{100} \quad \text{.....(3.2)}$$

Keterangan :

X = prosentase Fraksi I dalam campuran

Y = prosentase Fraksi II dalam campuran

BJF_1 = berat jenis agregat kasar

BJF_2 = berat jenis agregat halus

Kemudian nilai-nilai VITM, VFWA, Stabilitas dan Flow dapat dihitung berdasarkan data-data tersebut dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini.

1. **Nilai VFWA *(Void Filled With Asphalt)***

Didapatkan dengan terlebih dahulu menghitung nilai-nilai dari :

a. Prosentase aspal terhadap campuran dengan rumus :

$$b = \frac{a}{100 + a} x100$$

Keterangan:

b = prosentase aspal terhadap batuan

a = prosentase aspal terhadap campuran

b. Isi benda uji dengan rumus :

$f = d - e$

Keterangan:

f = Isi (ml)

d = berat dalam keadaan jenuh (SSD)

e = berat dalam air (gram)

c. Berat isi benda uji dengan rumus :

$$g = c\ f$$

Keterangan :

g = berat isi benda uji

c = berat benda uji (gram) sebelum direndam

f = isi (ml)

d. Prosentase rongga terhadap agregat dengan rumus :

$$l = 100 - j$$

dimana :

$$j = \frac{(100 - b)\ g}{BJ\ Agregat}$$

Dari data diatas maka dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut :

VFWA = 100 x (i / l)

2. Nilai VITM (*Void In The Mix*)

Dihitung berat jenis maksimum teoritis :

$$h = \frac{100}{\frac{\%\ agregat}{Bj\ agregat} + \frac{\%\ aspal}{Bj\ aspal}}$$

VITM = 100 - 100 (g / h)

Keterangan :

g = berat isi benda uji

h = berat jenis maksimum teoritis

3. Nilai stabilitas

Angka stabilitas benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall. Angka stabilitas ini masih harus dikoreksi untuk memasukkan nilai kalibrasi alat dan koreksi ketebalan benda uji. Untuk ini dipergunakan tabel seperti tercantum dalam tabel 3.2.

Nilai stabilitas diperoleh dengan rumus :

$$S = p \times q$$

Keterangan:

S = angka stabilitas sesungguhnya

p = angka koreksi tinggi atau tebal benda uji

q = angka pembacaan arloji stabilitas alat Marshall

Tabel 3.2 Koreksi Tebal Benda Uji

Tebal (mm)	Angka Koreksi	Tebal (mm)	Angka Koreksi
60	1.095	70	0.845
61	1.065	71	0.835
62	1.035	72	0.825
63	1.015	73	0.810
64	0.960	74	0.791
65	0.935	75	0.772
66	0.900	76	0.762
67	0.885	77	0.752
68	0.865	78	0.742
69	0.855	79	0.733
70	0.845	80	0.724

Sumber : Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

4. **Nilai kelelehan (*flow*)**

Nilai kelelehan didapat dari pembacaan arloji kelelehan *(flowmeter)* dalam satuan 0,01 mm.

5. **Nilai *Marshall Quotient (MQ)***

Nilai *marshall Quotient* didapat dengan membandingkan antara nilai stabilitas dan flow.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DI LABORATORIUM

4.1 Hasil Penelitian

Spesifikasi Lataston No. 12/PT/B/1983 dan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dicantumkan pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4.1 Spesifikasi dan Pemeriksaan Agregat Kasar Batu Pecah

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Keausan dengan mesin Los Angeles	Maks. 40 %	25 %
2	Kelekatan terhadap aspal	< 95 %	100 %
3	Peresapan agregat terhadap air	Maks. 3 %	2.15 %
4	Berat jenis Bulk	Min. 2.5	2.52

Sumber : Lataston No.12/PT/B/1983 dan Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII

Tabel 4.2 Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Nilai Sand Equivalen	Min. 50 %	66.93 %
2	Peresapan agregat terhadap air	Maks. 3 %	2.67 %
3	Berat jenis semu	Min. 2.5	2.79 %

Sumber : Lataston No.12/PT/B/1983 dan Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII

4.1.1 Hasil Penelitian Aspal

Spesifikasi Lataston No. 12/PT/B/1983 dan hasil pemeriksaan dicantumkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Hasil	Satuan
			Min	Max		
1	Penetrasi (25°C,5detik)	PA.0301-76	60	79	60.8	0,1mm
2	Titik Lembek	PA.0302-76	48	58	48.25	^{0}C
3	Titik Nyala	PA.0303-76	200	-	355	^{0}C
4	Kelarutan CCl_4	PA.0305-76	99	-	99.75	% berat
5	Daktilitas (25°C, 5cm/menit)	PA.0306-76	100	-	165	Cm
6	Berat jenis	PA.0307-76	1	-	1.07	Gr/cc

Sumber : Petunjuk pelaksanaan laston No,03/PT/B/1983 dan Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII

4.1.2 Hasil Penelitian Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) B

Contoh hitungan Tes Marshall untuk campuran dengan filler keramik lantai pada kadar aspal 6 % adalah sebagai berikut ini.

a = Persen aspal terhadap batuan

= 6,38 %

b = Persen aspal terhadap campuran

$$= \frac{a}{100 + a}$$

= 6,0 %

c = Berat kering / sebelum direndam

= 1.181 gr

d = Berat dalam keadaan jenuh / SSD

= 1.187 gr

e = Berat di dalam air

= 663 gr

f = Volume (isi) benda uji

= d – e = 524 ml

g = Berat isi benda uji

= c / f = 2,25 gr / cc

h = BJ maksimum (teoritis)

$$= \frac{100}{\frac{\%\,agregat}{BJ\,agregat} + \frac{\%\,aspal}{BJ\,aspal}} = \frac{100}{\frac{94}{2,564} + \frac{6,0}{1,07}}$$

= 2,37 gr / cc

$$i = \frac{b\,x\,g}{BJ\,aspal} = \frac{6,0\,x\,2,25}{1,07} = 12,64$$

$$j = \frac{(100-b)\,g}{BJ\,agregat} = \frac{(100-6,0)\,2,25}{2,564} = 82,89$$

k = Jumlah kandungan rongga

= (100 - i - j) = (100 – 12,64 – 82,89) = 4,47

l = Rongga terhadap agregat

= (100 – j) = (100 – 82,89) = 17,11

m = VFWA = Rongga yang terisi aspal

$$= 100\left(\frac{i}{l}\right) = 100\left(\frac{12,64}{17,11}\right) = 85,34\ \%$$



n = VITM = Rongga yang terisi campuran

$$=100\left(1-\frac{g}{h}\right)=100\left(1-\frac{2,25}{2,37}\right)=4,73\%$$

o = Pembacaan stabilitas pada arloji

= 523 kg

p = o x Kalibrasi proving ring

= 523 x 3,247 = 1698,18 kg

q = Stabilitas = p x Koreksi tebal benda uji

= 1698,18 x 0,9889 = 1679,50 kg

r = Flow (kelelehan plastis)

= 1,27

MQ = Marshall Quotient

$$=\frac{q}{r}=\frac{1679,50}{1,27}=1322,441 \text{ kg / mm}$$

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII diperoleh nilai – nilai antara lain : VITM, VFWA, Stabilitas, Flow dan Marshall Quotient berdasarkan pembacaan pada alat tekan Marshall dan rumus – rumus seperti pada contoh hitungan tes Marshall diatas. Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada hasil penelitian di laboratorium seperti tercantum pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Hasil Tes Marshall dari campuran HRS B dengan Filler PC

No	Nilai	Kode	KADAR ASPAL				
			6%	6.50%	7%	7.50%	8%
1	VFWA	As	89.89	79.78	84.17	95.05	93.35
	(%)	Bs	71.36	81.65	85.30	91.43	92.91
		Cs	76.55	80.80	84.30	97.69	95.10
2	VITM	As	1.73	3.72	2.61	0.84	1.21
	(%)	Bs	5.30	3.31	2.40	1.50	1.29
		Cs	4.16	3.50	2.58	0.38	0.88
3	Stabilitas	As	1,808.58	2,435.25	1,373.48	1,561.81	1,302.05
	(Kg)	Bs	1,347.51	1,688.44	1,318.28	1,233.86	1,094.24
		Cs	1,347.51	1,607.27	1,545.57	1,217.63	941.63
4	Flow	As	3.05	2.79	5.84	7.37	7.62
	(mm)	Bs	3.56	3.81	5.33	7.62	8.13
		Cs	2.54	2.03	5.08	7.62	6.35
5	MQ	As	593.37	871.60	235.10	212.03	170.87
	(Kg/mm)	Bs	378.94	443.16	247.15	161.92	134.63
		Cs	530.51	790.98	304.25	159.79	148.29

Sumber : Data primer dari hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Keterangan :

- AS , BS, CS adalah Jenis Benda Uji campuran HRS B dengan menggunakan filler semen.

Tabel 4.5 Hasil Tes Marshall dengan menggunakan filler dari Keramik Lantai

No	Nilai	Kode	KADARASPAL				
			6%	6.50%	7%	7.50%	8%
1	VFWA	Ak	73.85	75.79	79.61	86.64	91.72
	(%)	Bk	85.34	76.39	83.23	87.20	91.22
		Ck	87.20	77.38	86.19	88.63	91.22
2	VITM	Ak	4.73	4.64	3.52	2.44	1.53
	(%)	Bk	2.49	4.50	2.79	2.33	1.63
		Ck	2.17	4.26	2.23	2.04	1.63
3	Stabilitas	Ak	1,698.18	1,860.53	1,850.79	1,727.40	1,483.88
	(Kg)	Bk	2,201.47	2,461.23	1,918.98	1,389.72	1,503.36
		Ck	1,779.36	2,954.77	2,172.24	1,587.78	1,337.76
4	Flow	Ak	1.27	2.03	4.83	7.11	6.10
	(mm)	Bk	4.06	1.27	4.06	4.57	4.83
		Ck	2.03	5.08	6.35	7.62	5.08
5	M Q	Ak	1,337.15	915.62	383.50	242.89	243.42
	(Kg/mm)	Bk	541.70	1,937.97	472.19	303.96	311.51
		Ck	875.67	581.65	342.09	208.37	263.34

Sumber : Data primer dari hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Keterangan :

- AK,BK, CK adalah Jenis Benda Uji campuran HRS B dengan menggunakan filler keramik lantai.

Hasil penelitian yang terdapat pada tabel 4.4 dan 4.5 dibandingkan dengan persyaratan yang harus dipenuhi untuk nilai - nilai dari VITM, VFWA, Flow, Stabilitas dan Marshall Quotient sesuai dengan persyaratan dari Bina Marga yaitu Metode Bina Marga/CQCMU seperti pada tabel di bawah ini :

Persyaratan campuran HRS B dengan Metode Bina Marga:

No	Jenis Pemeriksaan	Lalu-lintas berat
1	Stabilitas (Kg)	550 – 1250
2	Flow /Kelelahan (mm)	2-4
3	VITM (%)	3-5
4	VFWA (%)	75-82
5	Marshall Quotient (Kg/mm)	200-500
Jumlah Tumbukan		2 X 75

Sumber : Metode Bina Marga/CQCMU

4.1.3 Hasil Pemeriksaan Immersion Test

Pemeriksaan ini menggunakan kadar aspal optimum pada masing-masing filler baik keramik atau semen dengan lama perendaman 0.5 jam dan 24 jam. Hasil pemeriksaan ini tercantum pada tabel 4.6 dan 4.7 sebagai berikut.

TABEL 4.6 Immersion Test dengan lama perendaman 0.5 jam

Lama	Filler	Kode	VFWA (%)	VITM (%)	STABILITAS (Kg)	FLOW (mm)
0.5 jam	Keramik	1K	79.11	3.57	2,652.80	1.02
		2K	75.89	4.27	1,883.26	6.10
		3K	78.70	3.66	2,604.09	3.30
	Semen	1S	80.20	3.01	2,428.76	5.08
		2S	81.98	2.66	2,708.00	3.81
		3S	86.02	1.92	1,970.93	3.05

Sumber : Data Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Keterangan :

- 1K, 2K, 3K adalah Benda Uji campuran HRS B dengan Filler Keramik Lantai pada kadar aspal optimum.
- 1S, 2S, 3S adalah Benda Uji campuran HRS B dengan Filler Semen pada kadar aspal optimum.

TABEL 4.7 Immersion Test dengan lama perendaman 24 jam

Lama	Filler	Kode	VFWA (%)	VITM (%)	STABILITAS (Kg)	Flow (mm)
24 jam	Keramik	4K	82.60	2.87	2,435.25	3.05
		5K	81.83	3.02	2,230.69	6.35
		6K	82.25	2.94	1,844.30	2.29
	Semen	4S	83.60	2.36	2,983.99	2.79
		5S	90.19	1.21	2,175.49	3.81
		6S	82.35	2.59	2,123.54	4.32

Sumber : Data Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Keterangan :

- 4K, 5K, 6K adalah Benda Uji campuran HRS B dengan Filler Keramik Lantai pada kadar aspal optimum.
- 4S, 5S, 6S adalah Benda Uji campuran HRS B dengan Filler Semen pada kadar aspal optimum.

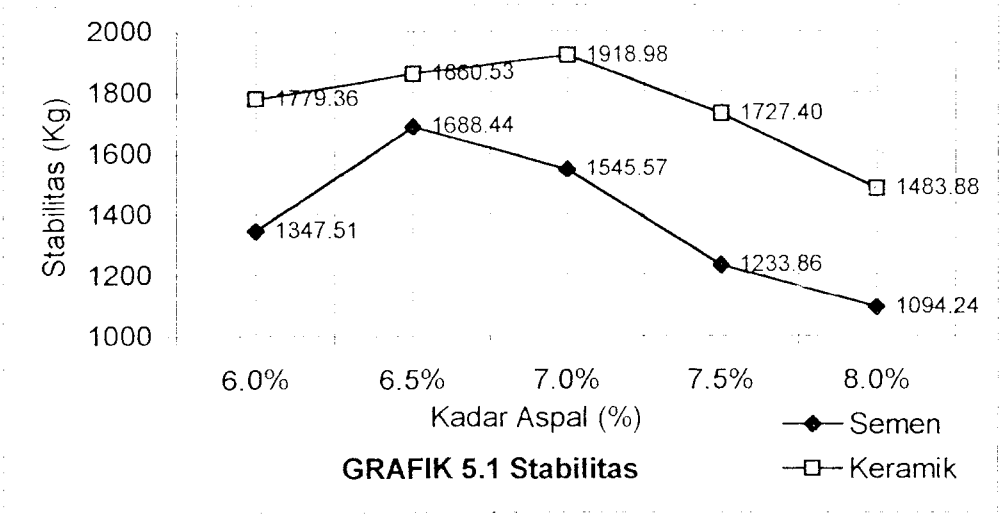
BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data-data yang di dapat dari hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium FTSP UII maka diketahui parameter yang berpengaruh terhadap campuran HRS B (lapis tipis aspal beton), antara lain: Stabilitas, Flow, VITM, VFWA dan MQ (Marshall Quotient). Langkah selanjutnya adalah membuat grafik parameter terhadap kadar aspal (lihat grafik 5.1 - 5.5) dan kemudian disesuaikan dengan grafik Marshall (lihat bab II). Dari hasil perbandingan dapat dilihat bahwa semua grafik yang dihasilkan mempunyai pola yang sama dengan semua grafik teori (lihat bab II).

5.1 Evaluasi Terhadap Nilai Stabilitas

Stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu-lintas diatasnya. Deformasi yang terjadi dapat berupa gelombang atau alur. Stabilitas pada pengujian Marshall adalah kemampuan maksimum suatu benda uji untuk menahan beban sampai terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam satuan kilogram (kg) atau kilo-Newton (kN). Nilai stabilitas yang di dapat dari hasil penelitian seperti pada tercantum pada gambar grafik 5.1 berikut ini.



GRAFIK 5.1 Stabilitas

Pada grafik 5.1 tampak bahwa stabilitas yang terjadi sesuai dengan teori Marshall yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, campuran HRS B dengan filler keramik lantai memiliki nilai stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan campuran dengan filler semen portland. Hal ini menunjukkan bahwa campuran HRS B dengan filler keramik lantai mempunyai kekakuan yang lebih tinggi daripada campuran dengan filler semen portland. Campuran perkerasan dengan kekakuan yang tinggi apabila digunakan mudah mengalami keretakan sewaktu menerima beban lalu lintas. Nilai stabilitas dari campuran dengan filler keramik lantai secara konstan mulai meningkat dari kadar aspal 6% sampai dengan kadar aspal 7%, lalu terjadi penurunan setelah itu. Sedangkan untuk campuran dengan filler semen portland, nilai stabilitasnya mengalami kenaikan dari 6% dan mencapai stabilitas maksimum sebesar 1688,44 Kg pada kadar aspal 6,5%, lalu menurun setelah kadar aspal 6,5% itu. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk nilai stabilitas kedua macam campuran, semuanya melebihi spesifikasi Bina Marga, yaitu 550 - 1250 kg.

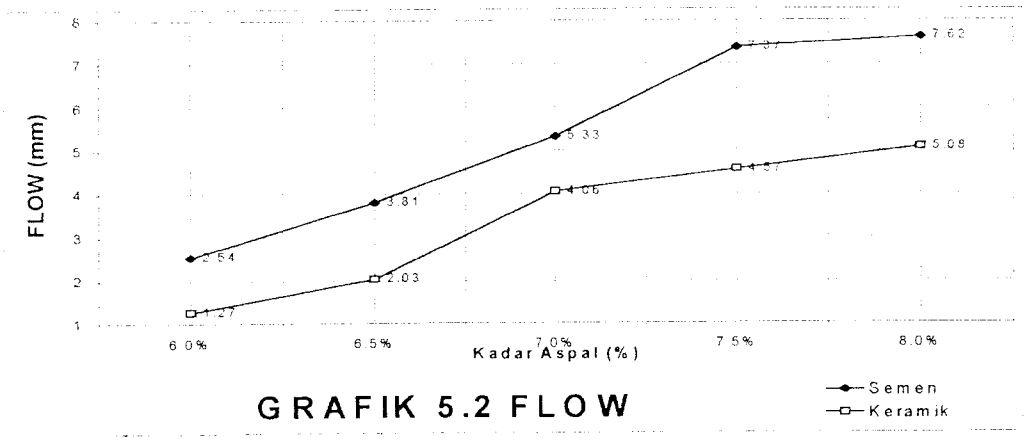
Hal ini menunjukkan kedua macam campuran terlalu kaku dan mudah mengalami retak (*cracking*) apabila mendapatkan beban yang berulang-ulang.

5.2 Evaluasi Terhadap Nilai Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai pada batas keruntuhan dan dinyatakan dalam satuan panjang (mm).

Flow menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada campuran aspal beton panas akibat beban yang bekerja padanya. Campuran yang memiliki Flow yang rendah dan stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut bersifat kaku. Sebaliknya, nilai Flow yang tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalulintas.

Nilai Flow pada penelitian ini dapat dilihat pada grafik 5.2 berikut ini.



GRAFIK 5.2 FLOW

Pada grafik 5.2 tampak bahwa nilai flow atau kelelehan dari campuran yang diteliti mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini sesuai dengan teori Marshall yang telah diuraikan pada bab II.

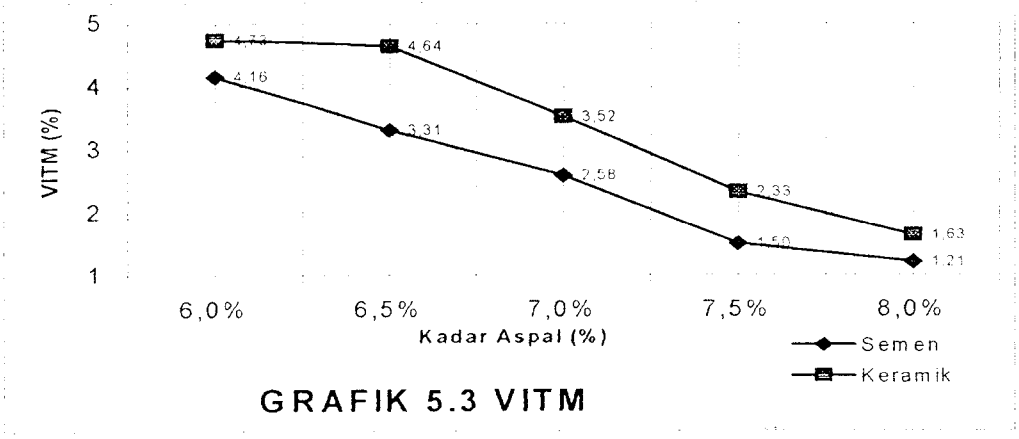
Nilai Flow untuk campuran dengan menggunakan filler keramik lantai memenuhi spesifikasi Bina Marga adalah pada kadar aspal 6,5 - 7%. Sedangkan campuran dengan filler semen portland memenuhi persyaratan Bina Marga pada kadar aspal 6 – 6 ,5%. Dari Grafik 5.2 dapat dilihat juga bahwa nilai Flow dari campuran dengan filler semen portland lebih besar dibandingkan dengan campuran dengan filler keramik lantai. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kelelehan dari campuran dengan filler semen portland lebih tinggi dibandingkan dengan campuran dengan filler keramik lantai. Nilai Flow dipengaruhi oleh nilai penyerapan air sehingga nilai flow dari campuran dengan filler semen portland lebih tinggi dibandingkan dengan campuran dengan filler keramik lantai karena semen lebih mudah untuk menyerap air dibandingkan dengan limbah keramik lantai. Nilai penyerapan air pada agregat dapat pula menunjukkan besarnya penyerapan aspal.

Nilai Flow yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah 2 - 4 mm.

5.3 Evaluasi Terhadap Nilai VITM

Rongga di dalam campuran (VITM) adalah perbandingan volume persen rongga terhadap volume total campuran padat, dinyatakan dalam persen (%).. Persen rongga yang disyaratkan untuk campuran HRS B adalah 3 - 5%. Lapis keras yang mempunyai VITM kurang dari 3% akan memperbesar kemungkinan terjadinya *bleeding*. Akibat tingginya temperatur, aspal pada perkerasan akan mencair sehingga pada saat perkerasan menerima beban, aspal akan mengalir diantara rongga agregat. Sebaliknya nilai VITM yang lebih besar dari 5%

menunjukkan banyak terjadi rongga dalam campuran, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air sehingga aspal mudah teroksidasi yang berakibat melemahnya ikatan aspal terhadap agregat yang selanjutnya aspal tidak lagi menjadi bahan ikat yang baik dan batuan akan lepas dari ikatan. Nilai VITM dari hasil penelitian dapat dilihat pada grafik 5.3 berikut ini.



GRAFIK 5.3 VITM

Pada grafik 5.3 tampak bahwa nilai VITM yang terjadi sesuai dengan teori Marshall akan berkurang seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Tinjauan terhadap nilai VITM pada grafik 5.3 menunjukkan bahwa semakin banyak kadar aspal yang digunakan mengakibatkan nilai VITM menjadi lebih rendah. Hal ini disebabkan lebih banyak pori dalam campuran yang terisi oleh aspal, sehingga rongga antar agregat dalam campuran menjadi lebih sedikit.

Berdasarkan penelitian ini nilai VITM untuk campuran HRS B dengan semen portland (PC) sebagai filler memenuhi spesifikasi Bina Marga pada kadar aspal 6 – 6,75%. Sedangkan campuran dengan filler keramik lantai memenuhi spesifikasi dari Bina Marga pada kadar aspal 6 – 7,25%. Berdasarkan

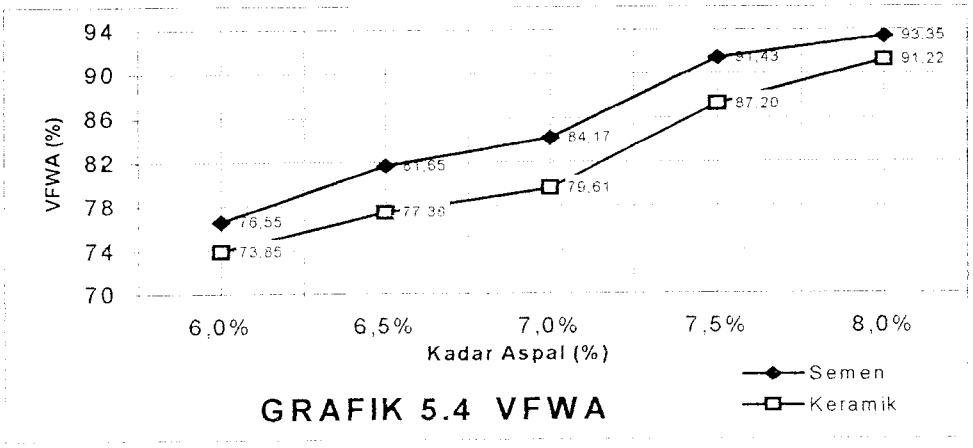
hasil penelitian seperti yang terlihat pada grafik 5.3 diatas, nilai VITM dari campuran dengan filler keramik lantai lebih besar dibandingkan dengan campuran dengan filler semen portland. Ini menunjukkan bahwa prosentase rongga / pori dalam campuran HRS B dengan filler keramik lantai lebih besar dibandingkan pada campuran dengan semen portland sebagai filler. Hal tersebut disebabkan oleh sifat semen portland yang tidak hanya mengisi rongga antar agregat tetapi juga mampu memberikan ikatan antar agregat, sehingga rongga dalam campuran relatif lebih sedikit.

Nilai VITM yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah 3 – 5%.

5.4 Evaluasi Terhadap Nilai VFWA

Rongga terisi aspal (VFWA) adalah prosen volume rongga di dalam agregat yang terisi aspal efektif .

Nilai VFWA menunjukkan prosentase rongga yang terisi aspal. Nilai VFWA menentukan keawetan suatu perkerasan dan nilai ini dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan. Jika kadar aspal relatif lebih banyak, maka rongga udara yang tersisa semakin kecil. Nilai VFWA yang dihasilkan pada penelitian ini tercantum dalam grafik 5.4 berikut ini.



GRAFIK 5.4 VFWA

Dari grafik 5.3 tampak bahwa grafik VFWA sesuai dengan teori Marshall akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal dalam campuran. Bertambahnya kadar aspal dalam campuran menyebabkan rongga udara antar agregat terisi oleh aspal. Pada grafik 5.3 itu terlihat bahwa campuran HRS B dengan filler keramik lantai yang memenuhi spesifikasi Bina Marga adalah pada kadar aspal 6 - 7%, sedangkan campuran dengan filler semen portland yang memenuhi spesifikasi Bina Marga pada kadar aspal 6 – 6,75%. Dari Grafik 5.3 tampak juga bahwa nilai VITM campuran dengan filler semen portland lebih besar daripada campuran dengan filler keramik lantai. Hal ini disebabkan oleh nilai VITM dari campuran dengan filler semen portland yang lebih rendah dari campuran dengan filler keramik lantai karena nilai VFWA berhubungan erat dengan nilai VITM. Dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran maka nilai VITM akan semakin menurun, sebaliknya dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran maka nilai VFWA akan semakin naik.

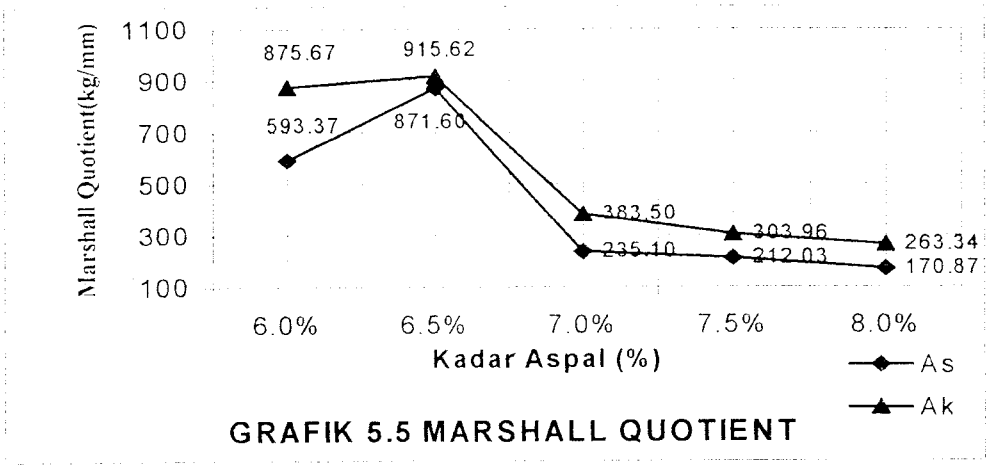
Kadar aspal yang rendah mengakibatkan nilai VFWA juga rendah. Seiring dengan bertambahnya kadar aspal, rongga yang diisi oleh aspal juga akan bertambah. Kadar aspal yang rendah menunjukkan berat aspal dalam total campuran juga rendah. Permukaan agregat hanya dilapisi oleh lapisan tipis aspal, sehingga rongga antar agregat yang diisi oleh aspal juga rendah. Sebaliknya, pada kadar aspal yang tinggi, berat aspal dalam campuran juga tinggi. Permukaan agregat dilapisi oleh aspal yang lebih tebal. Lapisan aspal yang lebih tebal pada permukaan memungkinkan aspal untuk mengisi rongga antar agregat.

Nilai VFWA yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah 75 - 82%.

5.5 Evaluasi Terhadap Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelehan (*Flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan suatu campuran. Stabilitas yang tinggi yang disertai dengan kelelehan yang rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga akan bersifat getas, sebaliknya stabilitas yang rendah dengan kelelehan yang tinggi akan menghasilkan campuran yang terlalu elastis dan akan berakibat perkerasan mengalami deformasi yang besar jika menerima beban lalulintas.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai Marshall Quotient dapat dilihat pada grafik 5.5 berikut ini.



GRAFIK 5.5 MARSHALL QUOTIENT

Dari grafik 5.5 tampak bahwa nilai MQ untuk campuran dengan keramik lantai sebagai filler nilainya lebih tinggi daripada dengan semen portland. Hal ini disebabkan nilai stabilitas yang lebih tinggi dan nilai flow yang lebih rendah dari campuran dengan keramik lantai sebagai filler lebih tinggi daripada yang menggunakan semen portland. Nilai MQ yang tinggi menyebabkan campuran menjadi kaku dan mudah terjadi retak-retak akibat beban yang berulang. Dari

hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk nilai Marshall Quotient semua campuran melebihi spesifikasi yang disyaratkan dari Bina Marga, yaitu 200 – 500 Kg/mm.

5.6 Evaluasi Hasil Penelitian Terhadap Spesifikasi Bina Marga

Dari hasil pengujian (tes) Marshall yang terdiri dari lima variasi kadar aspal tersebut kemudian ditentukan kadar aspal yang akan menghasilkan campuran yang memenuhi persyaratan-persyaratan Bina Marga. Hal ini dapat dilakukan dengan bantuan grafik-grafik yang memuat hubungan kadar aspal dengan nilai-nilai dari Stabilitas, Flow, VITM dan VFWA. Dari grafik tersebut kemudian dapat ditentukan kadar aspal optimum yang akan menghasilkan campuran HRS B yang memenuhi persyaratan dari Bina Marga.

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat memenuhi persyaratan berdasarkan nilai – nilai Stabilitas, Flow, VITM dan VFWA. Nilai kadar aspal optimum diperoleh dengan menyusun rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi. Berdasarkan tabel spesifikasi kadar aspal, dicari batas terdalam dari kanan maupun dari kiri tabel 5.1 dan 5.2 berikut ini.

Tabel 5.1 Koridor kadar aspal optimum dari campuran HRS B dengan filler semen.

No	Spesifikasi	Kadar Aspal				
		6%	6.5%	7%	7.5%	8%
1	Stabilitas					
2	Flow					
3	VITM					
4	VFWA					
5	Marshall Quotient					

Kadar Aspal optimum = 6,2%

Tabel 5.2 Koridor kadar aspal optimum dari campuran HRS B dengan filler keramik lantai.

No	Spesifikasi	Kadar Aspal				
		6%	6.5%	7%	7.5%	8%
1	Stabilitas					
2	Flow					
3	VITM					
4	VFWA					
5	Marshall Quotient					

Kadar Aspal optimum = 6,6%

5.7 Evaluasi Terhadap Hasil Uji perendaman Marshall (*Immersion Test*)

Uji perendaman Marshall dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu dan cuaca. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan uji Marshall hanya waktu perendaman dalam suhu konstan 60° C dilakukan selama 24 jam (1 hari).

Indeks Tahanan Kerusakan (*Index of retained strength*) akibat dari gangguan air dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam (S2) dan nilai stabilitas campuran biasa yang direndam selama 0,5 jam (S1). Adapun hasil uji perendaman Marshall dari penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Hasil Uji Perendaman Marshall untuk campuran dengan filler keramik lantai

Lama perendaman	Stabilitas (kg)	Stabilitas Rerata (kg)	Indeks Tahanan Kekuatan (%)
0,5 jam	2652,80		
	1883,26		
	2604,09	2380,05	
24 jam	2435,25		99,54
	2230,69	2369,23	
	1844,30		

Tabel 5.4 Hasil Uji Perendaman Marshall untuk campuran dengan filler semen portland

Lama perendaman	Stabilitas (kg)	Stabilitas Rerata (kg)	Indeks Tahanan Kekuatan (%)
0,5 jam	2428,76		
	2708,00	2170,08	
	1970,93		
24 jam	2983,99		111,87
	2175,49	2427,67	
	2123,54		

Dari hasil uji perendaman Marshall seperti yang tercantum dalam tabel 5.3 dan tabel 5.4 diatas menunjukkan bahwa ada kenaikan nilai stabilitas untuk campuran dengan filler semen portland pada variasi lama perendaman 0,5 jam (30 menit) dengan nilai rerata stabilitasnya adalah 2170,08 kg sedangkan setelah perendaman 24 jam nilai rerata stabilitasnya adalah 2427,67 kg. Hal ini mendekatkan kita pada kenyataan bahwa semen bukan suatu zat yang takut air (*hidrophobic*). Sedangkan campuran dengan filler keramik lantai menunjukkan kecenderungan menurunnya nilai stabilitas walaupun kecil. Pada perendaman 0,5 jam nilai rerata stabilitasnya sekitar 2380,05 kg, sedangkan setelah direndam selama 24 jam nilai stabilitas reratanya adalah 2369,23 kg. Indeks tahanan kekuatan (*Index of retained strength*) dari campuran dengan filler semen portland sebesar 111,87%. Sedangkan Indeks tahanan kekuatan dari campuran dengan filler keramik lantai sebesar 99,54%. Berdasarkan Indeks tahanan kekuatan kedua campuran tersebut, tampak bahwa campuran dengan filler

semen portland memiliki ketahanan dari kerusakan oleh pengaruh air, suhu dan udara yang lebih besar dibandingkan dengan campuran dengan filler keramik lantai. Nilai Indeks tahanan kekuatan untuk kedua macam campuran semuanya memenuhi persyaratan Bina Marga, yaitu ≥ 75 %.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

a. Berdasarkan hasil penelitian ini, campuran HRS B dengan menggunakan filler keramik lantai ternyata memiliki nilai stabilitas yang lebih besar daripada campuran dengan filler semen portland. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan filler keramik lantai mempunyai kekakuan yang lebih tinggi. Dari hasil penelitian ini, untuk nilai stabilitas kedua macam campuran semuanya melebihi spesifikasi Bina Marga, yaitu 550 – 1250 kg.

b. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa nilai flow dari campuran dengan filler semen portland lebih besar dibandingkan dengan campuran dengan filler keramik lantai. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat kelelehan dari campuran dengan filler semen portland lebih tinggi dibandingkan campuran dengan filler keramik lantai. Nilai flow untuk campuran dengan filler keramik lantai memenuhi spesifikasi Bina Marga adalah pada kadar aspal 6,5 – 7 %. Sedangkan untuk campuran dengan filler semen portland memenuhi persyaratan Bina Marga hanya pada kadar aspal 6 – 6,5%.

c. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Nilai VITM campuran HRS B dengan filler keramik lantai lebih besar daripada campuran dengan filler

semen portland. Hal ini terjadi disebabkan oleh sifat semen portland yang tidak hanya mengisi rongga antar agregat, tetapi juga mampu memberikan ikatan antar agregat, sehingga rongga dalam campuran relatif lebih sedikit. Nilai VITM untuk campuran dengan filler semen portland memenuhi spesifikasi Bina Marga hanya pada kadar aspal 6 – 6,75%. Sedangkan campuran dengan filler keramik lantai memenuhi spesifikasi Bina Marga pada kadar aspal 6 – 7,25%.

d. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai VFWA dari campuran dengan filler semen portland lebih besar daripada campuran dengan filler keramik lantai. Nilai VFWA untuk campuran dengan filler keramik lantai yang memenuhi spesifikasi Bina Marga adalah pada kadar aspal 6 – 7%. Sedangkan untuk campuran dengan filler semen portland memenuhi spesifikasi Bina Marga hanya pada kadar aspal 6 – 6,75%.

e. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient untuk campuran dengan filler keramik lantai lebih tinggi daripada campuran dengan filler semen portland. Hal ini terjadi disebabkan oleh nilai stabilitas yang tinggi dan nilai flow yang rendah dari campuran dengan filler keramik lantai itu. Nilai Marshall Quotient untuk kedua macam campuran semuanya melebihi spesifikasi dari Bina Marga, yaitu 200 – 500 kg/mm.

f. Berdasarkan acuan pencarian kadar aspal optimum dari Bina Marga dan spesifikasi campuran menurut CQCMU, didapat kadar aspal optimum untuk campuran dengan filler keramik lantai sebesar 6,6%. Sedangkan untuk campuran dengan filler semen portland sebesar 6,2%.

g. Berdasarkan hasil uji perendaman (Immersion Tes) tampak bahwa campuran dengan filler semen portland memiliki ketahanan dari kerusakan oleh pengaruh air, suhu dan udara yang lebih besar dibandingkan dengan campuran dengan filler keramik lantai. Nilai indeks tahanan kekuatan (*index of retained strength*) untuk kedua macam campuran semuanya memenuhi persyaratan Bina Marga, yaitu ≥ 75%.

h. Hasil analisis dan perbandingan yang dilakukan selama melakukan penelitian ini dengan mempertimbangkan keseluruhan komponen penelitian yang meliputi Stabilitas, Flow, VITM, VFWA, Marshall Quotient dan uji perendaman baik dengan variasi perendaman 0,5 jam maupun 24 jam.

6.2 Saran

a. Perlu penelitian yang mempelajari dan membandingkan daya ikat antara keramik lantai dan semen portland pada suhu tinggi.

b. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut dengan bahan filler lain seperti marmer, keramik Kasongan dengan jenis campuran yang berbeda

c. Perlu dicoba untuk penelitian selanjutnya dengan memperhitungkan *density* (kepadatan).

d. Perlu dicoba untuk penelitian lain dengan membandingkan abu batu dan keramik lantai sebagai filler .

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Petunjuk Pelaksanaan Lataston No.13/PT/B/1983*, Jakarta

Departemen Pekerjaan Umum, 1988, *Komentar Terhadap Pelaksanaan Campuran dengan durabilitas Tinggi*, CQCMU, Jakarta

Hartomo, Anton. J., 1996, *Mengenal Keramik Modern*, Andi Offset, Yogyakarta

Kerbs R.D and Walker, 1971, *Highway Material*, Mc. Graw Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA

Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, 1994, *Panduan Praktikum Jalan Raya*, Yogyakarta

Nurhadi dan Aris Viantono, 1997, *Penelitian Laboratorium Pengaruh Penggunaan Limbah Batu bata sebagai Agregat Halus dalam Campuran HRS B*, Yogyakarta

Pratomo, Priyo, 1998, *Campuran Hot Rolled Sheet dengan beberapa jenis filler*, Simposium I Forum Studi Transportasi Perguruan Tinggi, Bandung

Sukirman, Silvia, 1993, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung

TM, Suprapto, 1994, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Badan Penerbit KMTS Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta

LAMPIRAN - LAMPIRAN

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

SAND EQUIVALENT DATA

Contoh dari Clereng Kulonprogo
Jenis Agregat Batu Pecah
Diuji tgl. 14 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G & Eko Y
Diperiksa Oleh :
Sukamto

TRIAL NUMBER		Benda Uji I	Benda Uji II
seaking (10,1 min)	Start	10.54	10.54
	Stop	11.04	11.04
Sedimentation Time (20 min - 15 sec)	Start	11.10	11.10
	Stop	11.30	11.30
Clay Reading		5,20	5,20
Sand Reading		3,5	3,45
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100\%$		67,31 %	66,35 %
Average Sand Equivalent		66,83%	

Remark :
Nilai Sand Equivalent = 66,83% > 50%, memenuhi syarat
*) Sumber : SKBI 2.4.26.1987

Yogyakarta 14 Februari 2000

a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)
AASHTO T 96 - 77

Contoh dari Clereng, Kulonprogo

Jenis Bahan Batu Pecah

Diuji tgl. 14 Februari 2000

Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G
Eko Y

Diperiksa Oleh : Sukamto

JENIS GRADASI		BENDA UJI	
SARINGAN			
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5 ")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4 mm (1")	19,0 mm (¾")		
19,0 mm (¾")	12,5 mm (0,5")	2500 gr	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500 gr	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (¼")		
06,3 mm (¼")	4,75 mm (No.4)		
4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No.8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3750 gr	
KEAUSAN = $\frac{(A-B)}{A}$ X 100%		25 %	

Yogyakarta, 14 Februari 2000

a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari Clereng, Kulonprogo
Jenis Contoh Batu Pecah
Diuji tgl. 14 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G
Eko Y
Diperiksa Oleh : Sukamto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD) ⟶ (BJ)	1520 gram	
BERAT BENDA UJI DALAM AIR ⟶ (BA)	930 gram	
BERAT SAMPEL KERING OVEN (BK)	1488 gram	
BERAT JENIS (BULK) $= \frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,52	
BERAT SSD $= \frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,58	
BJ SEMU $= \frac{BK}{(BK - BA)}$	2,57	
PENYERAPAN $= \frac{BK}{(BK - BA)}$	2,15 %	

Yogyakarta, 14 Februari 2000
a/n
(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari Clereng Kulonprogo
Jenis Contoh FA
Diuji tgl. 14 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G
Eko Y
Diperiksa Oleh : Sukamto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500 gram	
BERAT VICNOMETER + AIR (B)	670 gram	
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	983 gram	
BERAT SAMPEL KERING OVEN (BK)	487 gram	
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,60	
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,67	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2,79	
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)}$ X 100 %	2,67 %	

Yogyakarta, 14 Februari 2000

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN

BERAT JENIS ASPAL

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 16 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G
Eko Y
Diperiksa Oleh : Sukamto

No.	URUTAN PEMERIKSAAN	BERAT	
1	BERAT VICNOMETER KOSONG	27,27	gram
2	BERAT VICNOMETER + AQUADEST	76,35	gram
3	BERAT AIR (2 – 1)	49,08	gram
4	BERAT VICNOMETER + ASPAL	29,78	gram
5	BERAT ASPAL (4 – 1)	2,51	gram
6	BERAT VICNOMETER + ASPAL + AQUADEST	76,53	gram
7	BERAT AIRNYA SAJA (6 – 4)	46,75	gram
8	VOLUME ASPAL (3 – 7)	2,33	gram
9	BERAT JENIS ASPAL (5/8)	1,07	

Yogyakarta, 16 Februari 2000
a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

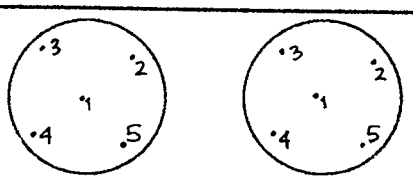
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 15 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G & Eko Y
Diperiksa Oleh :
Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU	
Mulai pemanasan	27° C	10.00	WIB
Selesai pemanasan	140° C	10.15	WIB
Didiamkan pada suhu 25° C			
Mulai	140° C	11.15	WIB
Selesai	27° C	11.35	WIB
Direndam air dengan suhu 25° C			
Mulai	27° C	11.40	WIB
Selesai	25° C	12.40	WIB
Diperiksa			
Mulai	24° C	12.40	WIB
Selesai	24° C	13.00	WIB

HASIL PENGAMATAN

No.	CAWAN - I	CAWAN - II	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1	60	65	
2	60	60	
3	62	62	
4	60	59	
5	61	59	

I II

Yogyakarta, 15 Februari 2000

a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL
(PA - 0302 - 76)

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 16 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G
EkoY
Diperiksa Oleh : Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU (° C)	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	27° C	9.20 WIB
Selesai pemanasan	110° C	9.40 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	110° C	9.40 WIB
Selesai	27° C	10.40 WIB
Diperiksa		
Mulai	5° C	11.05 WIB
Selesai	48° C	11.15 WIB

HASIL PENGAMATAN

No.	SUHU YANG DIAMATI (° C)	WAKTU (dt)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1	5	0		48	48,5
2	10	60			
3	15	65			
4	20	70			
5	25	55			
6	30	54			
7	35	35			
8	40	45			
9	45	62			
10	50				
11	55				

Yogyakarta, 16 Februari 2000

a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN
KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPHAL
(PB - 0205 - 76)

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Bahan AC & Batu Pecah
Diuji tgl. 17 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G
Eko Y
Diperiksa Oleh :
Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	27° C	11.35
Selesai pemanasan	150° C	11.38
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	150° C	11.42
Selesai	27° C	13.42
Diperiksa		
Mulai	27° C	9.30
Selesai	25° C	9.32

HASIL PENGAMATAN

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI ASPAL
I	100 %
II	100 %
RATA-RATA	

Yogyakarta, 17 Februari 2000
a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDU

(PA - 0306 - 76)

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 15 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G
Eko Y
Diperiksa Oleh : Sukamto

Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven ± 135°C
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	
Perendaman benda uji	Direndam dalam Water Bath pada suhu 25°C	30 menit	Pembacaan suhu Water Bath ± 25°C
Pemeriksaan	Daktilitas pada 25°C, 5 cm per menit	20 menit	Pembacaan suhu alat ± 25°C

Daktilitas pada 25°C 5 cm per menit	Pembacaan pengukur pada alat (cm)
Pengamatan I	165
Pengamatan II	165
Rata-rata	165

Yogyakarta, 15 Februari 2000
a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN

TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL

(PA - 0303 - 76)

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 14 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G
Eko Yulianto
Diperiksa Oleh : Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU (°C)	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	27	10. 00
Selesai pemanasan	140	10 .15
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	140	10 .20
Selesai	27	10. 35
Diperiksa		
Mulai	27	10. 35
Selesai	370	11. 00

HASIL PENGAMATAN

C A W A N	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	340	370
II		
RATA-RATA		

Yogyakarta, 14 Februari 2000
a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCl_4 (SOLUBILITY)

(PA - 0305 - 76)

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 16 Februari 2000
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
B Indrianto G & Eko Y
Diperiksa Oleh :
Sukamto

Pembukaan contoh	DIPANASKAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai	Jam	9.00	27° C
	Selesai	Jam	9.15	110° C
PEMERIKSAAN				
1. Penimbangan	Mulai	Jam	9.45	27° C
2. Pelarutan	Mulai	Jam	10.30	27° C
3. Penyaringan	Mulai	Jam	13.50	28° C
	Selesai	Jam	13.54	28° C
4. Di oven	Mulai	Jam	13.55	90° C
5. Penimbangan	Selesai	Jam	14.05	28° C

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	=	74,27	gr
2. Berat erlenmeyer + aspal	=	76,27	gr
3. Berat aspal (2-1)	=	2,0	gr
4. Berat kertas saringan bersih	=	0,69	gr
5. Berat kertas saringan + endapan	=	0,695	gr
6. Berat endapan saja (5-4)	=	0,005	gr
7. Persentase endapan (6/3 x 100%)	=	0,25	%
8. Bitumen yang larut (100% - 7)	=	99,75	%

Yogyakarta 16 Februari 2000
a/n

(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir
Pengirim Sampel : -
Jenis Campuran : HRS B
Tanggal : 19 Februari 2000

Dikerjakan Oleh : B Indrianto G & Eko Y

Diperksa Oleh : Sukamto

PERHITUNGAN TES MARSHALL

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	I	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1AS	62.05	6.38	6.0	1,181	1,182	674	508	2.32	2.37	13.04	85.50	1.47	14.50	89.89	1.73	557.00	1,808.58	1,870.07	3.05
1BS	61.77	6.38	6.0	1,174	1,176	652	524	2.24	2.37	12.56	82.40	5.04	17.60	71.36	5.30	415.00	1,347.51	1,404.10	3.56
1CS	64.05	6.38	6.0	1,200	1,205	676	529	2.27	2.37	12.71	83.39	3.90	16.61	76.55	4.16	415.00	1,347.51	1,292.26	2.54
1AK	63.47	6.38	6.0	1,181	1,187	663	524	2.25	2.37	12.64	82.89	4.47	17.11	73.85	4.73	523.00	1,698.18	1,679.50	1.27
1BK	63.30	6.38	6.0	1,195	1,198	680	518	2.31	2.37	12.94	84.84	2.22	15.16	85.34	2.49	758.00	2,461.23	2,458.76	4.06
1CK	62.43	6.38	6.0	1,185	1,187	675	512	2.31	2.37	12.98	85.12	1.90	14.88	87.20	2.17	910.00	2,954.77	3,031.59	2.03
2AS	61.60	7.52	7.0	1,182	1,195	668	527	2.24	2.33	14.67	81.61	3.72	18.39	79.78	3.72	423.00	1,373.48	1,438.03	5.84
2BS	61.03	7.52	7.0	1,187	1,198	671	527	2.25	2.33	14.74	81.95	3.31	18.05	81.65	3.31	406.00	1,318.28	1,402.65	5.33
2CS	62.76	7.52	7.0	1,187	1,199	671	528	2.25	2.33	14.71	81.80	3.50	18.20	80.80	3.50	476.00	1,545.57	1,574.94	5.08
2AK	62.70	7.52	7.0	1,184	1,197	664	533	2.22	2.33	14.53	80.83	4.64	19.17	75.79	4.64	532.00	1,727.40	1,763.68	4.83
2BK	62.80	7.52	7.0	1,188	1,200	666	534	2.22	2.33	14.55	80.95	4.50	19.05	76.39	4.50	591.00	1,918.98	1,955.44	4.06
2CK	62.73	7.52	7.0	1,182	1,196	666	530	2.23	2.33	14.59	81.15	4.26	18.85	77.38	4.26	669.00	2,172.24	2,215.69	6.35

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan
b = % aspal thd campuran
c = berat kering /sebelum direndam
d = berat dlm keadaan SSD
e = berat didalam air
f = Vol isi =(d-e)
g = berat isi sampel = c/f

h = BJ maksimum (teoritis)

= 100 : (% agr / Bj Agr + % asp / Bj asp)
i = (b x g)/ Bj asp
j = (100 - b)g/ Bj aggr
p = o x kalibrasi proving ring
q = p x koreksi tebal sampel (stabilitas)

k = (100-i-j) jm. kand rongga

I = (100-j) rongga thd aggr
m = (100xi/I) rongga yg terisi aspal
n = rongga yg terisi camp 100 - (100xg/h)
o = pembacaan arloji (stabilitas)

r = Flow (kelelehan plastis)

- suhu pencampuran = ± 160°C
- suhu pemadatan = ± 140°C
- suhu waterbath = 60°C
- BJ aspal = 1.07
- BJ agregat = 2.564
- Tanda tangan :

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir
Pengirim Sampel : -
Jenis Campuran : HRS B
Tanggal : 19 Februari 2000

Dikerjakan Oleh : B Indrianto G & Eko Y

Diperksa Oleh : Sukamto

PERHITUNGAN TES MARSHALL

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
3AS	62.60	6.95	6.5	1,185	1,188	669	519	2.28	2.34	13.87	83.52	2.61	16.48	84.17	2.61	750.00	2,435.25	2,491.26	2.79
3BS	62.53	6.95	6.5	1,183	1,187	670	517	2.29	2.34	13.90	83.70	2.40	16.30	85.30	2.40	520.00	1,688.44	1,728.96	3.81
3CS	62.23	6.95	6.5	1,183	1,186	668	518	2.28	2.34	13.87	83.54	2.58	16.46	84.30	2.58	495.00	1,607.27	1,655.48	2.03
3AK	63.60	6.95	6.5	1,192	1,197	670	527	2.26	2.34	13.74	82.74	3.52	17.26	79.61	3.52	573.00	1,860.53	1,827.04	2.03
3BK	61.37	6.95	6.5	1,181	1,183	665	518	2.28	2.34	13.84	83.37	2.79	16.63	83.23	2.79	678.00	2,201.47	2,320.35	1.27
3CK	63.40	6.95	6.5	1,185	1,186	669	517	2.29	2.34	13.92	83.85	2.23	16.15	86.19	2.23	548.00	1,779.36	1,766.90	5.08
4AS	61.63	8.11	7.5	1,173	1,178	667	511	2.30	2.31	16.09	83.07	0.84	16.93	95.05	0.84	481.00	1,561.81	1,633.65	7.37
4BS	61.53	8.11	7.5	1,180	1,186	668	518	2.28	2.31	15.98	82.52	1.50	17.48	91.43	1.50	380.00	1,233.86	1,294.14	7.62
4CS	61.60	8.11	7.5	1,183	1,186	673	513	2.31	2.31	16.16	83.45	0.38	16.55	97.69	0.38	375.00	1,217.63	1,274.85	7.62
4AK	61.97	8.11	7.5	1,180	1,185	662	523	2.26	2.31	15.83	81.73	2.44	18.27	86.64	2.44	570.00	1,850.79	1,917.42	7.11
4BK	62.43	8.11	7.5	1,178	1,184	663	521	2.26	2.31	15.85	81.83	2.33	18.17	87.20	2.33	428.00	1,389.72	1,425.85	4.57
4CK	62.40	8.11	7.5	1,186	1,191	668	523	2.27	2.31	15.89	82.07	2.04	17.93	88.63	2.04	489.00	1,587.78	1,630.65	7.62

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan
b = % aspal thd campuran
c = berat kering /sebelum direndam
d = berat dlm keadaan SSD
e = berat didalam air
f = Vol isi =(d-e)
g = berat isi sampel = c/f

h = BJ maksimum (teoritis)

{ 100 : (% agr + % asp)}
Bj Agr Bj asp
i = (b x g)/ Bj asp
j = (100 - b)g/ Bj aggr
p = o x kalibrasi proving ring
q = p x koreksi tebal sampel (stabilitas)

k = (100-i-j) jml kand rongga

l = (100-j) rongga thd aggr
m = (100xi/l) rongga yg terisi aspal
n = rongga yg terisi camp 100 - (100xg/h)
o = pembacaan arloji (stabilitas)

r = Flow (kelelehan plastis)

- suhu pencampuran = ± 160°C
- suhu pemadatan = ± 140°C
- suhu waterbath = 60°C
- BJ aspal = 1.07
- BJ agregat = 2.564
- Tanda tangan :

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir
Pengirim Sampel : -
Jenis Campuran : HRS B
Tanggal : 19 Februari 2000

Dikerjakan Oleh : B Indrianto G & Eko Y

Diperksa Oleh : Sukamto

PERHITUNGAN TES MARSHALL

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
5AS	62.50	8.69	8.0	1,184	1,186	665	521	2.27	2.30	16.99	81.80	1.21	18.20	93.35	1.21	401.00	1,302.05	1,334.60	7.62
5BS	62.13	8.69	8.0	1,183	1,185	664	521	2.27	2.30	16.98	81.73	1.29	18.27	92.91	1.29	337.00	1,094.24	1,125.97	8.13
5CS	61.13	8.69	8.0	1,180	1,183	665	518	2.28	2.30	17.05	82.07	0.88	17.93	95.10	0.88	290.00	941.63	999.07	6.35
5AK	63.23	8.69	8.0	1,187	1,188	664	524	2.27	2.30	16.94	81.54	1.53	18.46	91.72	1.53	457.00	1,483.88	1,486.85	6.10
5BK	61.93	8.69	8.0	1,179	1,180	659	521	2.26	2.30	16.92	81.45	1.63	18.55	91.22	1.63	463.00	1,503.36	1,558.99	4.83
5CK	62.96	8.69	8.0	1,179	1,180	659	521	2.26	2.30	16.92	81.45	1.63	18.55	91.22	1.63	412.00	1,337.76	1,359.17	5.08
1K	62.96	7.07	6.6	1,177	1,181	661	520	2.26	2.35	13.54	82.89	3.57	17.11	79.11	3.57	817.00	2,652.80	2,695.24	1.02
2K	63.40	7.07	6.6	1,182	1,186	660	526	2.25	2.35	13.44	82.29	4.27	17.71	75.89	4.27	580.00	1,883.26	1,870.08	6.10
3K	62.60	7.07	6.6	1,185	1,187	663	524	2.26	2.35	13.53	82.81	3.66	17.19	78.70	3.66	802.00	2,604.09	2,663.99	3.30
1S	63.56	6.61	6.2	1,181	1,182	664	518	2.28	2.35	13.64	83.49	2.87	16.51	82.60	2.87	750.00	2,435.25	2,396.29	3.05
2S	62.13	6.61	6.2	1,186	1,189	668	521	2.28	2.35	13.62	83.36	3.02	16.64	81.83	3.02	687.00	2,230.69	2,302.07	6.35
3S	63.30	6.61	6.2	1,187	1,190	669	521	2.28	2.35	13.63	83.43	2.94	16.57	82.25	2.94	568.00	1,844.30	1,840.61	2.29

= tebal benda uji

a= % aspal terhadap batuan
b = % aspal thd campuran
c = berat kering /sebelum direndam
d = berat dlm keadaan SSD
e = berat didalam air
f = Vol isi =(d-e)
g = berat isi sampel = c/f

h = BJ maksimum (teoritis)

{ 100 : (% agr + % asp)}
Bj Agr Bj asp
i = (b x g)/ Bj asp
j = (100 - b)g/ Bj aggr
p = o x kalibrasi proving ring
q = p x koreksi tebal sampel (stabilitas)

k = (100-I-j) jml kand rongga

l = (100-j) rongga thd aggr
m = (100xi/l) rongga yg terisi aspal
n = rongga yg terisi camp 100 - (100xg/h)
o = pembacaan arloji (stabilitas)

r = Flow (kelelehan plastis)

- suhu pencampuran = ± 160°C
- suhu pemadatan = ± 140°C
- suhu waterbath = 60°C
- BJ aspal = 1.07
- BJ agregat = 2.564
- Tanda tangan

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir
Pengirim Sampel : -
Jenis Campuran : HRS B
Tanggal : 19 Februari 2000

Dikerjakan Oleh : B Indrianto G & Eko Y

Diperksa Oleh : Sukamto

PERHITUNGAN TES MARSHALL

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
4K	62.46	7.07	6.6	1,193	1,201	677	524	2.28	2.35	13.19	83.55	3.26	16.45	80.20	3.01	748.00	2,428.76	2,491.90	5.08
5K	61.67	7.07	6.6	1,179	1,187	671	516	2.28	2.35	13.24	83.85	2.91	16.15	81.98	2.66	834.00	2,708.00	2,829.86	3.81
6K	61.65	7.07	6.6	1,188	1,196	680	516	2.30	2.35	13.34	84.49	2.17	15.51	86.02	1.92	607.00	1,970.93	2,061.59	3.05
4S	61.56	6.61	6.2	1,185	1,193	676	517	2.29	2.35	13.28	84.11	2.60	15.89	83.60	2.36	919.00	2,983.99	3,127.22	2.79
5S	61.10	6.61	6.2	1,185	1,194	683	511	2.32	2.35	13.44	85.10	1.46	14.90	90.19	1.21	670.00	2,175.49	2,310.37	3.81
6S	63.33	6.61	6.2	1,189	1,198	678	520	2.29	2.35	13.25	83.91	2.84	16.09	82.35	2.59	654.00	2,123.54	2,117.17	4.32

= tebal benda uji

a= % aspal terhadap batuan
b = % aspal thd campuran
c = berat kering /sebelum direndam
d = berat dlm keadaan SSD
e = berat didalam air
f = Vol isi =(d-e)
g = berat isi sampel = c/f

h = BJ maksimum (teoritis)

$$\{100 : \left(\frac{\%\ agr}{Bj\ Agr} + \frac{\%\ asp}{Bj\ asp}\right)\}$$

i = (b x g)/ Bj asp
j = (100 - b)g/ Bj aggr
p = o x kalibrasi proving ring
q = p x koreksi tebal sampel (stabilitas)

k = (100-I-j) jml kand rongga

l = (100-j) rongga thd aggr
m = (100xi/l) rongga yg terisi aspal
n = rongga yg terisi camp 100 - (100xg/h)
o = pembacaan arloji (stabilitas)

r = Flow (kelelehan plastis)

- suhu pencampuran = ± 160°C
- suhu pemadatan = ± 140°C
- suhu waterbath = 60°C
- BJ aspal = 1,07
- BJ agregat = 2,564
- Tanda tangan

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Lampiran 15

Contoh dari : CILERENG

Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR

Jenis Agregat : CA, FA DAN FF

Diterima Tgl :

Selesai Tgl :

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	Min	Max
	3/4	0	0	0	100	96	100
	1/2	225,60	225,60	20	80	60	100
	3/8	112,80	388,40	30	70	58	82
	1/4	95,88	434,28	38,5	61,5	53	70
	# 4	73,32	507,60	45	55	50	60
	# 8	22,56	530,16	47	53	46	60
	#30	174,84	705,0	62,5	37,5	15	60
	#100	242,52	947,52	84	16	4	28
	#200	112,80	1060,32	94	6	3	9
	PAN	67,68	1128	100	0		

Keterangan : ASPAL 6 % (72 gram)

Tanggal : 18 FEBRUARI 2000

Diperiksa oleh : GUNAWAN / LAC

Yogyakarta, 18 FEBRUARI 2000

( )

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Lampiran 4

Contoh dari : CLERENG

Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR

Jenis Agregat : CA, FA DAN FF

Diterima Tgl :

Selesai Tgl :

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	Min	Max
	3/4	0	0	0	100	96	100
	1/2	224,40	224,40	20	80	60	100
	3/8	112,20	336,60	30	70	58	82
	1/4	95,37	431,97	38,5	61,5	53	70
	# 4	72,93	504,90	45	55	50	60
	# 8	22,44	527,34	47	53	46	60
	#30	173,91	701,25	62,5	37,5	15	60
	#100	241,23	942,48	84	16	4	28
	#200	112,20	1054,68	94	6	3	9
	PAN	67,32	1122	100	0		

Keterangan : ASPAL 6,5 % (70 gram)

Tanggal : 16 FEBRUARI 2000

Diperiksa oleh : GUNAWAN / S.C

Yogyakarta, 16 FEBRUARI 2000

( )

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : CLERENG

Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR

Jenis Agregat : CA, FA DAN FF

Diterima Tgl :

Selesai Tgl :

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	Min	Max
	3/4	0	0	0	100	96	100
	1/2	223,20	223,20	20	80	60	100
	3/8	111,60	334,80	30	70	58	82
	1/4	94,86	429,66	38,5	61,5	53	70
	# 4	72,54	502,20	45	55	50	60
	# 8	22,32	524,52	47	53	46	60
	#30	172,98	697,50	62,5	37,5	15	60
	#100	239,94	937,44	84	16	4	28
	#200	111,60	1049,04	94	6	3	9
	PAN	66,96	1116	100	0		

Keterangan : ASPAL 7 % (84 gram)

Tanggal : 18 FEBRUARI 2000

Diperiksa oleh : GUNAWAN / ERC

Yogyakarta, 18 FEBRUARI 2000

( )

Lampiran 18

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : CLERENG

Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR

Jenis Agregat : CA, FA DAN FF

Diterima Tgl :

Selesai Tgl :

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	Min	Max
	3/4	0	0	0	100	96	100
	1/2	222,0	222,0	20	80	60	100
	3/8	111,0	333,0	30	70	58	82
	1/4	94,35	427,35	38,5	61,5	53	70
	# 4	72,15	499,50	45	55	50	60
	# 8	22,20	521,70	47	53	46	60
	# 30	172,05	693,75	62,5	37,5	15	60
	# 100	238,65	932,40	84	16	4	28
	# 200	111,0	1043,40	94	6	3	9
	PAN	66,60	1110	100	0		

Yogyakarta, 18 FEBRUARI 2000

Keterangan : ASPAL 7,5 % (90 gram)

Tanggal : 18 FEBRUARI 2000

Diperiksa oleh : GURARAH / FAO

( )

Lampiran 19

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : CLERENG

Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR

Jenis Agregat : CA, FA DAN FF

Diterima Tgl :

Selesai Tgl :

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	Min	Max
	3/4	0	0	0	100	96	100
	1/2	220,80	220,80	20	80	60	100
	3/8	110,40	331,20	30	70	56	82
	1/4	93,84	425,04	38,5	61,5	53	70
	# 4	71,76	496,80	45	55	50	60
	# 8	22,08	518,88	47	53	46	60
	#30	171,12	690,0	62,5	37,5	15	60
	#100	237,36	927,36	84	16	4	28
	#200	110,40	1037,76	94	6	3	9
	PAN	66,24	1104	100	0		

Yogyakarta, 16 FEBRUARI 2000

Keterangan : ASPAL 8 % (96 gram)

Tanggal : 18 FEBRUARI 2000

LAB. JALAN RAYA