

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENELITIAN LABORATORIUM
PENGGUNAAN LIMBAH BAJA (SLAG)
SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA
BETON ASPAL

Disusun oleh :

ANDI SETYO NUGROHO

No. Mhs. 91 310 071

AGUS GUNARTO

No. Mhs. 89 310 006

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Wardhani Sartono, MSc

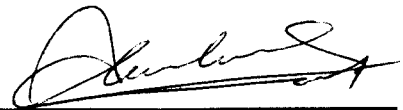
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 30-9-97

Ir. Subarkah, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 30-sept-97

s

kan

k itu

hir.

encanaan

pil Fakultas

akultas Teknik

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuh,

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah serta karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **Penggunaan Limbah Baja (Slag) Sebagai Agregat Kasar Pada Beton Aspal.**

Tugas akhir merupakan kewajiban bagi setiap mahasiswa tingkat akhir sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penyusun banyak mendapatkan bimbingan, arahan, dan bantuan baik berupa moril materiil maupun teknis, untuk itu pada kesempatan ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Wardhani Sartono, MSc, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Kabag dan Staff Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

6. Bapak Direktur dan Staff PT. Perwita Karya, yang telah memberikan bantuan berupa material.
7. Bapak, Ibu tercinta serta kakak dan adik-adik yang telah memberikan dorongan baik moril maupun materil.
8. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Tugas Akhir ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Semoga segala amal baik bapak-bapak serta semua pihak yang telah membantu hingga selesainya tugas akhir ini, mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT, Amien.

Akhirnya penyusun berharap, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penyusun sendiri dan bagi semua yang membaca Tugas Akhir ini pada umumnya.

Wassalamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuh.

Yogyakarta, Juli 1997

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| INTISARI | ix |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang Permasalahan | 1 |
| 1.2. Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4. Batasan Masalah | 2 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 3 |
| 2.1. Aspal | 3 |
| 2.2. Agregat | 4 |
| 2.3. Filler | 7 |
| 2.4. Beton Aspal (Asphalt Concrete) | 8 |
| 2.5. Pengaruh Agregat Kasar terhadap Campuran Beton aspal | 9 |
| | |
| BAB III LANDASAN TEORI | 10 |
| 3.1. Konstruksi Perkerasan Jalan | 10 |
| 3.1.1. Lapis Permukaan (LP) | 10 |
| 3.1.2. Lapis Pondasi Atas (LPA)/Base Course | 11 |
| 3.1.3. Lapis Pondasi Bawah (LPB)/Sub Base Course | 12 |

| | |
|--|----|
| 3.1.4. Tanah Dasar (TD)/Sub Grade | 12 |
| 3.2. Karakteristik Campuran Beton Aspal | 12 |
| 3.2.1. Stabilitas | 12 |
| 3.2.2. Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan) | 13 |
| 3.2.3. Fleksibilitas (Kelenturan)..... | 14 |
| 3.2.4. Skid Resistance (Tahanan Geser/Kekesatan) | 14 |
| 3.2.5. Kedap Air | 14 |
| 3.2.6. Tahanan Kelelahan (Fatigue Resistance) | 15 |
| 3.2.7. Kemudahan Pelaksanaan (Workability) | 15 |
| 3.3. Bahan Penyusun Lapis Perkerasan Beton Aspal | 16 |
| 3.3.1. Aspal Keras/Cement (AC) | 16 |
| 3.3.2. Agregat | 20 |
| 3.3.3. Filler | 23 |
| 3.4. Modulus Kekakuan | 24 |
| 3.4.1. Kekakuan Bitumen (Bitumen Stiffness) | 24 |
| 3.4.2. Kekakuan campuran (Mix Stiffness) | 27 |
| | |
| BAB IV HIPOTESIS | 33 |
| | |
| BAB V CARA PENELITIAN | 34 |
| 5.1. Bahan | 34 |
| 5.1.1. Asal Bahan | 34 |
| 5.1.2. Persyaratan dan Pengujian Bahan | 35 |
| 5.2. Pelaksanaan Pengujian | 38 |
| 5.2.1. Peralatan Pengujian | 38 |
| 5.2.2. Pembuatan Benda Uji | 39 |
| 5.2.3. Cara Pengujian benda Uji | 42 |
| 5.2.4. Anggapan dasar | 43 |
| | |
| BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 47 |
| 6.1. Hasil Penelitian | 47 |

| | |
|--|----|
| 6.1.1. Hasil Pengujian Bahan | 47 |
| 6.1.2. Hasil Uji Marshall | 49 |
| 6.2. Pembahasan | 50 |
| 6.2.1. Stabilitas | 50 |
| 6.2.2. Flow (Kelelehan) | 52 |
| 6.2.3. Quotient Marshall (QM) | 54 |
| 6.2.4. Density (Kepadatan) | 56 |
| 6.2.5. VITM (Void In The Mix) | 57 |
| 6.2.6. VFWA (Void Filled With Asphalt) | 59 |
| 6.3. Modulus Kekakuan Bitumen (S bit) | 60 |
| 6.4. Modulus kekakuan Campuran (S mix) | 62 |
| | |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN | 67 |
| 7.1. Kesimpulan | 67 |
| 7.2. Saran | 69 |
| | |
| PENUTUP | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA | 71 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 3.1. | Hasil pemeriksaan aspal AC 60-70 | 17 |
| Tabel 3.2. | Spesifikasi gradasi Beton Aspal | 23 |
| Tabel 5.1. | Kebutuhan agregat untuk satu benda uji dengan kadar aspal 4% hasil perhitungan di laboratorium | 40 |
| Tabel 6.1. | Persyaratan aspal AC 60-70 dan hasil penelitian laboratorium | 48 |
| Tabel 6.2. | Hasil pengujian agregat kasar di laboratorium | 48 |
| Tabel 6.3. | Hasil uji Soundness pada agregat kasar di laboratorium | 48 |
| Tabel 6.4. | Hasil pengujian agregat halus di laboratorium | 48 |
| Tabel 6.5. | Hasil uji Marshall dengan agregat kasar berupa slag untuk aspal AC 60-70 | 49 |
| Tabel 6.6. | Hasil uji Marshall pada keadaan standar dan perendaman selama 24 jam dengan kadar aspal optimum (6,875%) | 49 |
| Tabel 6.7. | Perhitungan kekakuan campuran (S mix) dari nomogram Shell | 64 |
| Tabel 6.8. | Hasil perhitungan kekakuan campuran dengan formula Heuklomp and Klomp | 66 |
| Tabel 6.9. | Perbandingan nilai modulus kekakuan campuran (S mix) pada Beton Aspal dan SMA+S (Marsudi AS dan Maman S, TA-1997) | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.1. | Bentuk-bentuk kurva gradasi | 22 |
| Gambar 3.2. | Nomogram Van Der Poel | 26 |
| Gambar 3.3. | Nomogram penentu kekakuan campuran | 30 |
| Gambar 5.1. | Diagram alir penelitian laboratorium | 45 |
| Gambar 6.1. | Hubungan kadar aspal terhadap nilai Stabilitas | 50 |
| Gambar 6.2. | Hubungan kadar aspal terhadap Flow (Kelelehan) | 52 |
| Gambar 6.3. | Hubungan kadar aspal terhadap QM | 55 |
| Gambar 6.4. | Hubungan kadar aspal terhadap Density | 57 |
| Gambar 6.5. | Hubungan kadar aspal terhadap VITM | 58 |
| Gambar 6.6. | Hubungan kadar aspal terhadap VFWA | 60 |
| Gambar 6.7. | Hubungan kadar aspal terhadap kekakuan campuran (S mix) | 66 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-------------|
| Pemeriksaan Soundness Test | lampiran 1 |
| Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi) | lampiran 2 |
| Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar | lampiran 3 |
| Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus | lampiran 4 |
| Pemeriksaan Berat Jenis Aspal | lampiran 5 |
| Pemeriksaan Penetrasi Aspal | lampiran 6 |
| Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar | lampiran 7 |
| Pemeriksaan Titik Lembek Aspal | lampiran 8 |
| Pemeriksaan Daktilitas | lampiran 9 |
| Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal | lampiran 10 |
| Pemeriksaan Kelarutan dalam CCL ₄ | lampiran 11 |
| Pemeriksaan Sand Equivalent | lampiran 12 |
| Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus | lampiran 13 |
| Hasil Pemeriksaan Uji Marshall | lampiran 14 |
| Grafik Kadar Aspal Design | lampiran 15 |
| Tabel Angka Koreksi Stabilitas | lampiran 16 |
| Kalibrasi Proping Ring Marshall Test (Kg) | lampiran 17 |
| Surat Bimbingan Tugas Akhir | lampiran 18 |
| Kartu Peserta Tugas Akhir | lampiran 19 |

INTISARI

Penggunaan limbah baja (slag) sebagai agregat kasar merupakan bahan alternatif dalam pembuatan campuran beton aspal, sebab limbah baja mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan batu pecah, dan untuk memanfaatkan limbah yang terbuang serta mengurangi ketergantungan terhadap batu pecah.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji apakah limbah baja (Slag) dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton aspal. Pengujian ini didasarkan pada nilai Stabilitas, Flow, Density, Marshall Quotient, VIIM, VFWA yang telah disyaratkan oleh Bina Marga. Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa agregat kasar (limbah baja/slag) dari PT. Krakatau Steel, Cilegon, agregat halus (berupa batu pecah), Filler (berupa abu batu) hasil Stone Crusher dari PT. Perwita Karya dan aspal AC 60-70. Sedangkan variasi kadar aspal yang digunakan adalah 4%, 5%, 6%, dan 7%. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Jalan Raya Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dari tanggal 25 Mei sampai dengan 19 Juni 1997.

Dari penelitian didapatkan hasil sebagai berikut: nilai stabilitas beton aspal memenuhi spesifikasi Bina Marga (> 750 Kg) untuk semua kadar aspal (4% s/d 7%), nilai flow ternyata juga memenuhi spesifikasi Bina Marga (2-4 mm) untuk semua kadar aspal (4% s/d 7%), nilai QM mencapai maksimum pada kadar aspal 5% yaitu sebesar 1365, 6917 Kg/mm, nilai Density bertambah besar seiring dengan bertambahnya kadar aspal dan mencapai maksimum pada kadar aspal 7% yaitu sebesar 2,645 %, untuk VIIM semakin besar kadar aspal nilainya semakin kecil dan yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (3% - 5%) hanya pada kadar aspal 7% yaitu sebesar 4,7237%, sedangkan untuk VFWA nilainya semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar aspal dan yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (75% s/d 82%) hanya pada kadar aspal 7% yaitu sebesar 78,6905%. Dari hasil diatas didapatkan kadar aspal optimum sebesar 6,875%. Sedangkan pada uji rendaman (immersion test) menunjukkan penurunan nilai Stabilitas menjadi 97,94 % dan QM, serta adanya kenaikan nilai Flow pada perendaman selama 24 jam jika dibandingkan uji standar. Berdasarkan hasil penelitian, limbah baja (slag) dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton aspal.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Perkembangan pembangunan jalan di Indonesia sudah maju sedemikian pesatnya seiring dengan bertambahnya volume lalu lintas terutama di kota - kota besar akibat dari mobilitas penduduk yang makin kompleks. Salah satu bentuk lapis perkerasan yang sudah umum digunakan di Indonesia adalah lapis beton aspal. Lapis beton aspal merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu tertentu.

Kekuatan suatu lapis perkerasan sangat dipengaruhi oleh susunan gradasi batuanannya, yaitu dari agregat kasar sampai dengan agregat halus, filler, dan aspal sebagai bahan ikatnya. Untuk mendapatkan suatu lapis keras yang berkualitas baik, perlu diperhatikan kualitas dari penggunaan bahan penyusun, faktor perencanaan, serta cara pelaksanaannya. Bahan penyusun tersebut berupa aspal dan agregat. Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa limbah baja (slag) sebagai pengganti batu pecah pada beton aspal.

1.2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan agregat kasar yang lain selain batu pecah pada beton aspal.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah limbah baja (slag) dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton aspal sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan.

1.4. Batasan Masalah

Pembatasan permasalahan pada penelitian laboratorium ini adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar yang digunakan adalah limbah baja dari PT. Krakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat.
2. Agregat halus dan abu batu (filler) yang digunakan adalah hasil stone crusher dari PT. Perwita Karya, Yogyakarta.
3. Gradasi yang digunakan adalah gradasi menerus (continuous graded) dengan proporsi sesuai petunjuk pelaksanaan lapis aspal beton (LASTON) No.13/PT/B/1987.
4. Variasi kadar aspal AC 60-70 yang digunakan adalah 4%, 5%, 6%, dan 7%.
5. Spesifikasi teknis beton aspal digunakan dari Bina Marga.
6. Perhitungan agregat pada analisa saringan agregat menggunakan persentase terhadap berat total campuran (1300 gram).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai bahan berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan pada suhu tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan beton aspal atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Bahan dasar yang utama dari aspal adalah hydrocarbon yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering juga disebut bitumen. (*Silvia Sukirman, 1992*).

Aspal minyak yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi, yang sering disebut aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran beton aspal dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa, dan garam.

Fungsi aspal pada konstruksi perkerasan jalan adalah sebagai : (*Silvia Sukirman, 1992*).

1. bahan pengikat, memberi ikatan yang kuat antara aspal dan agregat.

2. bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

Berdasar fungsi di atas, berarti aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik pula.

2.2. Agregat

Agregat/batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen - fragmen. Agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapis perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan prosentase volume. Berdasarkan ukuran partikelnya, agregat dibedakan menjadi :

1. agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan oleh saringan no. 8,
2. agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200, dan
3. debu batu/mineral filler, agregat halus yang lolos saringan no. 200.

Gradasi atau distribusi partikel - partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang sangat penting diketahui dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat ini berpengaruh terhadap besar rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas serta kemudahan dalam pelaksanaannya. Lapis perkerasan lentur membutuhkan agregat yang terdistribusi dari ukuran besar sampai kecil,

dimana semakin besar partikel agregat yang digunakan akan membutuhkan semakin banyak variasi ukuran.

Syarat - syarat yang harus dipenuhi oleh agregat sebagai bahan konstruksi lapis keras secara umum adalah sebagai berikut ini.

1. Bentuk butiran (particle shape)

Bentuk butiran agregat yang bersudut dan menyerupai kubus mempunyai gesekan dalam (internal friction) yang tinggi dan bersifat saling mengunci sehingga menghasilkan kestabilan konstruksi perkerasan yang tinggi pula. Untuk itu disyaratkan minimum 40% agregat tersebut tertahan saringan no. 4 dan mempunyai paling sedikit satu bidang pecah.

Sedangkan untuk agregat berbentuk pipih harus dibatasi karena mudah pecah baik pada proses pencampuran, pemadatan, maupun akibat beban lalu lintas. Karena itu nilai index kepipihan (Flakiness Index) yang diijinkan maksimum 25 %

2. Daya tahan terhadap abrasi

Agregat harus mempunyai kekerasan tertentu agar tidak mudah pecah menjadi ukuran yang lebih kecil pada saat pencampuran dan pemadatan maupun akibat dari beban lalu lintas selama masa pelayanan. Untuk mengetahui kekerasan agregat dapat dilakukan dengan uji abrasi Los Angeles, berdasarkan PB-0206-76. Nilai abrasi yang diijinkan untuk bahan perkerasan jalan maksimum 40 %.

3. Gradasi

Gradasi adalah distribusi ukuran butir agregat yang dapat diketahui dengan melakukan tes saringan. Gradasi agregat berpengaruh terhadap volume rongga antar butir sehingga mempengaruhi nilai stabilitas dan sifat dapat dikerjakan (workability).

Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

- a. gradasi menerus (continuous graded), adalah gradasi dengan ukuran butir dari yang kasar sampai yang halus mempunyai komposisi yang seimbang. Gradasi menerus ini menghasilkan susunan yang rapat (volume rongga antar agregat kecil), sehingga disebut juga gradasi rapat (dense graded) atau agregat bergradasi baik (well graded). Agregat bergradasi menerus akan menghasilkan perkerasan dengan stabilitas tinggi.
- b. gradasi seragam (uniformly graded), adalah gradasi dengan ukuran butiran yang hampir sama yang akan membentuk susunan dengan volume rongga yang besar, sehingga disebut juga agregat bergradasi terbuka. Konstruksi perkerasan yang dibentuk mempunyai stabilitas yang rendah dibandingkan dengan gradasi rapat.
- c. gradasi timpang/celah (gap graded), adalah gradasi yang dalam distribusi ukuran butirnya tidak mempunyai salah satu atau beberapa butiran dengan ukuran tertentu (tidak menerus). (*Krebs and Walker, 1971*)

4. Kebersihan permukaan

Agregat tidak boleh mengandung bahan - bahan yang mudah lepas seperti lempung, lanau, kalsium karbonat melebihi batasan tertentu karena akan mengurangi daya lekat aspal dengan agregat. Khusus untuk agregat halus, kadar bahan yang menyerupai lempung diperiksa dengan percobaan Sand Equivalent.

5. Porositas (Porosity)

Nilai porositas yang tinggi menyebabkan jumlah aspal yang diserap oleh agregat menjadi banyak, tetapi agregat harus memiliki nilai porositas tertentu agar

terjadi ikatan yang kuat antara agregat dengan aspal yang nilainya diperkirakan dari jumlah air yang terabsorpsi oleh agregat.

6. Tekstur permukaan (surface texture)

Agregat dengan permukaan yang kasar akan memberikan ikatan yang kuat sehingga akan menghasilkan stabilitas dan keawetan yang lebih baik. Agregat yang tidak mudah menyerap air akan memberikan ikatan yang kuat dengan aspal, misalnya agregat jenis basalt dan dolomit. Sedangkan agregat yang mudah menyerap air akan memberikan ikatan yang lemah antara agregat dengan aspal, sehingga mudah terjadi stripping, misalnya jenis quartzite. Berdasarkan PB-0205-76, kelekatan agregat terhadap aspal minimum sebesar 95%.

2.3. Filler

Filler adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butiran pengisi pada campuran aspal beton. *Filler* didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0.074 mm) bisa berupa debu batu, kapur, debu dolomit, atau semen. *Filler* harus dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1%).

Kadar filler dalam campuran beton aspal akan berpengaruh pada proses pencampuran, penggelaran, dan pemadatan. Kadar dan jenis filler juga akan berpengaruh pada sifat elastik dan sensitifitas campuran terhadap air.

Pengaruh penggunaan filler terhadap campuran beton aspal adalah sebagai berikut ini.

1. Dapat meningkatkan kepadatan, kekuatan, dan karakteristik lain dari beton aspal.
2. Dapat berfungsi ganda dalam campuran beton aspal yaitu :

- a. sebagai bagian dari agregat, filler akan mengisi rongga dan menambah bidang kontak antar butir agregat, sehingga akan meningkatkan volume campuran.
 - b. sebagai bahan pengikat, apabila bercampur dengan aspal filler akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi, sehingga mengikat butiran secara bersama-sama.
3. dapat mengubah sifat aspal (daktilitas, viscositas, dan penetrasi), walaupun kadarnya relatif rendah dibanding pada campuran beton aspal. Penambahan bahan filler pada aspal akan meningkatkan konsistensi terhadap aspal.

2.4. Beton Aspal (Asphalt Concrete)

Beton Aspal adalah salah satu jenis perkerasan lentur yang merupakan campuran aspal keras dengan agregat bergradasi menerus, kemudian dihamparkan dan dipadatkan pada temperatur tertentu. Campuran beton aspal dengan gradasi menerus ditentukan agar diperoleh ukuran agregat dari yang terbesar sampai yang terkecil, sehingga dapat dicapai campuran dengan kepadatan yang maksimum.

Beton aspal dapat berfungsi sebagai:

- a. pendukung beban lalu lintas.
- b. pelindung konstruksi di bawahnya dari kerusakan akibat air dan cuaca,
- c. menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin, dan
- d. lapisan aus.

Sedangkan sifat - sifat beton aspal menurut Laston No.13/PT/B/1983 adalah sebagai berikut ini :

- a. tahan terhadap keausan akibat lalu lintas,

- b. kedap air,
- c. mempunyai stabilitas yang tinggi, dan
- d. peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

2.5. Pengaruh Agregat Kasar terhadap Campuran Beton Aspal

Agregat kasar pada campuran beton aspal secara umum berfungsi memberikan stabilitas campuran dengan kondisi saling mengunci dari masing-masing partikel agregat kasar. Stabilitas tersebut dapat juga diperoleh dari tahanan gesek (friction resistance) terhadap suatu aksi perpindahan.

Agregat kasar yang digunakan bisa berupa batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering dengan persyaratan sebagai berikut:

1. peresapan terhadap air maksimum 3 %,
2. berat jenis semu agregat minimum 2,5,
3. kelekatan terhadap aspal harus lebih besar dari 95%,
4. keausan agregat yang diperiksa dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran harus mempunyai nilai lebih kecil dari 40%,
5. indeks kepipihan agregat maksimum 25%,
6. minimum 50% dari agregat kasar harus mempunyai sedikitnya satu bidang pecah.
7. gumpalan lempung agregat maksimum 0,25%, dan
8. bagian-bagian batu yang lunak dari agregat maksimum 5%.

Sedangkan pada penelitian ini, digunakan agregat kasar berupa limbah baja (slag) dengan aspal jenis AC 60-70

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Konstruksi Perkerasan Jalan

Lapis perkerasan jalan adalah lapisan yang diletakkan di atas permukaan tanah dasar, setelah dipadatkan akan berfungsi sebagai pemikul beban lalu lintas di atasnya agar tanah tidak mendapat tekanan yang melebihi daya dukung ijinnya.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi beberapa bagian sebagai berikut ini. (*Suprpto TM, 1994*)

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu: perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat,
2. Konstruksi perkerasan tegar (*rigid pavement*), yaitu: perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikatnya, dan
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu gabungan dari kedua perkerasan diatas. Pada prinsipnya lapis perkerasan lentur jalan raya tersusun atas tiga bagian yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah.

3.1.1. Lapis Permukaan (LP)

Lapis permukaan adalah bagian dari perkerasan yang paling atas dan mengalami kontak langsung dengan beban lalu lintas di atasnya.

Fungsi lapis permukaan yang beraspal adalah sebagai berikut:

1. Struktural

Ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horisontal/gaya gesek. Untuk ini persyaratan yang dituntut adalah kuat, kaku, dan stabil.

2. Non struktural, dapat berfungsi sebagai berikut ini.

- a. lapis kedap air, sehingga perkerasan tersebut tahan terhadap cuaca, abrasi dan kelelahan,
- b. menyediakan permukaan yang tetap rata dan kuat, agar kendaraan dapat berjalan dengan nyaman,
- c. membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gesek yang cukup (skid resistance), untuk menjamin tersedianya keamanan bagi lalu lintas.
- d. sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

3.1.2. Lapis Pondasi Atas (LPA)/Base Course

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah).

Fungsi lapis ini adalah sebagai :

1. lapis pendukung bagi lapis permukaan,
2. pemikul beban horisontal dan vertikal,
3. lapis peresapan bagi lapis pondasi bawah.

3.1.3. Lapis Pondasi Bawah (LPB)/Subbase Course

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar.

Fungsi lapis ini adalah sebagai:

1. penyebar beban roda,
2. pendistribusi beban ke tanah dasar (subgrade),
3. lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi atas dan sebagai lapis peresapan, dan
4. sebagai lapis drainasi dan pelindung subgrade dari tekanan akibat beban yang berlebihan. (*Robert N. Hunter, 1994*)

3.1.4 Tanah Dasar (TD)/Subgrade

Tanah dasar/subgrade adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan dasar untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lainnya.

3.2. Karakteristik Campuran Beton Aspal

Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

3.2.1. Stabilitas

Stabilitas lapis perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun "bleeding". Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut.

Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel, dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

1. agregat dengan gradasi yang rapat (dense graded),
2. agregat dengan permukaan kasar,
3. agregat berbentuk kubus,
4. aspal dengan penetrasi rendah, dan
5. aspal yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran agregat (Voids in Mineral Agregat/VMA) yang kecil. Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas.

3.2.2. Durabilitas (keawetan/daya tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan mampu menahan kerusakan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

Faktor - faktor yang berpengaruh terhadap durabilitas lapis beton aspal adalah sebagai berikut ini.

1. Selimut aspal (film aspal), selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis beton aspal yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi tinggi.
2. Oksidasi yang disebabkan oleh masuknya air ke dalam campuran.
3. VMA besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal.

3.2.3. Fleksibilitas (kelenturan)

Pada lapisan perkerasan, fleksibilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi (perubahan bentuk) yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

1. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar,
2. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi), dan
3. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil

3.2.4. Skid Resistance (tahanan geser/kekesatan)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan, sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik pada waktu hujan atau basah maupun pada waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan beban kendaraan. Tahanan geser tinggi jika :

1. penggunaan kadar aspal yang tepat, sehingga tidak terjadi bleeding,
2. penggunaan agregat dengan permukaan kasar,
3. penggunaan agregat berbentuk kubus, dan
4. penggunaan agregat kasar yang cukup.

3.2.5. Kedap Air

Kedap air adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk mengalirkan air disekitar badan jalan sehingga tidak mengakibatkan rembesan air. Rembesan air ke badan jalan ini dapat mengakibatkan ikatan antara butiran-butiran agregat dan aspal berkurang, sehingga lapis perkerasan tidak lagi kedap air dan rusak.

3.2.6. Tahanan Kelelahan (fatigue resistance)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (ruting) dan retak.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah sebagai berikut ini.

1. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
2. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel, sehingga mencegah terjadinya keretakan.

3.2.7. Kemudahan Pelaksanaan (workability)

Yang dimaksud dengan kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan, sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kemudahan dalam pelaksanaan adalah sebagai berikut ini. (*Silvia Sukirman, 1992*)

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi jelek (*poorly graded*),
2. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis, dan
3. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

3.3. Bahan Penyusun Lapis Perkerasan Beton Aspal

Beton aspal adalah salah satu jenis perkerasan lentur yang bahan penyusunnya adalah campuran antara aspal keras (AC) dengan agregat bergradasi menerus.

Beton aspal yang digunakan sebagai lapis permukaan harus memenuhi syarat-syarat kekuatan (struktural), yaitu: harus mempunyai daya dukung tertentu dalam mendukung beban lalu lintas yang biasanya dinyatakan dalam nilai stabilitas Marshall. Syarat yang lain yang harus dipenuhi oleh lapis beton aspal adalah syarat non struktural, yaitu harus dapat melindungi lapisan bagian bawah dari pengaruh air serta sebagai lapis aus.

3.3.1. Aspal Keras/Cement (AC)

Aspal semen adalah aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan dan merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi.

Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa, dan garam.

Aspal semen pada temperatur ruang (25° - 30° C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis bergantung pada proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25° C ataupun berdasarkan nilai viscositasnya. (*Silvia Sukirman, 1992*)

Di Indonesia, aspal semen dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya, yaitu :

1. AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40 sampai 50.
2. AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60 sampai 70.

3. AC pen 85/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 85 sampai 100.
4. AC pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120 sampai 150.
5. AC pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200 sampai 300

Pada penelitian ini digunakan aspal semen AC 60-70 yaitu Asphalt Cement dengan penetrasi antara 60-70. Persyaratan aspal AC 60-70 diberikan pada Tabel 3.1. di bawah ini.

Tabel 3.1. Hasil pemeriksaan aspal AC 60-70

| No. | Jenis Pemeriksaan | Cara Pemeriksaan | Min | Max | Satuan |
|-----|----------------------------------|------------------|-----|-----|------------|
| 1. | Penetrasi (25° C, 5 detik) | PA. 0301-76 | 60 | 79 | 0,1 mm |
| 2. | Titik Lembek (Ring & Ball) | PA. 0302-76 | 48 | 58 | ° C |
| 3. | Titik Nyala | PA. 0303-76 | 200 | - | ° C |
| 4. | Kehilangan Berat(163°C,5 jam) | PA. 0304-76 | - | 0,8 | % Berat |
| 5. | Kelarutan (CCl ₄) | PA. 0305-76 | 99 | - | % Berat |
| 6. | Daktilitas (25°C, 5cm/menit) | PA. 0306-76 | 100 | - | cm |
| 7. | Penetrasi stl. kehilangan berat | PA. 0301-76 | 54 | - | % awal |
| 8. | Daktilitas stl. kehilangan berat | PA. 0306-76 | 50 | - | cm |
| 9. | Berat Jenis (25°C) | PA. 0307-76 | 1 | - | |

Sumber : SNI No. 1737.1989/F jo SKBI-2.426.1987, DPU

AC menunjukkan Asphaltic Cement dan angka yang dibelakangnya menunjukkan besarnya penetrasi, yaitu masuknya jarum penetrasi dalam test penetrasi) dengan beban 100 gram pada suhu 25°C selama 5 detik. (Soeprapto TM, 1994)

Persyaratan umum aspal semen adalah sebagai berikut:

1. berasal dari hasil minyak bumi,
2. harus memiliki sifat yang sejenis,
3. kadar parafin dalam aspal tidak melebihi 2%, dan

4. tidak mengandung air dan tidak berbuisa jika dipanaskan sampai 175°C.

Pada suhu ruang, aspal selalu dalam keadaan solid, maka di dalam penggunaannya perlu dipanasi terlebih dahulu, contoh: pada pembuatan beton aspal campuran panas (hot mix). Dengan penambahan panas ini, maka tingkat kekerasan (konsistensi) aspal akan berubah. Bahan yang konsistennya berubah dengan berubahnya suhu disebut bahan thermoplastic, dan aspal termasuk kelompok ini.

(Soeprapto TM, 1994)

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh aspal sebagai bahan pengikat pada campuran panas (hot mix) adalah sebagai berikut ini.

1. Kekakuan/kekerasan (stiffenes).

Aspal yang digunakan harus mempunyai kekerasan yang cukup, setelah berfungsi sebagai bahan jalan.

2. Kuat tarik (tensile strength) dan adhesi.

Sifat kuat tarik dan adhesi diperlukan agar lapis perkerasan yang dibuat akan tahan terhadap kerusakan, jika :

- a. retak (cracking), ditahan oleh kuat tarik
- b. pengelupasan (fretting/stripping), ditahan oleh adhesi
- c. goyah (raveling), ditahan oleh kuat tarik dan adhesi

3. Tahan terhadap cuaca.

Ketahanan terhadap cuaca diperlukan agar kekerasan tetap memiliki tahanan gesek (skid resistance)

4. Sifat mudah dikerjakan (workability).

Sifat mudah dikerjakan terutama pada pelaksanaan penggelaran dan pemadatan, untuk memperoleh lapis perkerasan yang padat. Sifat mudah dikerjakan dapat dicapai dengan pemanasan, dan penambahan bahan pengencer.

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan aspal mengeras seiring dengan jalannya waktu adalah sebagai berikut ini.

1. Oksidasi (oxidation), yaitu reaksi antara oksigen dengan aspal. Proses ini bergantung pada keadaan temperaturnya. Proses oksidasi ini menyebabkan berkurangnya kadar aspal dalam suatu konstruksi lapis keras. Dengan gradasi yang rapat dan void yang rendah maka masuknya air dan udara dalam konstruksi lapis keras dapat diperkecil, sehingga proses oksidasi menjadi lambat.
2. Penguapan (volatilization), yaitu evaporasi dari bagian-bagian yang lebih ringan dari berat molekulnya (maltenese). Penambahan temperatur akan mempercepat gejala penguapan, misal pada waktu mixing process, kecuali jika temperaturnya tinggi disertai dengan pengadukan yang kuat. Mengingat hal ini, maka pemanasan aspal haruslah dibawah titik nyala, serta proses pencampuran tidak terlalu lama.
3. Polymerisasi, yaitu penggabungan molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar. Menurut penelitian didapatkan bahwa resins adalah bagian yang mudah berubah-ubah, dapat menjadi *asphaltenese* atau *oil*. Sifat polymerisasi ini mengakibatkan aspal menjadi getas sehingga berakibat konstruksi lapis keras menjadi retak-retak.
4. Thixotrophy, yaitu perubahan viscositas aspal, jika aspal tidak mendapat tegangan, peristiwa ini terjadi pada komposisi kimia yang sama. Hal ini dapat dihilangkan dengan cara memberikan beban pada aspal.

5. Separation, yaitu pemindahan bagian-bagian oils, resins atau asphaltene sebagai akibat proses *absorption* selektif atau bagian-bagian tertentu oleh batuan sehingga berakibat makin keras atau lunaknya aspal. Jadi bila yang diserap resins atau oils pada aspalnya, yang tertinggal akan mengeras, sebaliknya apabila yang diserap asphaltenesenya aspal yang tertinggal akan bertambah lunak.
6. Synerisis, yaitu istilah yang menunjukkan adanya kenampakan noda-noda pada permukaan aspal. Noda ini timbul karena terjadi suatu pembentukan baru dalam aspal. *Synerisis* terjadi dengan ditandai noda-noda pada permukaan aspal dengan warna yang tidak homogen.

3.3.2. Agregat

Agregat/batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan penyal (solid). Agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan prosentase volume.

Klasifikasi agregat dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut ini.

1. Berdasarkan ukuran partikelnya, agregat dibedakan menjadi:
 - a. agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan oleh saringan no. 8,
 - b. agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no.200, dan
 - c. abu batu/mineral filler, agregat halus yang lolos saringan no. 200.
2. Berdasarkan proses alami terbentuknya batuan, agregat dibedakan menjadi:
 - a. batuan alami : 1. batuan beku (igneous rock),
 2. batuan sedimen (sedimentary rock), dan
 3. batuan metamorf (metamorphic rock)

- b. batuan buatan (artificial rock), dan
- c. batuan sisa/bekas (waste materials).

3. Berdasarkan bentuk butiran.

Ada beberapa bentuk butiran agregat, yaitu : kubikal/cubical, bulat/rounded, tak teratur/irregular, dan lain-lain.

4. Berdasarkan proses terjadinya agregat.

Dari aslinya sampai terbentuknya butir agregat dapat terjadi karena : diangkut air/water, angin/win, korosi/corrosion, pemecah batu/crusher..

5. Berdasarkan tekstur permukaan/surface texture.

Tekstur permukaan agregat dapat berbentuk kasar, sedang, ataupun halus.

(Soeprapto TM, 1994)

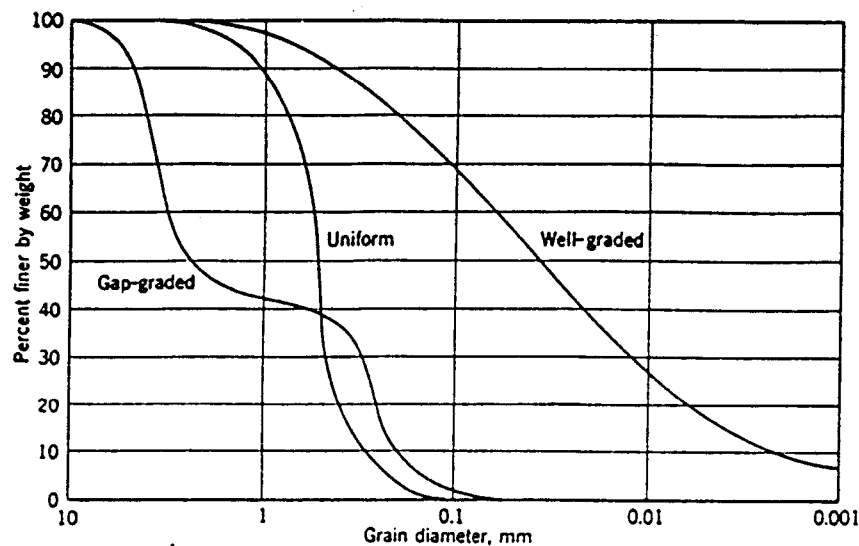
6. Berdasarkan gradasinya agregat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

- a. gradasi menerus (continuous graded), ukuran butir dari yang kasar sampai yang halus mempunyai komposisi yang seimbang. Gradasi menerus ini menghasilkan susunan yang rapat (volume rongga antar agregat kecil), sehingga disebut juga gradasi rapat (dense graded) atau agregat bergradasi baik (well graded). Agregat bergradasi menerus akan menghasilkan perkerasan dengan stabilitas tinggi.
- b. gradasi seragam (uniformly graded), adalah gradasi dengan ukuran butiran yang hampir sama yang akan membentuk susunan dengan volume rongga yang besar, sehingga disebut juga agregat bergradasi terbuka. Konstruksi perkerasan yang dibentuk mempunyai stabilitas yang rendah dibandingkan dengan gradasi rapat.

c. gradasi timpang/celah (*gap graded*), adalah gradasi yang dalam distribusi ukuran butirnya tidak mempunyai salah satu atau beberapa butiran dengan ukuran tertentu (tidak menerus).

Pada gambar 3.1. berikut ini terlihat bahwa *well graded* grafiknya relatif datar dengan kelengkungan yang teratur, *uniformly graded* grafiknya agak curam, sedangkan grafik *gap graded* kelengkungannya tidak teratur (ada perubahan mendadak).

Gambar 3.1. Bentuk-bentuk kurva Gradasi



Sumber : Highway Materials (Krebs and Walker, 1971)

Gradasi agregat yang digunakan pada campuran beton aspal berbeda dengan gradasi agregat pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA) maupun pada Hot Rolled Sheet (HRS). Gradasi yang digunakan pada campuran beton aspal ini adalah gradasi menerus (*well graded*). Spesifikasi yang digunakan berpedoman pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1987, seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Spesifikasi Gradasi Beton Aspal

| Ukuran Saringan | | Spesifikasi Bina Marga (% Lolos) | | Gradasi Ideal (Campuran Benda Uji) | |
|-----------------|---------|-------------------------------------|------|---------------------------------------|------------|
| mm | inch | min | maks | % Lolos | % Tertahan |
| 19,1 | 3/4 | - | 100 | 100 | 0 |
| 12,7 | 1/2 | 80 | 100 | 90 | 10 |
| 9,52 | 3/8 | 70 | 90 | 80 | 20 |
| 4,76 | no. 4 | 50 | 70 | 60 | 40 |
| 2,38 | no. 8 | 35 | 50 | 42,5 | 57,5 |
| 0,59 | no. 30 | 18 | 29 | 23,5 | 76,5 |
| 0,279 | no. 50 | 13 | 23 | 18 | 82 |
| 0,149 | no. 100 | 8 | 16 | 12 | 88 |
| 0,074 | no. 200 | 4 | 10 | 7 | 93 |
| PAN | - | - | - | 0 | 100 |

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1987

Persyaratan mutu agregat adalah sebagai berikut ini.

1. Kelekatan agregat terhadap aspal (PB.0205-76) minimal 95% dan
2. Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran (PB.0206-76) maksimum 40%.

3.3.3. Filler

Filler perlu ditambahkan pada campuran aspal beton sebagai material lolos saringan No. 200 (0,074 mm). Debu batu, kapur, debu dolomit, atau semen dapat digunakan sebagai filler. Perlu diperhatikan bahwa filler tersebut tidak boleh tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan selalu dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1%). Pada penelitian ini, filler yang digunakan adalah debu batu yang merupakan hasil samping produksi pemecah batu (*stone crusher*).

3.4. Modulus Kekakuan

3.4.1. Kekakuan Bitumen (Bitument Stiffness)

Yang dimaksud dengan kekakuan bitumen adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada bitumen yang besarnya bergantung pada temperatur dan lama pembebanannya. Adapun nilai kekakuan bitumen dapat ditentukan dengan menggunakan nomogram Van Der Poel dengan data sebagai berikut ini.

1. Temperatur rencana perkerasan (T) dalam °C.
2. Titik lembek /Softening Point (Spr) dari test Ring and Ball (°C).
3. Waktu pembebanan (t) dalam detik yang tergantung pada kecepatan kendaraan.
4. Penetration Index (PIr)

Waktu pembebanan untuk tebal perkerasan antara 100-350 mm dapat diperkirakan dari hubungan empiris sebagai berikut ini

$$t = \frac{3,6 l}{V} \text{ (detik)(3.1)}$$

dengan :

l = panjang tapak roda dalam meter

V = kecepatan kendaraan dalam Km/jam

Cara lain untuk menghitung lama pembebanan suatu perkerasan dapat digunakan formula sebagai berikut ini.

$$\text{Log } (t) = 5 \times 10^{-1} \times h - 0,2 - 0,94 \times \text{Log } (V) \text{(3.2)}$$

dengan :

h = tebal perkerasan (cm)

V = kecepatan kendaraan (Km/jam)

Penetration Index dihitung dari SPr (temperatur titik lembek) dan penetrasi bitumen setelah dihamparkan dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$PI_r = \frac{1951,4 - 500 \log Pr - 200 SPr}{50 \log Pr - SPr - 120,14} \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan:

PI_r = Recovered Penetration Index dari Aspal

Nilai Penetration Index (PI) dan SPr (temperatur titik lembek) yang dipergunakan dalam persamaan pada kondisi sudah dihamparkan, sehingga diperlukan asumsi sebagai berikut ini.

$$Pr = 0,65 PI \dots\dots\dots(3.4)$$

$$SPr = 98,4 - 26,35 \log Pr \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan :

PI = Penetrasi Bitumen dalam kondisi asli (0,1 mm)

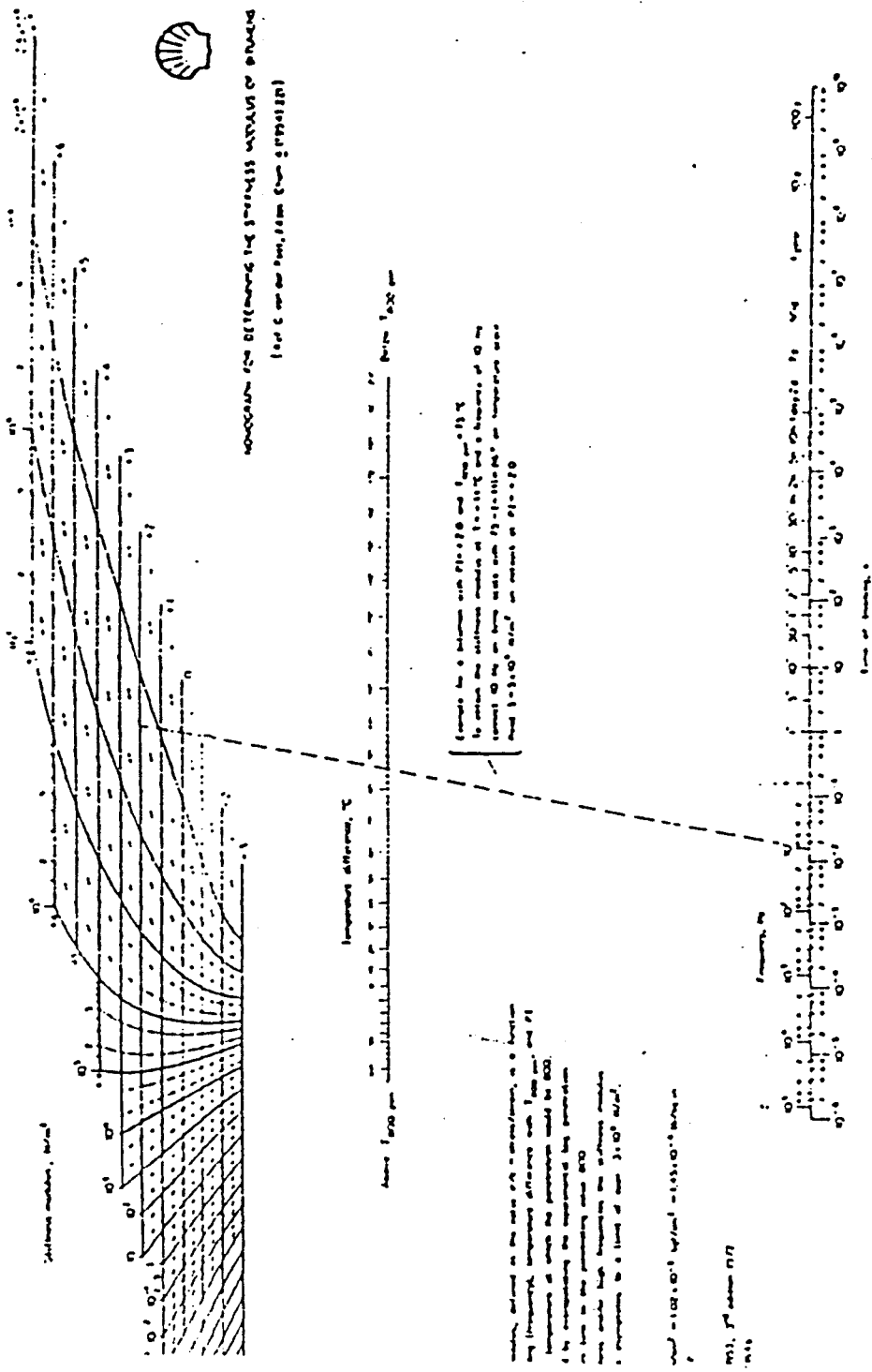
Pr = Penetrasi Bitumen dalam kondisi dihamparkan (0,1 mm)

SPr = Temperatur titik lembek dari bitumen dalam kondisi dihamparka ($^{\circ}C$)

Hitungan perencanaan derdasarkan pada karakteristik aspal terhadap penetrasi awalnya, maka substitusi dari persamaan (3.4) dan (3.5) ke dalam persamaan (3.3), menghasilkan persamaan untuk Penetration Index sebagai berikut ini.

$$PI_r = \frac{27 \log PI - 21,65}{76,35 \log PI - 232,82} \dots\dots\dots(3.6)$$

Kemudian untuk menghitung nilai kekakuan aspal, digunakan nomogram Van Der Poel seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Nomogram Van Der Poel
 Sumber: The Shell Bitumen Handbook, (1990)

Kekakuan bitumen dapat juga dicari dengan menggunakan persamaan yang diturunkan oleh Ullidz sebagai berikut ini.

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-P_{Ir}} \times (SP_r - T)^5 \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan :

S_b = Stiffness Bitument dalam MPa atau KN/m²

t = Faktor pembebanan dalam detik

P_{Ir} = Recovered Penetration Index dari aspal

SP_r = Recovered Softening Point dari aspal (°C)

T = Temperatur rencana perkerasan (°C)

Persamaan di atas dapat dipergunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

$$0,01 < t < 0,1$$

$$-1 < P_{Ir} < 1$$

$$20^\circ\text{C} < (SP_r - T) < 60^\circ\text{C}$$

3.4.2. Kekakuan Campuran (Mix Stiffness)

Kekakuan campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran bitumen yang besarnya bergantung pada temperatur dan lamanya pembebanan. Formula atau metode yang diterapkan untuk menentukan Mix Stiffness (S_{mix}) diantaranya adalah seperti berikut ini.

1. Metode Shell

Untuk mendapatkan modulus kekakuan campuran dipergunakan nomogram Shell dengan data sebagai berikut ini.

- a. modulus kekakuan bitumen / S_b (N/m²), didapatkan dari perhitungan atau dengan nomogram Van Der Poel.

b. volume bahan pengikat (%)

c. volume mineral agregat (%)

Prosentase volume bahan pengikat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_b = \frac{(100 - V_v) \cdot (M_b/G_b)}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)} \dots\dots\dots(3.8)$$

Kadar pori dalam campuran dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_v = \frac{(\tau_{\max} - \tau_m) \times 100}{\tau_{\max}} \dots\dots\dots(3.9)$$

dengan :

$$\tau_{\max} = \frac{100 \cdot \tau_w}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)} \dots\dots\dots(3.10)$$

Selanjutnya dapat dihitung nilai VITM agregat dengan persamaan :

$$VMA = V_b + V_v \dots\dots\dots(3.11)$$

dan

$$V_v + V_b + V_g = 100\% \dots\dots\dots(3.12)$$

dengan :

M_a = perbandingan berat agregat dengan berat total campuran (%)

M_b = perbandingan berat bahan ikat bitumen dengan berat total campuran (%)

G_a = berat jenis campuran agregat

G_b = berat jenis bahan ikat bitumen

τ_m = berat volume campuran padat (Kg/m^3)

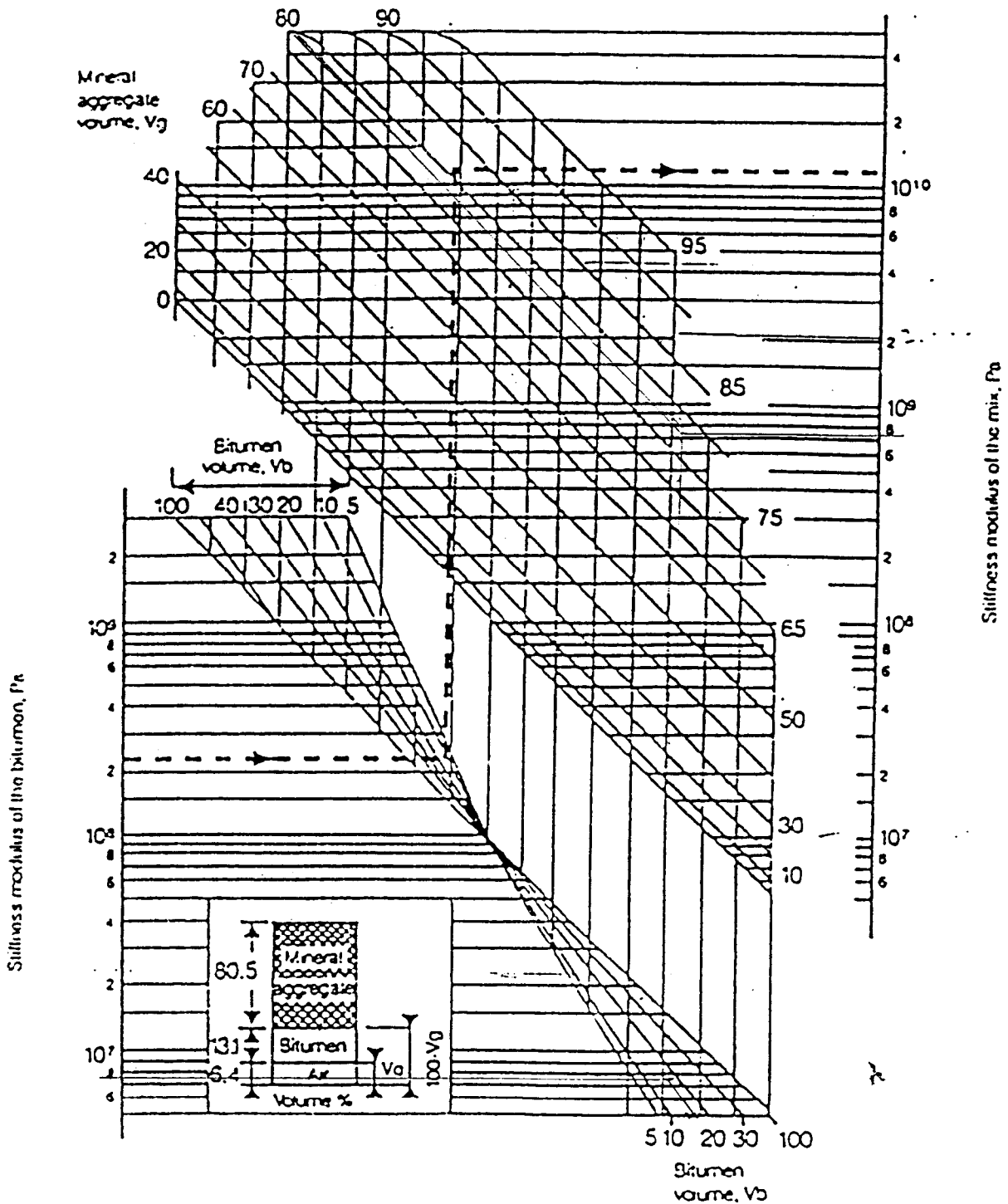
τ_w = berat volume air (Kg/m^3)

V_g = prosentase volume agregat (%)

V_b = prosentase volume bitumen (%)

V_v = prosentase volume pori (%)

Kemudian untuk menghitung kekakuan campuran dapat menggunakan nomogram Shell seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Nomogram penentu Kekakuan Campuran

Sumber : The Shell Bitumen Handbook (1990)

2. Metode Heuklomp and Klomp (1964)

Untuk menentukan nilai kekakuan campuran dipergunakan formula sebagai berikut ini.

$$S_{\text{mix}} = S_{\text{bit}} \left[1 + \frac{2,5}{n} \times \frac{C_v}{1 - C_v} \right]^n \dots\dots\dots(3.13)$$

dengan :

$$n = 0,83 \log \left(\frac{4 \times 10^{10}}{S_{\text{bit}}} \right)$$

$$S_{\text{mix}} = \text{Mix Modulus (N/m}^2\text{)}$$

$$S_{\text{bit}} = \text{Bitumen Modulus (N/m}^2\text{)}$$

Van Der Poel menyimpulkan bahwa modulus campuran bitumen tergantung pada modulus bitumen dan konsentrasi volume agregat (C_v)

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + V_b} \dots\dots\dots(3.14)$$

dengan :

$$V_g = \text{prosentase volume agregat padat (\%)}$$

$$V_b = \text{prosentase volume bitumen (\%)}$$

Rumus diatas hanya dipergunakan untuk kepadatan dengan volume rongga kurang dari 3%. Untuk kepadatan dengan volume rongga lebih dari 3% digunakan rumus :

$$C_v' = \frac{C_v}{1 + 0,01 (V_v - 3,6)} \dots\dots\dots(3.15)$$

dengan :

$$C_v' = \text{modifikasi volume agregat}$$

Cv' = modifikasi volume agregat yang terkoreksi

Vv = volume rongga udara dalam campuran

Persamaan tersebut di atas dapat digunakan jika konsentrasi volume bitumen

(C_b) memenuhi syarat di bawah ini .

$$C_b > \frac{2}{3} (1 - Cv') \dots\dots\dots(3.16)$$

$$C_b = \frac{V_b}{V_b + V_g} \dots\dots\dots(3.17)$$

dengan :

V_b = prosentase volume bitumen

V_g = prosentase volume agregat padat

BAB IV

HIPOTESIS

Beton aspal sebagai salah satu lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya yang menggunakan agregat bergradasi menerus (*continuous graded*) dan kadar aspal yang optimal agar tahan terhadap keausan akibat beban lalu lintas.

Gradasi menerus ini mengakibatkan campuran mempunyai kepadatan yang tinggi, sehingga menyebabkan terjadinya kontak antar butir yang baik dan pada akhirnya menghasilkan stabilitas yang tinggi.

Dengan menggunakan jenis aspal AC 60-70 serta limbah baja (*Slag*) sebagai agregat kasarnya, beton aspal bisa digunakan sebagai konstruksi lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*).

BAB V

CARA PENELITIAN

Tempat yang digunakan untuk penelitian ini adalah di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penelitian di laboratorium ini dilaksanakan dengan beberapa tahap yang dimulai dari persiapan, pemeriksaan mutu bahan yang digunakan, perencanaan campuran sampai dengan tahap pelaksanaan pengujian dengan alat Marshall.

5.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat dan aspal.

5.1.1. Asal Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat

Agregat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. agregat kasar (limbah baja/slag) berasal dari pabrik baja Krakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat.
- b. agregat halus dan debu batu (*filler*) hasil pemecah batu (*stone crusher*) PT. Perwita Karya Yogyakarta.

2. Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal jenis AC 60-70 produksi Pertamina yang didapat dari PT. Perwita Karya yang berada di Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Variasi kadar aspal dimulai dari 4% - 7% dengan interval 1% (4%, 5%, 6%, 7%). (LASTON No.13/PT/B/1983)

5.1.2. Persyaratan dan Pengujian Bahan

Persyaratan bahan menggunakan spesifikasi seperti yang telah ditetapkan pada *Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1983*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan agregat

Pemeriksaan agregat/batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat, dilakukan pemeriksaan sebagai berikut ini.

- a. Pemeriksaan tingkat keausan agregat, ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi Los Angeles berdasarkan PB-0206-76. Nilai yang tinggi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat putaran alat yang mengakibatkan tumbukan dan gesekan antar partikel dengan bola-bola baja. Nilai abrasi $> 40\%$ menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan yang cukup, sehingga tidak bisa digunakan sebagai bahan lapis perkerasan.

- b. Pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal, diuji sesuai dengan prosedur PB 0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap luas permukaan dengan nilai minimum 95%
 - c. Pemeriksaan soundness (ketahanan agregat terhadap korosi), pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui adanya korosi yang dapat terjadi pada agregat kasar yaitu dengan cara merendam agregat kasar yang dalam penelitian ini adalah limbah baja ke dalam larutan Na_2SO_4 . Ketahanan agregat terhadap korosi dinyatakan dalam prosentase dengan syarat minimum 2% .
 - d. Pemeriksaan berat jenis (Specific Gravity), adalah perbandingan antara berat volume agregat dengan berat air pada volume yang sama. Pemeriksaan berat jenis ini sesuai prosedur PB-0202-76 dengan syarat minimum 2,5. Besarnya berat jenis agregat penting untuk diketahui karena perencanaan campuran agregat dengan aspal direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.
 - e. Pemeriksaan sand equivalent, dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus. Pemeriksaan sand equivalent dilakukan untuk agregat lolos saringan no. 4 sesuai prosedur AASTHO T176-73. Nilai yang disyaratkan minimum 50%, adanya lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal akan bertambah.
2. Pemeriksaan aspal. Aspal adalah merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium. Pemeriksaan yang dilakukan pada aspal keras adalah sebagai berikut ini.

- a. Pemeriksaan penetrasi, bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan adalah PA-0301-76. Besarnya angka penetrasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60-79.
- b. Pemeriksaan titik lembek (softening point test)

Titik lembek adalah suhu pada saat lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal di dalam larutan air (gliserin) yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek dan jatuh pada ketinggian 1 inci (25,4 mm) dari plat dasar. Pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 dengan nilai yang disyaratkan 48°C - 58°C . Pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari temperatur pada saat aspal mulai menjadi lunak. Pemeriksaan ini menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja dengan diameter 9,3 mm seberat 3,5 gram.
- c. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar, pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal (titik bakar). Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0303-76 dengan besarnya nilai yang disyaratkan minimum 200°C .
- d. Pemeriksaan berat jenis aspal, pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan perbandingan antara berat dan volume aspal. Dalam penelitian ini mendapatkan volume aspal dipergunakan air suling. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0307-76 dengan nilai yang disyaratkan sebesar minimal $1\text{gr}/\text{cm}^3$
- e. Pemeriksaan daktilitas, pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras

sebelum putus pada suhu 25°C dan kecepatan tarik 5 cm/menit. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0306-76

- f. Pemeriksaan kelarutan dalam CCL₄ (Solubity test), dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam carbon tetra chlorida. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CCL₄ maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76. (*Bina Marga No. 01/MN/BM/1976, 1976*)

5.2. Pelaksanaan Pengujian

Tahap pelaksanaan pengujian meliputi beberapa kegiatan yang dijabarkan berikut ini.

5.2.1. Peralatan pengujian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm (4"), tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan plat dan leher sambung.
2. Penumbuk berbentuk silinder dengan permukaan yang rata, mempunyai berat 10 lbs (4,536 kg) dengan tinggi jatuh 45,7 cm.
3. Landasan pemadat terbuat dari balok kayu (jati atau sejenisnya) dengan ukuran 20x20x45 cm yang dilapisi dengan plat baja ukuran 30x30x2,5 cm serta diikatkan pada lantai beton dengan 4 (empat) batang baja siku.
4. Injector, yaitu alat yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari cetakan.
5. Bak perendam (water bath) yang dilengkapi dengan pengatur suhu.

berat agregat tertahan yang dibutuhkan pada setiap saringan untuk satu sample benda uji dengan berat sample 1300 gram.

Untuk mendapatkan berat agregat yang dibutuhkan pada setiap saringan, dapat dilihat dari contoh perhitungan seperti berikut ini.

a. Kadar aspal : 4%

Aspal yang dibutuhkan untuk benda uji seberat 1300 gram = $1300 \times 4\% = 52$ gram.

Berat agregat yang dibutuhkan = $1300 - 52 = 1248$ gram

Berat agregat yang tertahan untuk tiap nomer saringan:

$$1/2" = (10 \times 1248)/100 = 124,80 \text{ gram}$$

$$3/8" = (10 \times 1248)/100 = 124,80 \text{ gram}$$

dan seterusnya. Prosentase gradasi ideal serta perhitungan kebutuhan agregat pada setiap saringannya dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Kebutuhan agregat untuk 1 (satu benda uji dengan kadar aspal 4 % hasil perhitungan di Laboratorium

| Ukuran Saringan | | Gradasi Ideal % Tertahan Kumulatif | Berat Tertahan (gram) | |
|-----------------|---------|--|---------------------------------------|---------------------------------|
| mm | inch | | Tertahan Masing-Masing Saringan | Jumlah Tertahan Kumulatif |
| 19,1 | 3/4 | - | - | - |
| 12,7 | 1/2 | 10 | 124,80 | 124,80 |
| 9,52 | 3/8 | 20 | 124,80 | 249,60 |
| 4,76 | No. 4 | 40 | 249,60 | 499,20 |
| 2,38 | No. 8 | 57,5 | 218,40 | 717,60 |
| 0,59 | No. 30 | 76,5 | 237,12 | 954,72 |
| 0,279 | No. 50 | 82 | 68,64 | 1023,36 |
| 0,149 | No. 100 | 88 | 74,88 | 1098,24 |
| 0,074 | No. 200 | 93 | 62,40 | 1160,64 |
| PAN | - | 100 | 87,36 | 1248,00 |

Setelah diketahui berat agregat pada setiap saringan, maka dapat dilakukan pembuatan benda uji dengan cara sebagai berikut ini.

1. Agregat seberat 1248 gram dipanaskan dengan kompor pemanas sampai mencapai suhu 170°C . Bersamaan dengan itu aspal juga dipanaskan sampai suhu lebih kurang 160°C .
2. Setelah mencapai suhu yang dikehendaki aspal dituangkan ke dalam panci penggoreng agregat sebanyak yang dibutuhkan sesuai prosentasenya.
Campuran aspal dan agregat tersebut kemudian diaduk terus-menerus sambil dipanasi dengan suhu tetap lebih kurang 160°C sampai campuran tersebut homogen.
3. Cetakan benda uji beserta plat alas dan leher sambung dibersihkan, diolesi paselin dan dipanaskan atau dioven.
4. Campuran panas dengan suhu lebih kurang 160°C yang telah homogen dituangkan kedalam cetakan yang pada bagian bawahnya telah diberi alas dari kertas. Campuran tersebut dituangkan dalam 3 (tiga) lapis, masing-masing lapisan ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 10 kali pada bagian tengah dan 15 kali pada bagian tepi untuk menghindari adanya rongga-rongga yang besar pada benda uji. Kemudian benda uji dibiarkan hingga mencapai suhu pemadatan 140°C . Setelah itu pada bagian permukaan dibuat berbentuk cembung dan diberi lapisan kertas diatasnya.
5. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali (digunakan untuk lalulintas padat dengan muatan berat) dengan tinggi jatuh 45,7 cm. Palu pemadat selalu tegak lurus terhadap cetakan selama pemadatan dilakukan. Setelah itu plat

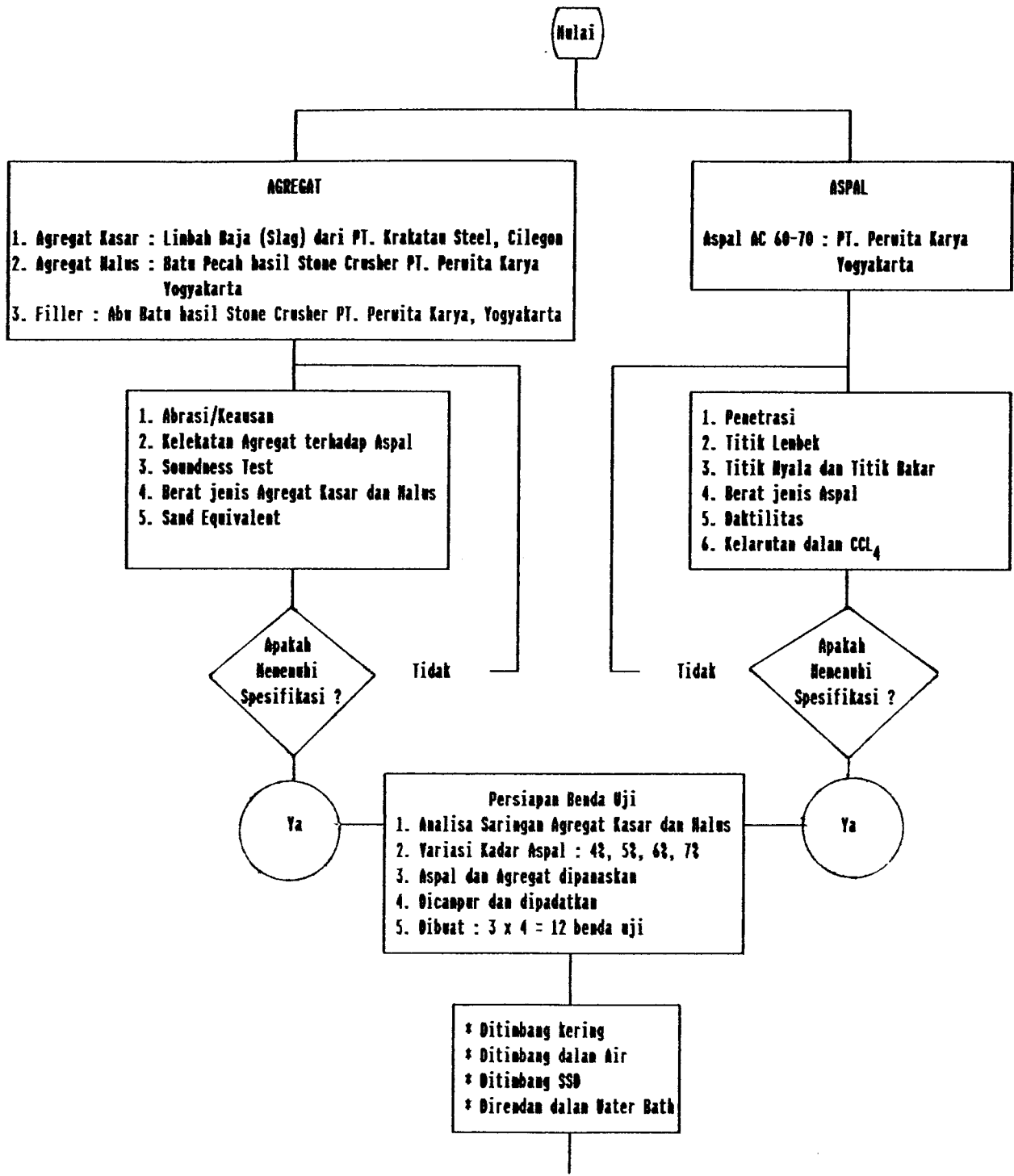
Setelah direndam selama 30 menit, benda uji dikeluarkan dari bak perendaman untuk dilakukan pengujian. Sebelum pengujian dilakukan, bagian dalam dari kepala penekan harus dibersihkan dan dilumasi dengan paselin untuk memudahkan melepas benda uji.

Kepala penekan yang berisi benda uji diletakkan di atas mesin penguji Marshall dan arloji kelelahan (flow meter) dipasang pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun. Sebelum pembebanan terhadap benda uji dilakukan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji tekan dan arloji kelelahan pada angka 0, setelah itu diberikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap 50 mm/menit sampai mencapai pembebanan maksimum yaitu pada saat jarum arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun. Catat besar beban maksimum tersebut dan pada saat yang sama dilakukan pembacaan terhadap flow meternya. Uji Marshall ini juga dilakukan pada kadar aspal optimum sebanyak 6 benda uji, yaitu 3 benda uji pada perendaman normal dan 3 benda uji pada perendaman selama 24 jam.

5.2.4. Anggapan dasar

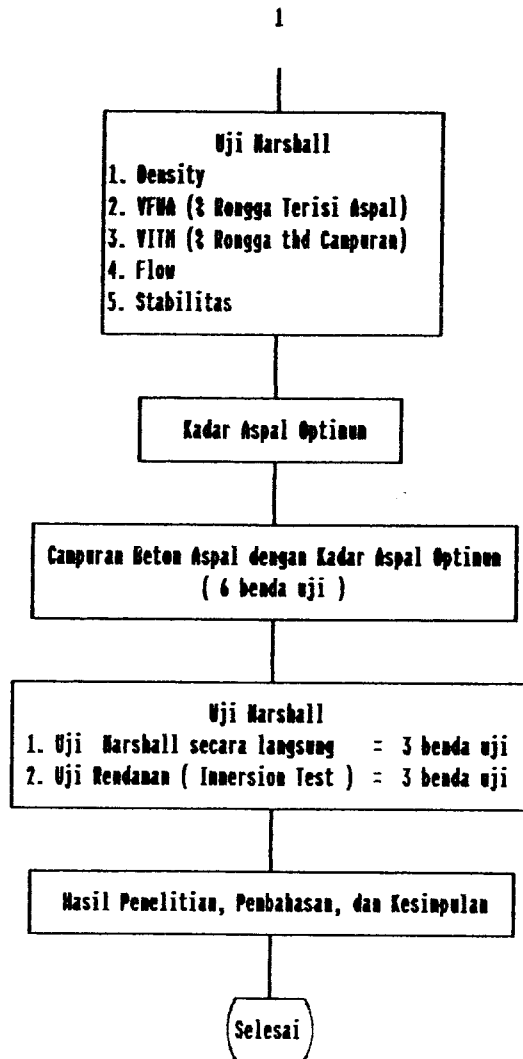
Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sampai seberapa besar pengaruh penggunaan limbah baja (Slag) sebagai agregat kasar terhadap spesifikasi yang disyaratkan pada campuran beton aspal. Berdasarkan penelitian ini, limbah baja (slag) dapat dimanfaatkan sebagai agregat kasar dalam campuran beton aspal. Penelitian ini didasarkan pada nilai-nilai *density*, *Void in the Mix (VITM)*, *Void Filled With Asphalt (VFWA)*, *Stabilitas*, *flow*, dan *Marshall Quotient*. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dianggap dalam keadaan standart.

Selain itu variasi dalam pekerjaan pembuatan benda uji dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan. Bahan-bahan untuk penelitian ini, seperti agregat dan aspal dianggap memiliki kualitas yang homogen seperti pada hasil pengujian bahan.



Gambar 5.1. Diagram Alir Penelitian Laboratorium





Gambar 5.2. Diagram Alir Penelitian Laboratorium (Lanjutan)

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1. Hasil Penelitian

Penelitian benda uji di laboratorium ini dilakukan dengan suhu pencampuran 160°C, suhu pemadatan 140°C, perendaman 30 menit dan kadar aspal bervariasi 4%, 5%, 6%, dan 7%.

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, diperoleh nilai - nilai persyaratan pengujian bahan dan hasil Uji Marshall seperti yang terdapat pada Tabel 6.1 s/d 6.6 berikut ini.

6.1.1. Hasil Pengujian Bahan

a. Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat dan bahan pengisi harus dalam keadaan baik yang berarti mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, dan memberikan sifat elastis yang baik pula. Aspal yang dipakai dalam penelitian ini adalah jenis AC 60-70. Adapun persyaratan aspal AC 60-70 dan hasil penelitian di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 6.1. berikut ini.

6.1.2. Hasil Uji Marshall

Pengujian Marshall ini dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai Stabilitas, Flow, Quotient Marshall, VITM, dan VFWA pada benda uji di laboratorium. Adapun hasil penelitian laboratorium untuk uji Marshall dapat dilihat dapat dilihat pada Tabel 6.5. s/d 6.6. berikut ini.

Tabel 6.5. Hasil Uji Marshall dengan agregat kasar berupa slag untuk aspal AC 60-70

| Karakteristik | Syarat*) | Kadar Aspal | | | |
|-----------------|----------|-------------|-----------|----------|----------|
| | | 4% | 5% | 6% | 7% |
| Stabilitas (Kg) | min 750 | 2397,48 | 2470,42 | 2250,26 | 1693,91 |
| Flow (mm) | 2 - 4 | 3,39 | 2,032 | 2,455 | 3,81 |
| QM (Kg/mm) | - | 715,3791 | 1365,6917 | 843,6301 | 419,0087 |
| Density (gr/cc) | - | 2,569 | 2,609 | 2,6406 | 2,645 |
| VITM (%) | 3 - 5 | 12,2675 | 9,2817 | 6,5307 | 4,7237 |
| VFWA (%) | 75 - 82 | 44,1 | 56,9692 | 69,5556 | 78,6905 |

*) Sumber: LASTON No.13/PT/B/1983

Tabel 6.6. Hasil Uji Marshall pada keadaan standar dan perendaman selama 24 jam dengan kadar aspal optimum (6,875%)

| Karakteristik | Syarat*) | Uji Standar | Perendaman 24 jam |
|-----------------|----------|-------------|-------------------|
| Stabilitas (Kg) | min 750 | 2103,598 | 2060,35 |
| Flow (mm) | 2 - 4 | 3,725 | 3,895 |
| QM (Kg/mm) | - | 530,117 | 426,7382 |
| Density (gr/cc) | - | 2,6462 | 2,6529 |
| VITM (%) | 3 - 5 | 4,8836 | 4,6427 |
| VFWA (%) | 75 - 82 | 77,8146 | 78,7194 |

*) Sumber : LASTON No.13/PT/B/1983

Dari hasil pengujian bahan di atas, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa bahan-bahan yang akan digunakan telah memenuhi persyaratan untuk penelitian sebagai bahan penyusun campuran aspal beton.

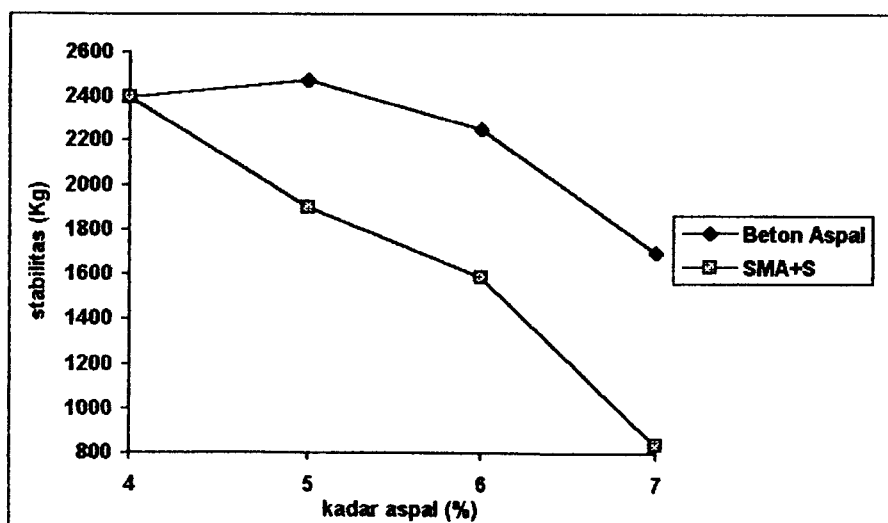
6.2. Pembahasan

Pengaruh penggunaan Limbah Baja (Slag) sebagai agregat kasar pada beton aspal terhadap Stabilitas, Flow, Quotient Marshall, VITM, VFWA adalah sebagai berikut ini.

6.2.1. Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk dapat menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan dengan stabilitas tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Stabilitas yang tinggi dicerminkan oleh adanya kerapatan campuran yang tinggi.

Lapis keras dengan nilai stabilitas lebih kecil dari 750 Kg akan mudah mengalami *rutting* karena perkerasan bersifat lembek, sehingga tidak mampu mendukung beban yang berat, maka stabilitas yang disyaratkan minimum 750 Kg.



Gambar 6.1. Hubungan kadar aspal dengan nilai Stabilitas

Dari hasil pengujian di atas terlihat bahwa semakin tinggi kadar aspal belum tentu menghasilkan stabilitas yang semakin tinggi pula, seperti terlihat pada gambar

6.1. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai stabilitas diantaranya adalah ketahanan terhadap gesekan antar agregat, bentuk agregat, bentuk permukaan agregat, kepadatan (density) campuran, dan kemampuan saling mengunci (interlocking) antar agregat.

Pada campuran beton aspal dengan limbah baja sebagai agregat kasar seperti Gambar 6.1., terlihat bahwa pada kadar aspal 4% nilai stabilitasnya lebih kecil jika dibandingkan dengan kadar aspal 5%. Fenomena ini disebabkan pada kadar aspal 4% , jumlah aspal yang ada belum dapat menyelimuti seluruh permukaan agregat, sehingga kelekatan agregat terhadap aspal kecil dan menyebabkan ikatan antar agregat rendah karena sedikitnya bahan ikat yang berfungsi mengikat hubungan antar agregat, nilai stabilitas ini terus naik sampai akhirnya mencapai maksimum pada kadar aspal 5%. Setelah mencapai kadar aspal maksimum, penambahan kadar aspal mengakibatkan nilai stabilitas menurun. Hal ini karena jumlah aspal yang menyelimuti agregat menjadi berlebihan sehingga mengakibatkan ikatan antar agregat menjadi licin dan gesekan antar agregat kecil.

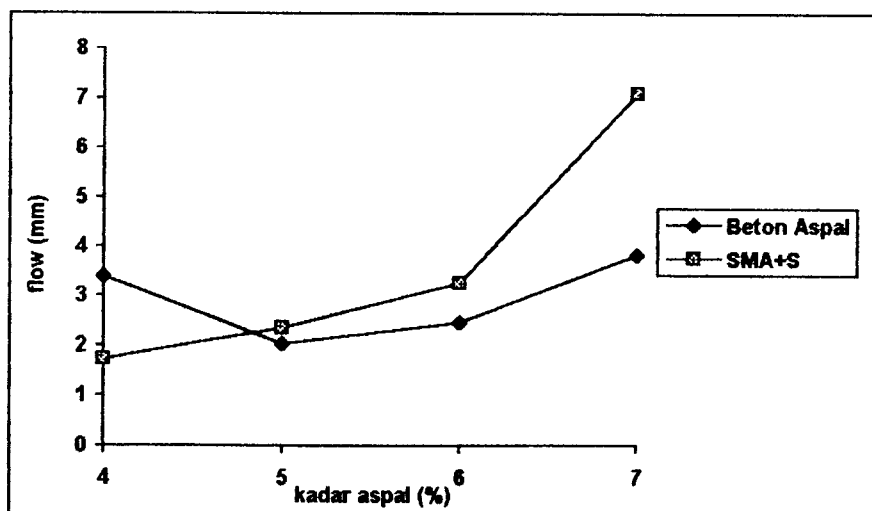
Pengaruh uji rendaman (Immersion Test) terhadap stabilitas, dengan kadar aspal optimum (6,875 %), pada perendaman selama 24 jam diperoleh nilai stabilitas 2060,35 Kg, mengalami penurunan menjadi 97,94% dibandingkan dengan uji standar dimana nilai stabilitas dengan uji standart ini adalah 2103,598 Kg (seperti terlihat pada Tabel 6.6.). Hal ini disebabkan campuran aspal yang terendam dalam *water bath* dengan waktu tertentu (lebih besar dari kondisi standar) akan menyebabkan bitumen yang menyelimuti agregat mengelupas karena pengaruh air.

Nilai stabilitas dengan menggunakan limbah baja pada beton aspal ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan limbah baja pada campuran SMA+S

(1630,42 Kg) dengan kadar aspal optimum. Sedangkan nilai stabilitas maksimum untuk campuran SMA+S dicapai pada kadar aspal 5,3% dan kadar aspal optimumnya 5,9%. (Marsudi AS dan Maman S, TA-1997). Pada kadar aspal (5% s/d 6%) untuk beton aspal terjadi penurunan nilai stabilitas sebesar 8,912% dan pada kenaikan kadar aspal 1% (5,3% s/d 6,3%) untuk campuran SMA+S terjadi penurunan nilai stabilitas sebesar 18,728% sedangkan untuk nilai stabilitas 1% di bawah stabilitas maksimum, pada beton aspal terjadi kenaikan sebesar 2,953% dan untuk campuran SMA+S, nilai stabilitas 1% (4,3% s/d 5,3%) di bawah maksimum terjadi penurunan sebesar 28,529%. Dari hasil ini terlihat adanya penurunan nilai stabilitas yang lebih tajam pada campuran SMA+S dibanding beton aspal untuk nilai stabilitas pada kadar aspal 1% diatas kadar aspal maksimum.

6.2.2. Flow (Kelelehan)

Kelelehan (Flow) adalah angka yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada benda uji dalam satuan 0,01 mm pada waktu menerima beban/gaya tekan Bina Marga menetapkan batasan 2-4 mm untuk laston pada nilai flow ini.



Gambar 6.2. Hubungan kadar aspal dengan flow (kelelehan)

Dari hasil pengujian diatas terlihat bahwa pada kadar aspal 4% nilai flownya 3,39 mm kemudian mengalami penurunan hingga mencapai minimum pada kadar aspal 5% yaitu 2,032. Hal ini terjadi karena pada kadar aspal 4%, walaupun ada bagian agregat yang tidak terselimuti aspal namun flow tinggi, fenomena ini lebih dipengaruhi oleh sifat kuncian antar batuan sehingga membentuk satu kesatuan yang kuat dan mampu menahan kelelahan akibat beban secara terus menerus. Sedangkan pada kadar aspal diatas 5%, nilai Flow terus naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hal ini terjadi karena pembebanan pada campuran benda uji menimbulkan tekanan pada susunan agregat yang dapat menyebabkan gerakan diantara agregat dan menimbulkan deformasi. Gerakan agregat ini lebih mudah terjadi dengan adanya lapisan aspal pada permukaannya, sehingga semakin tebal lapisan aspal pada permukaan agregat, deformasi yang terjadi semakin besar.

Pengaruh uji rendaman (Immersion Test) dengan kadar aspal optimum (6,875%), pada uji standar nilai flownya 3,725 yang berarti masih memenuhi spesifikasi dari Bina Marga (2 - 4). Dan pada perendaman selama 24 jam didapatkan nilai flow sebesar 3,895 yang berarti lebih tinggi dibandingkan dengan uji standar (seperti terlihat pada tabel 6.6.). Dari hasil uji rendaman di atas dapat disimpulkan bahwa lama perendaman berpengaruh terhadap nilai flow.

Nilai flow pada kadar aspal optimum dengan campuran beton aspal ini lebih besar jika dibandingkan dengan menggunakan campuran SMA+S pada kadar aspal optimum (3,33 mm). Untuk kenaikan kadar aspal sebesar 1% (5% s/d 6%) pada beton aspal terjadi kenaikan nilai flow sebesar 20,817%, sedangkan pada SMA+S (6,5% s/d 7,5%) terjadi kenaikan sebesar 52,593%. Sedangkan untuk nilai Flow pada

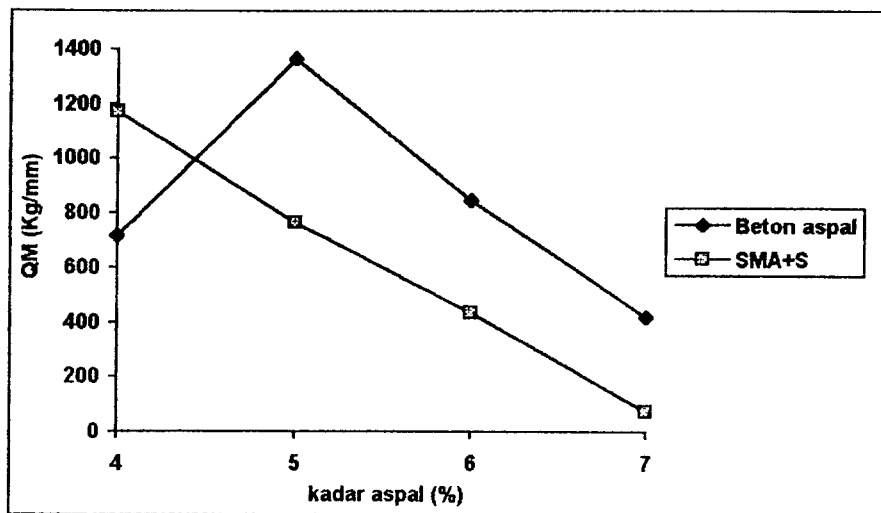
kadar aspal 4% s/d 5%, pada beton aspal terjadi penurunan nilai Flow sebesar 66,831% dan nilai Flow pada untuk kadar aspal 5,5% s/d 6,5% terjadi kenaikan sebesar 41,575%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai Flow yang lebih besar pada SMA+S (Marsudi AS dan Maman S, TA-1997) dibanding beton aspal.

6.2.3. Quotient Marshall (QM)

Nilai Quotient Marshall merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran, yang hasilnya diperoleh dari perbandingan nilai stabilitas dan Flow. Apabila campuran mempunyai nilai QM yang tinggi berarti campuran tersebut kaku. Sebaliknya bila QM kecil, campuran plastis sehingga akan mengalami deformasi yang cukup besar pada waktu menerima beban. Untuk besarnya nilai QM pada campuran aspal beton (Laston) ini oleh Bina Marga tidak ditentukan spesifikasinya.

Dari hasil pengujian menggunakan limbah baja sebagai agregat kasar pada beton aspal di atas, diperoleh nilai QM sebesar 715,3791 untuk kadar aspal 4%, dan naik menjadi 1365,6917 pada kadar aspal 5%. Hal ini disebabkan oleh kenaikan nilai stabilitas dan penurunan nilai Flow pada kadar aspal 4% s/d 5%, sehingga nilai QM akan naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal, dan mengalami maksimum pada kadar aspal 5% , karena pada kadar aspal ini nilai stabilitasnya maksimum dan nilai Flownya minimum. Pada kadar aspal 4% s/d 5% terjadi kenaikan nilai stabilitas sebesar 2,953% dan nilai Flow mengalami penurunan sebesar 66,831 dan pada kadar aspal 5% s/d 6% nilai stabilitas turun sebesar 8,912% sedangkan nilai Flow mengalami kenaikan sebesar 17,398%. Nilai QM turun pada kadar aspal 6% menjadi 843,6301 dan turun lagi menjadi 419,0087 pada kadar aspal 7%, karena adanya penurunan nilai stabilitas dan

kenaikan nilai Flow pada kadar aspal 6% s/d 7% sehingga nilai QM akan turun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. (seperti terlihat pada gambar 6.3.).



Gambar 6.3. Hubungan kadar aspal terhadap QM

Sedangkan pada uji rendaman (Immersion Test) dengan kadar aspal optimum (6,875%), pada uji standar diperoleh nilai QM sebesar 530,1171 dan perendaman 24 jam sebesar 426,3382 (seperti terlihat pada tabel 6.6.).

Hal ini terjadi karena dengan perendaman yang melebihi batas waktu standar, campuran menjadi plastis sehingga nilai flownya naik dan stabilitasnya turun.

Nilai QM pada kadar aspal optimum ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran SMA+S pada kadar aspal optimum (433,54 Kg/mm). Untuk kenaikan kadar aspal sebesar 1% (5% s/d 6%) pada beton aspal terjadi penurunan nilai QM sebesar 38,227% dan pada SMA+S (5,3% s/d 6,3%) terjadi penurunan nilai QM sebesar 42,695%. Sedangkan pada kadar aspal 4% s/d 5% pada beton aspal terjadi kenaikan nilai QM sebesar 47,618% dan pada kadar aspal 4,3% s/d 5,3% terjadi penurunan nilai QM sebesar 38,989%. Hasil ini menunjukkan penurunan nilai QM yang lebih

ajam pada SMA+S (Marsudi AS dan Maman S, TA-1997) dibanding beton aspal untuk kadar aspal 1% di atas kadar aspal maksimum.

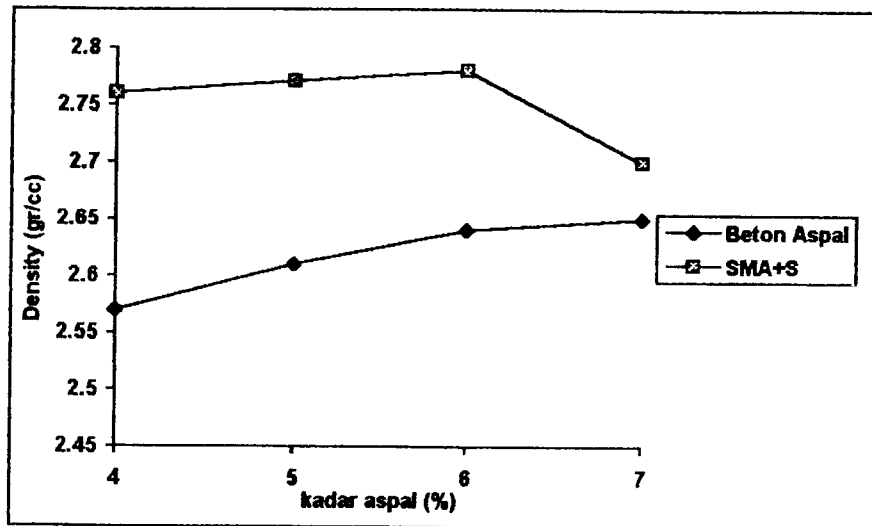
6.2.4. Density (Kepadatan)

Nilai density menunjukkan besarnya derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan density yang tinggi akan mampu menahan beban yang besar apabila dibandingkan dengan campuran kepadatan yang lebih rendah. Nilai kepadatan campuran ini dipengaruhi oleh kualitas bahan, gradasi yang sesuai dan kadar aspal yang optimum serta cara pemadatanannya. Campuran akan mempunyai kekuatan yang tinggi apabila bentuk agregat tidak beraturan, porositas agregat rendah, kadar aspal yang optimum (cukup untuk menyelimuti permukaan agregat), pemadatan pada suhu tinggi dan cara-cara pengerjaan yang benar.

Dari hasil penelitian terlihat pada kadar aspal 4% sampai 7% nilai density mengalami kenaikan dan nilai density maksimum terjadi pada kadar aspal 7% yaitu sebesar 2,6450% (seperti terlihat pada gambar 6.4.), karena kepadatan campuran semakin tinggi seiring dengan bertambahnya bahan pengisi (aspal) yang menyelimuti permukaan agregat.

Nilai density ini lebih kecil jika dibandingkan dengan campuran SMA+S (2,776 gr/cc) pada kadar aspal optimum. Untuk kenaikan kadar aspal 1% di atas maksimum (7% s/d 8%) pada beton aspal terjadi kenaikan nilai Density sebesar 0,167%, sedangkan pada SMA+S (6,2% s/d 7,2%) terjadi penurunan nilai Density sebesar 3,696%. Dan untuk kadar aspal 1% di atas kadar aspal maksimum (6% s/d 7%) pada beton aspal terjadi kenaikan 0,167% sedangkan pada SMA+S untuk kadar

aspal 5,2% s/d 6,2% terjadi kenaikan sebesar 0,191% (Marsudi AS dan Maman S, TA 1997).



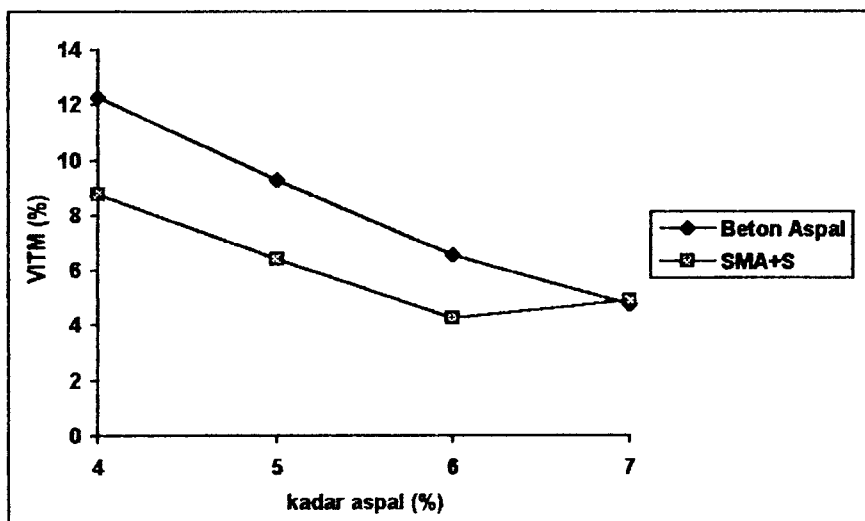
Gambar 6.4. Hubungan kadar aspal terhadap density

6.2.5. VITM (Void in The Mix)

Nilai VITM biasanya dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total. Volume rongga dalam campuran (VITM) berpengaruh terhadap kekedapan campuran. Apabila VITM besar berarti banyak rongga yang terdapat dalam campuran tersebut, sehingga campuran kurang kedap terhadap udara dan air, akibatnya aspal akan mudah teroksidasi yang berakibat terhadap kerusakan, selain itu nilai VITM juga menunjukkan nilai kekakuan campuran dimana campuran yang mempunyai nilai VITM yang kecil menunjukkan bahwa campuran tersebut mempunyai kekakuan yang tinggi. Spesifikasi nilai VITM yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah (3 - 5)%.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa semakin besar kadar aspal, maka nilai VITM semakin kecil (seperti terlihat pada gambar 6.5.). Hal ini disebabkan oleh aspal yang mampu mengisi lebih banyak rongga-rongga yang ada. Pada waktu pemadatan, aspal

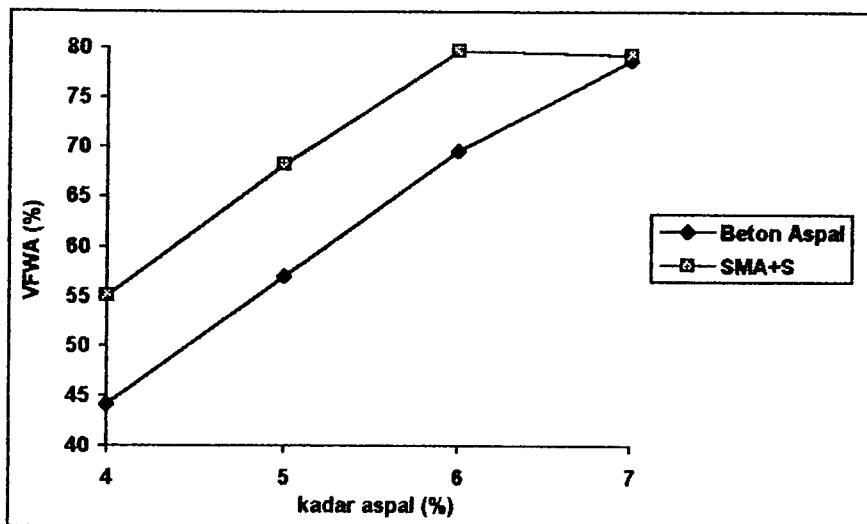
dapat merapat dan butir bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada, sehingga campuran menjadi lebih rapat dan memperkecil rongga yang terjadi. Nilai VITM terbesar terdapat pada kadar aspal 4% yaitu sebesar 12,2675% sedangkan nilai VITM yang terkecil adalah 4,7237% pada kadar aspal 7%. Dari hasil penelitian yang dilakukan, kadar aspal yang memenuhi syarat Bina Marga (3 - 5)% adalah kadar aspal 7%.



Gambar 6.5. Hubungan kadar aspal terhadap VITM

Hasil ini menunjukkan bahwa nilai VITM lebih tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan campuran SMA+S (4,56%) pada kadar aspal optimum. Untuk kenaikan kadar aspal sebesar 1% di atas kadar aspal maksimum (4% s/d 5%) pada beton aspal terjadi penurunan nilai VITM sebesar 24,339%, sedangkan pada SMA+S (5,3% s/d 6,3%) terjadi penurunan sebesar 33,511%. Dan pada kadar aspal 1% di bawah kadar aspal maksimum (3% s/d 4%) pada beton aspal terjadi penurunan sebesar 24,339% sedangkan pada SMA+S (4,3% s/d 5,3%) terjadi penurunan sebesar

sebesar 5,163%. Dan pada kadar aspal 1% dibawah maksimum pada beton aspal (6% s/d 7%) terjadi kenaikan sebesar 11,609% sedangkan pada SMA+S (5,2% s/d 6,2%) terjadi kenaikan sebesar 14,267%. Dari hasil ini terlihat adanya kenaikan nilai VFWA yang lebih tajam pada beton aspal dibanding SMA+S (Marsudi AS dan Maman S, TA-1997) pada kadar aspal 1% di atas kadar aspal maksimum.



Gambar 6.6. Hubungan kadar aspal terhadap VFWA

6.3. Modulus Kekakuan Bitumen (S bit)

Berikut ini disajikan contoh hasil perhitungan *Bitumen Stiffness* (Modulus Kekakuan Bitumen) dengan menggunakan nomogram *Van Der Poel* dan formula yang diturunkan oleh *Ullidz*. Pada penentuan nilai kekakuan aspal ini temperatur perkerasan yang digunakan adalah temperatur perkerasan rata-rata di Indonesia, yaitu 30°C. Panjang jejak roda kendaraan diambil 25cm, dengan asumsi kecepatan kendaraan 50 Km/jam.

a. Modulus kekakuan bitumen (S bit) dengan menggunakan nomogram Van Der Poel

t = waktu pembebanan (detik)

V = kecepatan kendaraan, diambil 50 Km/jam

l = panjang jejak roda, diambil 25 cm

T = temperatur rencana perkerasan, diambil 30°C.

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{3,6 l}{V} \text{ (detik)} \\
 &= \frac{0,25 \cdot 3600}{50000} \\
 &= 0,018 \text{ detik} \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

$$\text{Titik lembek aspal (Trb)} = 50,25 \text{ }^\circ\text{C} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Penetrasi aspal pada suhu 25}^\circ\text{C (Pi)} = 64,50 \text{ }^\circ\text{C} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Suhu antara (Trb - T)} = 50,25^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 20,25 \text{ }^\circ\text{C} \dots\dots\dots(4)$$

Penetration Index (PIr)

$$\begin{aligned}
 \text{PIr} &= \frac{27 \log \text{Pi} - 21,65}{76,35 \log \text{Pi} - 232,82} \\
 \text{PIr} &= \frac{27 \log 64,5 - 21,65}{76,35 \log 64,5 - 232,82} \\
 &= -0,287 \dots\dots\dots(5)
 \end{aligned}$$

Dari data (1), (4), dan (5) dengan menggunakan nomogram Van Der Poel (gambar 3.2.), maka didapat nilai kekakuan bitumen (S bit) sebesar : $7,7 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

b. Modulus kekakuan (Sbit) dengan menggunakan formula Ullidz

$$Pr = 0,65 Pi$$

$$= 0,65 \cdot 64,5$$

$$= 41,925$$

$$SPr = 98,4 - 26,35 \log Pr$$

$$= 98,4 - 26,35 \log 41,925$$

$$= 55,65$$

$$Sb = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{0,368} \times 2,718^{-Pr} \times (SPr - T)^5$$

$$= 1,157 \times 10^{-7} \times 0,018^{-0,368} \times 2,718^{-(0,287)} \times (55,65 - 30)^5$$

$$= 7,506880753 \text{ MPa}$$

$$= 7,50 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Dilihat dari kedua hasil tersebut diatas dalam mencari nilai kekakuan bitumen, baik dengan menggunakan nomogram Van Der Poel maupun dengan menggunakan rumus Ullidz didapatkan nilai yang tidak terpaut jauh.

6.4. Modulus Kekakuan Campuran (S mix)

Dalam penelitian ini dicari nilai modulus kekakuan campuran dengan menggunakan formula *Heuklomp and Klomp* dan nomogram dari *Shell*.

Contoh perhitungan :

a. Nomogram dari Shell

Sebagai contoh diambilkan sampel untuk waktu perendaman 30 menit dan kadar aspal optimum 6,875 %.

$$S \text{ bit} = 7,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$Vb = \frac{(100 - Vv) \cdot (Mb/Gb)}{(Mb/Gb) + (Ma/Ga)}$$

$$V_v = \frac{(\tau_{\max} - \tau_m) \cdot 100}{\tau_{\max}}$$

$$\tau_{\max} = \frac{100 \cdot \tau_w}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)}$$

$$\begin{aligned} M_a &= \frac{1300 - 89,375}{1300} \cdot 100 \% \\ &= 93,125 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= \frac{89,375}{1300} \cdot 100 \% \\ &= 6,875 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \frac{100 \cdot 1}{(6,875/1,062) + (93,125/3,16)} \\ &= 2,782 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_v &= \frac{(2,782 - 2,6462) \cdot 100}{2,782} \\ &= 4,8814 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{(100 - 4,8814) \cdot (6,875/1,062)}{(6,875/1,062) + (93,125/3,16)} \\ &= 17,1314 \% \end{aligned}$$

$$V_v + V_b + V_g = 100 \%$$

$$V_g = 100 \% - 4,8814 \% - 17,1314 \% = 77,9872 \%$$

Dari hasil perhitungan di atas kemudian dicari nilai kekakuan campuran dengan menggunakan nomogram *Shell* (gambar 3.3.), maka didapatkan hasil kekakuan campuran (S mix) sebesar : $7,0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.

Hasil perhitungan dari semua benda uji dapat dilihat dari tabel 6.8. berikut ini :

Tabel 6.7. Perhitungan kekakuan campuran (S mix) dari nomogram Shell :

| K. aspal | Sampel | Vv (%) | Vb (%) | Vg (%) | S mix (N/m ²) |
|---|----------|-----------|----------|----------|---------------------------|
| 4% | Slag | 12,260929 | 9,678004 | 78,06107 | $8,10 \times 10^8$ |
| 5% | Slag | 9,2837274 | 12,28312 | 78,43315 | $8,00 \times 10^8$ |
| 6% | Slag | 6,5274336 | 14,91935 | 78,55322 | $7,90 \times 10^8$ |
| 7% | Slag | 4,7190202 | 17,43473 | 77,84625 | $6,90 \times 10^8$ |
| Immersion Test Kadar Aspal Optimum | | | | | |
| 6,875% | 30 menit | 4,8813803 | 17,13139 | 77,98723 | $7,00 \times 10^8$ |
| 6,875% | 24 jam | 4,6405464 | 17,68554 | 78,27392 | $7,30 \times 10^8$ |

b. Formula Heuklomp and Klomp

$$Vv = 4,8814 \%$$

$$Vb = 17,1314 \%$$

$$Vg = 77,9872 \%$$

$$S \text{ mix} = S \text{ bit} \left[1 + \frac{2,5}{n} \times \frac{Cv}{1 - Cv} \right]^n$$

$$Cv = \frac{Vg}{Vg + Vb} = \frac{77,9872}{77,9872 + 17,1314}$$

$$= 0,8199$$

Karena harga $Vv > 3\%$, maka dicari harga Cv'

$$Cv' = \frac{Cv}{1 + 0,01 (Vv - 3)}$$

$$= \frac{0,8199}{1 + 0,01 (4,8814 - 3)} = 0,8048$$

Syarat $C_b > 2/3 (1 - C_v')$

$$C_b = \frac{V_b}{V_b + V_g} = \frac{17,1314}{17,1314 + 77,9872}$$

$$= 0,1801$$

$$2/3 (1 - 0,8048) = 0,1301 < 0,1801 \quad \text{Ok !}$$

$$n = 0,83 \log \left[\frac{4 \times 10^{10}}{S \text{ bit}} \right]$$

$$= 0,83 \log \left[\frac{4 \times 10^{10}}{7,5 \times 10^6} \right]$$

$$= 3,0934$$

$$S_{\text{mix}} = 7,5 \times 10^6 \left[1 + \frac{2,5}{3,0934} \times \frac{0,8048}{1 - 0,8048} \right]^{3,0934}$$

$$= 699214097 \text{ N/m}^2$$

$$= 6,992 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Hasil perhitungan dari semua benda uji dapat dilihat pada tabel 6.9.

BAB VII

KASIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan perhitungan yang telah diuraikan di muka, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan serangkaian percobaan terhadap agregat dan aspal, maka dapat disimpulkan bahwa aspal dan agregat yang dipergunakan dalam penelitian telah memenuhi syarat spesifikasi dari LASTON dan Bina Marga sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan penelitian konstruksi Aspal Beton.
2. Nilai stabilitas dengan menggunakan Limbah Baja (Slag) sebagai agregat kasar untuk variasi kadar aspal 4%, 5%, 6%, dan 7% pada benda uji Laston ternyata dapat memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan oleh Bina Marga yaitu diatas 750 Kg.
3. Nilai Flow (kelelehan) dengan menggunakan Limbah Baja (Slag) sebagai agregat kasar untuk variasi kadar aspal yang sama yaitu 4%, 5%, 6%, dan 7% pada benda uji Laston ternyata juga dapat memenuhi spesifikasi dari Bina Marga yaitu 2 - 4 mm.
4. Semakin besar kadar aspal akan menghasilkan nilai VITM yang semakin kecil dan ternyata nilai VITM yang memenuhi spesifikasi dari Bina Marga yaitu antara 3 - 5 % hanya pada kadar aspal 7 %.

3. Untuk penelitian yang berikutnya sebaiknya digunakan variasi kadar aspal dengan interval yang tidak terlalu jauh ($< 1\%$). sehingga diharapkan akan mendapatkan hasil yang lebih akurat.

PENUTUP

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini hingga selesai.

Penyusun menyadari bahwa dengan segala kebatasan yang ada, masih banyak materi yang belum lengkap, namun demikian penyusun berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan masukan tambahan bagi para pembaca.

Dan akhirnya, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi semuanya.

Yogyakarta, Juli 1997

Penyusun

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jenderal Bina Marga, 1976, **NORMAL PEMERIKSAAN BADAN JALAN No. 01/MN/BM/1976.**
2. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983, **PETUNJUK PELAKSANAAN LAPIS ASPAL BETON (LASTON) No. 13/PT/B/1983,** Badan Penerbit Depertemen PU, Jakarta.
3. Kerbs, R.D. and Walker, R.D., 1971, **HIGHWAY MATERIALS,** McGraw Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
4. Marsudi AS dan Maman S, 1997, **TUGAS AKHIR PENELITIAN LABORATORIUM PENGGUNAAN LIMBAH BAJA (SLAG) SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT 0/11 DENGAN BAHAN TAMBAH SERAT SELULOSA,** Yogyakarta.
5. Robert N. Hunter, 1994, **BITUMINOUS MIXTURES IN ROAD CONSTRUCTION.**
6. Shell, 1990, **SHELL BITUMEN HANDBOOK,** Shell Bitumen U.K.
7. Silvia Sukirman, 1982, **PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA,** Nova, Bandung.
8. Soeprapto TM, 1994, **BAHAN DAN STRUKTUR JALAN RAYA,** Biro Penerbit, Yogyakarta.
9. The Asphalt Institute, 1983, **PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF HOTMIX ASPHALT PAVEMENT,** Series No. 22.

LAMPIRAN

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JL. KALIURANG KM. 14,4 TELP. 895042, 895707 YOGYAKARTA

HASIL PEMERIKSAAN SOUNDNESS TEST

Tanggal 30 Mei 1997

Limbah Baja (Slag)

| Ukuran Saringan | | Berat Agregat | | Kehilangan Berat | |
|-----------------|----------|-----------------|-----------------|------------------|-----|
| Lolos | Tertahan | Sebelum di Test | Sesudah di Test | Gram | % |
| 3/4 | 3/8 | 1000 | 998 | 2,0 | 0,2 |
| 3/8 | No. 4 | 300 | 295,2 | 4,8 | 1,6 |

Batu Pecah

| Ukuran Saringan | | Berat Agregat | | Kehilangan Berat | |
|-----------------|----------|-----------------|-----------------|------------------|------|
| Lolos | Tertahan | Sebelum di Test | Sesudah di Test | Gram | % |
| 3/4 | 3/8 | 1000 | 991,5 | 8,5 | 0,85 |
| 3/8 | No. 4 | 300 | 295,5 | 4,5 | 1,5 |





LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Demangan Baru No. 24 Telepon (0274) 5490 Yogyakarta 55281

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)
A A S H T O T 96 - 77**

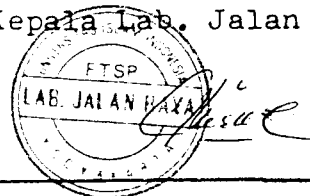
Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL (CILEGON) DKERJAKAN OLEH : 1. Andi Setyo Nugroho
Jenis Contoh : LIMBAH BAJA 2. Agus Sunarto
DI TEST TANGGAL 10-5-1997, Jam 09.30 WIB DIPERIKSA : _____
Untuk Proyek : TUGAS AKHIR

| J E N I S G R A D A S I | | B E N D A U J I | |
|---|-----------------|-------------------|----|
| S A R I N G A N | | I | II |
| L O L O S | T E R T A H A N | | |
| 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 (3/4") | | |
| 19,0 mm (3/4") | 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 (1/4") | | |
| 06,3 mm (1/4") | 4,75 mm (No 4) | | |
| 4,75 mm (No 4) | 2,36 mm (No 8) | | |
| JUMLAH BENDA UJI (A) | | | |
| JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B) | | | |
| KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$ | | 16,01 % | |

A : 5000 gr
B : 4199,5 gr

$$\text{Keausan} = \frac{5000 - 4199,5}{5000} \times 100 \%$$
$$= 16,01 \%$$

Yogyakarta, 10 MEI 1992
Kepala Lab. Jalan Raya FT. UII





LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

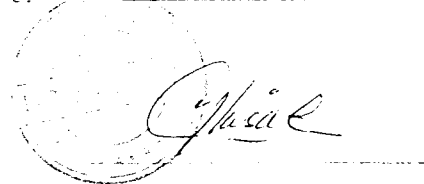
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL Diperiksa Oleh : _____
Jenis Contoh : AGREGAT KASAR (SLAG) _____
Diperiksa tgl : 31 MEI 1997 _____

| KETERANGAN | BENDA UJI | |
|--|-----------|----|
| | I | II |
| BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD) → (BJ) | 1504 gr | |
| BERAT BENDA UJI DIDALAM AIR → (BA) | 1091 gr | |
| BERAT SAMPE KERING OVEN (BK) | 1493 gr | |
| BERAT JENIS (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$ | 3,61 | |
| BERAT SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$ | 3,64 | |
| BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$ | 3,71 | |
| PENYERAPAN = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$ | 0,74 | |

Yogyakarta, 31 MEI 1997





LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

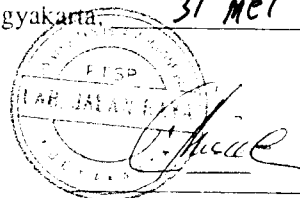
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : PT PERWITA KARYA Diperiksa Oleh : _____
Jenis Contoh : _____
Diperiksa tgl : 31 MEI 1997

| KETERANGAN | BENDA UJI | |
|---|-----------|----|
| | I | II |
| BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD) | 500 gr | |
| BERAT VICNOMETER + AIR (B) | 672 gr | |
| BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT) | 984 gr | |
| BERAT SAMPE KERING OVEN (BK) | 486 gr | |
| BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500) - BT}$ | 2,585 | |
| BERAT SSD = $\frac{5(X)}{(B + 500) - BT}$ | 2,66 | |
| BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$ | 2,793 | |
| PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100\%$ | 2,88 | |

Yogyakarta, 31 MEI 1997





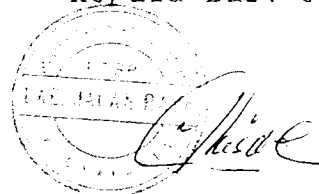
LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14.4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS ASPHAL

Contoh dari : PT Perwita Karya Diperiksa Oleh : _____
Jenis Contoh : AC 60 - 70 _____
Diperiksa Tgl : 4 JUNI 1997 _____

| No. | Urutan Pemeriksaan | Berat |
|-----|--|------------|
| 1. | Berat viconometer kosong | 26,46 gram |
| 2. | Berat viconometer + Aquadest | 76,62 gram |
| 3. | Berat air (2 - 1) | 50,16 gram |
| 4. | Berat viconometer + Asphal | 28,18 gram |
| 5. | Berat Asphal (4 - 1) | 1,72 gram |
| 6. | Berat viconometer + Asphal + Aquadest | 76,72 gram |
| 7. | Berat airnya saja (6 - 4) | 48,54 gram |
| 8. | Volume Asphal (3 - 7) | 1,62 gram |
| 9. | Berat Jenis Asphal : berat/vol (5/8) | 1,062 |

Yogyakarta, 4 Juni 1997
Kepala Lab. Jalan Raya UII.





LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

Contoh dari : PT. PERWITA KARYA Diperiksa Oleh :
Jenis Contoh : AC 60-70
Diperiksa tgl : 3 Juni 1997

| PEMANASAN SAMPEL | PEMBACAAN SUHU | PEMBACAAN WAKTU |
|---------------------------------|----------------|-----------------|
| MULAI PEMANASAN | 26°C | 10.00 WIB |
| SELESAI PEMANASAN | 160°C | 10.15 WIB |
| DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG | | |
| MULAI | 160°C | 10.15 |
| SELESAI | 26°C | 11.15 |
| DIRENDAM AIR DENGAN SUHU (25°C) | | |
| MULAI | 26°C | 11.15 |
| SELESAI | 25°C | 12.15 |
| DIPERIKSA | | |
| MULAI | 25°C | 12.17 |
| SELESAI | 25°C | 12.33 |

HASIL PENGAMATAN

| NO. | CAWAN (I) | CAWAN (II) | SKET HASIL PEMERIKSAAN |
|-----|-----------|------------|------------------------|
| 1. | 64 | 64 | |
| 2. | 67 | 62 | |
| 3. | 65 | 62.5 | |
| 4. | 66 | 65 | |
| 5. | 65 | 64.5 | |

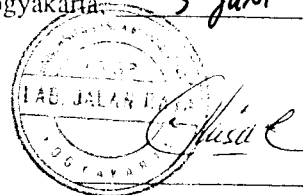
Rata-rata: 65,4

Rata-rata: 63,6

Pembeban dan jarum : 100 gram

Yogyakarta

3 Juni 1997



Lampiran 6



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

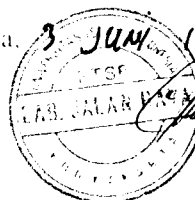
Contoh dari : PT. PERWITA KARYA Diperiksa Oleh : _____
Jenis Contoh : AC 60-70 _____
Diperiksa tgl : 3 JUNI 1997 _____

| PEMANASAN SAMPEL | PEMBACAAN SUHU | PEMBACAAN WAKTU |
|---------------------------|----------------|-----------------|
| MULAI PEMANASAN | 26°C | 10.00 WIB |
| SELESAI PEMANASAN | 160°C | 10.15 WIB |
| DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG | | |
| MULAI | 160°C | 10.15 |
| SELESAI | 26°C | 11.15 |
| DIPERIKSA | | |
| MULAI | 5°C | |
| SELESAI | 55°C | |

HASIL PENGAMATAN

| NO | SUHU YG DIAMATI | WAKTU (DETIK) | | TITIK LEMBEK | |
|-----|-----------------|-----------------|-----|--------------|--------|
| | | I | II | I | II |
| 1. | 5 | 0 | 0 | 50°C | 50,5°C |
| 2. | 10 | 60 | 60 | | |
| 3. | 15 | 121 | 121 | | |
| 4. | 20 | 183 | 183 | | |
| 5. | 25 | 240 | 240 | | |
| 6. | 30 | 296 | 296 | | |
| 7. | 35 | 353 | 353 | | |
| 8. | 40 | 415 | 415 | | |
| 9. | 45 | 477 | 477 | | |
| 10. | 50 | 540 | 540 | | |
| 11. | 55 | 604 | 604 | | |

Yogyakarta, 3 JUNI 1997



Lampiran 8



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Asal contoh : PT. PERWITA KARYA Dikerjakan Oleh : 1. ANDY. SETYO NUGROHO
Nomor Contoh Aspal : AC 60-70 2. AGUS. GUNARTO
Untuk Pekerjaan Jalan : -
Contoh Diterima tgl : _____ Diperiksa Oleh : _____
Selesai Dikerjakan tgl : 3 JUNI 1997

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDUE

| | | | |
|------------------------|--|----------|--|
| Persiapan benda Uji | Contoh dipanaskan | 15 menit | Pembacaan suhu oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$ |
| Mendinginkan benda Uji | Didiamkan pada suhu ruang | 60 menit | |
| Perendaman benda Uji | Direndam dalam Water Bath pada suhu 25°C | 60 menit | Pembacaan suhu Water Bath $\pm 25^{\circ}\text{C}$ |
| Periksaan | Daktalitas pd 25°C 5 cm per menit | 20 menit | Pembacaan suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$ |

| | |
|--|---------------------------------|
| DAKTILITAS pada 25°C 5 cm per menit | Pembacaan pengukur pada alat |
| Pengamatan I | $\geq 123 \text{ cm}$ |
| Pengamatan II | $\geq 123 \text{ cm}$ |
| Rata-rata (I + II) | $\geq 123 \text{ cm}$ |

Yogyakarta, 3 Juni 1997

Lampiran 9



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPHAL

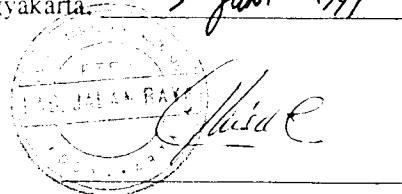
Contoh dari : PT. PERWITA KARYA Diperiksa Oleh : _____
Jenis Contoh : _____
Diperiksa tgl : 3 JUNI 1997

| PEMANASAN SAMPEL | PEMBACAAN SUHU | PEMBACAAN WAKTU |
|---------------------------|----------------|-----------------|
| MULAI PEMANASAN | 26°C | 10.00 WIB |
| SELESAI PEMANASAN | 160°C | 10.15 WIB |
| DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG | | |
| MULAI | 160°C | 10.15 |
| SELESAI | 26°C | 11.15 |
| DIPERIKSA | | |
| MULAI | 26°C | 08.35 |
| SELESAI | 26°C | 08.38 |

HASIL PENGAMATAN

| BENDA UJI | PROSEN YANG DISELIMUTI OLEH ASPHAL |
|-------------|------------------------------------|
| I | 98 % |
| Rata - rata | 98 % |
| RATA-RATA | |

Yogyakarta, 3 Juni 1997





LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

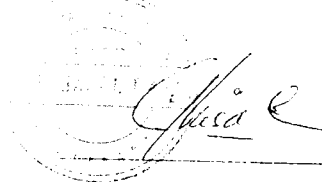
Contoh dari : PT. PERWITA KARYA
Jenis contoh : AC 60 - 70
Pekerjaan : TUGAS AKHIR
Diterima tanggal : _____
Selesai tanggal : 4 JUNI 1997

PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCL 4 (SOLUBILITY)

| Pembukaan contoh | DIPANASKAN | | Pembacaan Waktu | Pembacaan Suhu |
|--------------------|------------|-----------|-----------------|----------------|
| | Mulai | Jam | | |
| | | | 08.38 | |
| | Selesai | Jam | 08.45 | |
| PEMERIKSAAN | | | | |
| 1. Penimbangan | Mulai | 08.50 Jam | 08.50 | 26°C |
| 2. Pelarutan | Mulai | 09.05 Jam | 09.05 | 26°C |
| 3. Penyaringan | Mulai | 10.55 Jam | 10.55 | 26°C |
| | Selesai | 11.10 Jam | 11.10 | 26°C |
| 4. Di Oven | Mulai | 11.11 Jam | 11.11 | 26°C |
| 5. Penimbangan | Selesai | Jam | 11.52 | 26°C |

| | | | |
|--|---|-------|----|
| 1. Berat botol Erlenmeyer kosong | = | 73,74 | gr |
| 2. Berat erlenmeyer + aspal | = | 75,74 | gr |
| 3. Berat aspal (2 - 1) | = | 2 | gr |
| 4. Berat kertas saring bersih | = | 0,59 | gr |
| 5. Berat kertas saring + endapan | = | 0,60 | gr |
| 6. Berat endapannya saja. (5 - 4) | = | 0,01 | gr |
| 7. Persentase endapan ($\frac{6}{3} \times 100\%$) | = | 0,5 | gr |
| 8. Bitumen yang larut (100% - 7) | = | 99,5 | gr |

Yogyakarta, 4 Juni 1997



Lampiran 11



LABORATORIUM JALAN RAYA


FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

SAND EQUIVALENT DATA AASHTO T 176 - 73

No. Sample : _____ Dikerjakan Oleh : 1. ANDI SETYO MUGROHO
 Lokasi : Lab. Jalan Raya UII 2. AGUS. GUNARTO
 Ditest Tgl. : 3 JUNI 1997 Diperiksa Oleh : _____
 Selesai Tgl. : _____

| TRIAL NUMBER | | 1 | 2 | 3 |
|---|-------|--------|---|---|
| Soaking (10.1 Min) | Start | 08.33 | | |
| | Stop | 08.43 | | |
| Sedimentation Time (20 Min - 15 Sec) | Start | 08.45 | | |
| | Stop | 09.05 | | |
| Clay Reading | | 4.9 | | |
| Sand Reading | | 3.6 | | |
| SE = $\frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$ | | 73.47% | | |
| Average Sand Equivalent | | | | |
| Remark : _____ | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Yogyakarta, 3 Juni 1997
 Lampiran 12



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL (Agregat kasar), PT. PERWITA KARYA (Agregat halus)

Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR

Jenis Agregat : LIMBAH BAJA (sbg agregat kasar), BATU PECAH (sbg agregat halus)

Diterima Tgl : -

Selesai Tgl : -

Kadar aspal =
4%

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

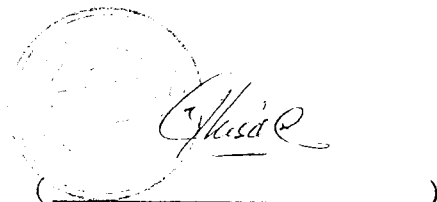
| No. Saringan | | BERAT TERTAHAN | | JUMLAH PERSEN (%) | | SPESIFIKASI | |
|--------------|---------|----------------|---------|-------------------|-------|-------------|-----|
| mm | inch | tertahan | Jumlah | tertahan | lolos | Min | Max |
| 19,1 | 3/4 | - | - | - | 100 | - | 100 |
| 12,7 | 1/2 | 124,80 | 124,80 | 10 | 90 | 80 | 100 |
| 9,52 | 3/8 | 124,80 | 249,60 | 20 | 80 | 70 | 90 |
| 4,76 | no. 4 | 249,60 | 499,20 | 40 | 60 | 50 | 70 |
| 2,38 | no. 8 | 218,40 | 717,60 | 57,5 | 42,5 | 35 | 50 |
| 0,59 | no. 30 | 237,12 | 954,72 | 76,5 | 23,5 | 18 | 29 |
| 0,279 | no. 50 | 68,64 | 1023,36 | 82 | 18 | 13 | 23 |
| 0,149 | no. 100 | 74,88 | 1098,24 | 88 | 12 | 8 | 16 |
| 0,074 | no. 200 | 62,40 | 1160,64 | 93 | 7 | 4 | 10 |
| PAN | - | 87,36 | 1248,0 | 100 | 0 | - | - |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Keterangan : _____

Tanggal : _____

Diperiksa oleh : _____

Yogyakarta, 28 MEI 1997


(_____)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL (Agregat kasar), PT. PERWITA KARYA (Agregat halus)

Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR

Jenis Agregat : LIMBAH BAJA (sbg agregat kasar), BATU PECAH (sbg agregat halus)

Diterima Tgl : -

Selesai Tgl : -

Kadar aspal :

6%

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

| No. Saringan | | BERAT TERTAHAN | | JUMLAH PERSEN (%) | | SPESIFIKASI | |
|--------------|---------|----------------|---------|-------------------|-------|-------------|-----|
| mm | inch | tertahan | Jumlah | tertahan | lolos | Min | Max |
| 19,1 | 3/4 | - | - | - | 100 | - | 100 |
| 12,7 | 1/2 | 122,2 | 122,2 | 10 | 90 | 80 | 100 |
| 9,52 | 3/8 | 122,2 | 244,4 | 20 | 80 | 70 | 90 |
| 4,76 | no. 4 | 244,4 | 488,8 | 40 | 60 | 50 | 70 |
| 2,38 | no. 8 | 213,85 | 702,65 | 57,5 | 42,5 | 35 | 50 |
| 0,59 | no. 30 | 232,18 | 934,83 | 76,5 | 23,5 | 18 | 29 |
| 0,279 | no. 50 | 67,21 | 1002,04 | 82 | 18 | 13 | 23 |
| 0,149 | no. 100 | 73,32 | 1075,36 | 88 | 12 | 8 | 16 |
| 0,074 | no. 200 | 61,1 | 1136,46 | 93 | 7 | 4 | 10 |
| PAN | - | 85,54 | 1222 | 100 | 0 | - | - |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Keterangan : _____

Tanggal : _____

Diperiksa oleh : _____

Yogyakarta, 28 MEI 1997

(_____)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL (Agregat kasar), PT. PERWITA KARYA (Agregat halus)
 Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR
 Jenis Agregat : LIMBAH BAJA (sbg agregat kasar), BATU PECAH (sbg agregat halus)
 Diterima Tgl : -
 Selesai Tgl : -

Kadar aspal :
7%

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

| No. Saringan | | BERAT TERTAHAN | | JUMLAH PERSEN (%) | | SPESIFIKASI | |
|--------------|---------|----------------|---------|-------------------|-------|-------------|-----|
| mm | inch | tertahan | Jumlah | tertahan | lolos | Min | Max |
| 19,1 | 3/4 | - | - | - | 100 | - | 100 |
| 12,7 | 1/2 | 120,9 | 120,9 | 10 | 90 | 80 | 100 |
| 9,52 | 3/8 | 120,9 | 241,8 | 20 | 80 | 70 | 90 |
| 4,76 | no. 4 | 241,8 | 483,6 | 40 | 60 | 50 | 70 |
| 2,38 | no. 8 | 211,575 | 695,175 | 57,5 | 42,5 | 35 | 50 |
| 0,59 | no. 30 | 229,71 | 924,885 | 76,5 | 23,5 | 18 | 29 |
| 0,279 | no. 50 | 66,495 | 991,38 | 82 | 18 | 13 | 23 |
| 0,149 | no. 100 | 72,54 | 1063,92 | 88 | 12 | 8 | 16 |
| 0,079 | no. 200 | 60,45 | 1124,37 | 93 | 7 | 4 | 10 |
| PAN | - | 84,63 | 1209 | 100 | 0 | - | - |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Keterangan : _____
 Tanggal : _____
 Diperiksa oleh : _____

Yogyakarta, 28 MEI 1997



([Signature])



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL (Agregat kasar), PT. PERWITA KARYA (Agregat halus)
 Pekerjaan : RESEARCH TASK
 Jenis Agregat : LIMBAH BAJA (Sbg agregat kasar), BATU PECAH (Sbg agregat halus)
 Diterima Tgl : -
 Selesai Tgl : -

Kadar aspal :

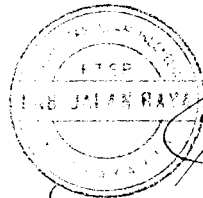
Opt. 6,875%

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

| No. Saringan | | BERAT TERTAHAN | | JUMLAH PERSEN (%) | | SPESIFIKASI | |
|--------------|---------|----------------|------------|-------------------|-------|-------------|-----|
| mm | inch | tertahan | Jumlah | tertahan | lolos | Min | Max |
| 19,1 | 3/4 | - | - | - | 100 | - | 100 |
| 12,7 | 1/2 | 121,0625 | 121,0625 | 10 | 90 | 80 | 100 |
| 9,52 | 3/8 | 121,0625 | 242,125 | 20 | 80 | 70 | 90 |
| 4,76 | NO. 4 | 242,125 | 484,25 | 40 | 60 | 50 | 70 |
| 2,38 | NO. 8 | 211,859375 | 696,109375 | 57,5 | 42,5 | 35 | 50 |
| 0,59 | NO. 30 | 230,01875 | 926,128125 | 76,5 | 23,5 | 18 | 29 |
| 0,279 | NO. 50 | 66,584375 | 992,7125 | 82 | 18 | 13 | 23 |
| 0,149 | NO. 100 | 72,6375 | 1065,35 | 88 | 12 | 8 | 16 |
| 0,074 | NO. 200 | 60,53125 | 1125,88125 | 93 | 7 | 4 | 10 |
| PAN | - | 84,74375 | 1210,625 | 100 | 0 | - | - |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Keterangan : _____
 Tanggal : _____
 Diperiksa oleh : _____

Yogyakarta, 28 MEI 1997



[Signature]

(_____)



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UJI

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

Pekerjaan / Proyek : PENELITIAN TUGAS AKHIR

Pengirim sample : PT. KRAKATAU STEEL dan PT. PERUMITA KARYA

Jenis campuran : BETON ASPAL

Tanggal :

Dikerjakan oleh : 1. ANDI SETYO NUGROHO

2. AGUS GUNARTO

Diperiksa oleh :

Kadar aspal : 4% dan 5%

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

| No. | t | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | Q _N |
|-------------|-------|--------|---|-------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|---------|-------|----------------|
| 1 | 63,25 | 4,1667 | 4 | 12,91 | 1294 | 797 | 502 | 2,5717 | 2,9285 | 9,6863 | 78,1276 | 12,1861 | 21,8824 | 44,2855 | 12,1867 | 615 | 2108,04 | 2129,12 | 2,54 | 824,5 |
| 2 | 63,28 | 4,1667 | 4 | 12,93 | 1301,5 | 798 | 503,5 | 2,5680 | 2,9286 | 9,6724 | 78,0152 | 12,3124 | 21,8898 | 43,9959 | 12,3131 | 754 | 2584,49 | 2584,49 | 3,81 | 678,5 |
| 3 | 62,78 | 4,1667 | 4 | 12,88 | 1296,5 | 795 | 501,5 | 2,5683 | 2,9286 | 9,6724 | 78,0243 | 12,9357 | 21,9757 | 44,0186 | 12,3028 | 709 | 2430,24 | 2478,84 | 3,81 | 677,1 |
| Rata-rata : | | | | | | | | 2,5690 | | | | | | 44,1 | 12,2675 | | | 2397,48 | 3,39 | 715,1 |
| 1 | 61,82 | 5,263 | 5 | 1285 | 1292 | 797 | 495 | 2,5960 | 2,8759 | 12,2220 | 78,0443 | 9,3737 | 21,9557 | 55,6666 | 9,7306 | 947 | 2560,49 | 2688,51 | 1,27 | 2016,1 |
| 2 | 62,00 | 5,263 | 5 | 1284 | 1290,5 | 800 | 490,5 | 2,6177 | 2,8759 | 12,3246 | 78,6967 | 8,9787 | 21,3033 | 57,8530 | 8,9981 | 951 | 2574,2 | 2677,17 | 1,778 | 1447,1 |
| 3 | 61,22 | 5,263 | 5 | 1287 | 1293 | 800,5 | 492,5 | 2,6132 | 2,8759 | 12,3032 | 78,5614 | 9,1354 | 21,4386 | 57,3081 | 9,1345 | 563 | 1929,8 | 2045,58 | 3,048 | 633,1 |
| Rata-rata : | | | | | | | 2,6090 | | | | | | | 56,9692 | 9,2817 | | | 2470,42 | 2,032 | 1365,1 |

Lampiran

- t = tebal benda uji
- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = berat kering/sebelum direndam
- d = berat dalam keadaan SSD. (gr)
- e = berat didalam air (gr)
- f = Vol (isi) = d - c
- g = berat isi sample = $\frac{c}{f}$

h = B.J. maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left(\frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J. Aspal}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J. aspal}} \right) \right\}$$

i = $\frac{b \times g}{\text{B.J. aspal}}$

j = $\frac{(100 \cdot b) \cdot g}{\text{B.J. agregat}}$

k # = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat.

m = $\left(100 \times \frac{l}{1} \right)$ rongga yang terisi aspal (VFWA)

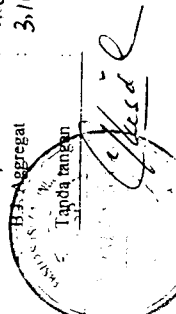
N = rongga yang terisi campuran $100 - \left(100 \times \frac{G}{H} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring

q = p x koefisi: tebal sample (STABILITAS)

- r = FLOW (kelelahan plastis)
- s = Suhu pencampuran : ± 160 °C
- t = Suhu pemadatan : ± 140 °C
- u = Suhu waterbath : 60 °C
- v = B.J. Aspal : 1,062
- w = B.J. Agregat : 3,16





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

Pekerjaan / Proyek : RENOVASI JALAN
 Pengirim sample : PT. KRAKATAU STEEL DAN PT. PERWITA KARYA
 Jenis campuran : BETON ASPAL
 Tanggal :

Dikerjakan oleh : 1. ANDI SETYO NUGROHO
2. ALFUS GUNARTO
 Diperiksa oleh :

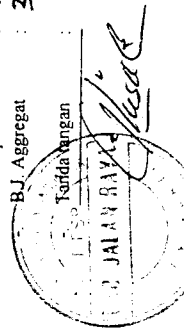
PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Kadar aspal : 6 % dan 7 %

| No. | t | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r |
|-----------|-------|--------|---|------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|-----|---------|---------|-------|
| 1 | 60,45 | 6,3830 | 6 | 1278 | 1281 | 798,5 | 482,5 | 2,6487 | 2,8251 | 14,9644 | 78,7904 | 6,2452 | 21,2096 | 70,5598 | 6,2440 | 604 | 2070,33 | 2256,66 | 2,54 |
| 2 | 60,78 | 6,3830 | 6 | 1284 | 1286,5 | 800 | 486,5 | 2,6393 | 2,8251 | 14,9111 | 78,5108 | 6,5781 | 21,4892 | 69,3888 | 6,5768 | 697 | 2389,11 | 2580,24 | 2,54 |
| 3 | 60,62 | 6,3830 | 6 | 1284 | 1287 | 799,5 | 487,5 | 2,6338 | 2,8251 | 14,8805 | 78,3472 | 6,7723 | 21,6528 | 68,2232 | 6,7714 | 517 | 1772,12 | 1913,89 | 2,286 |
| Rata-rata | = | | | | | | | 2,6406 | | | | | | 69,5556 | 6,5307 | | | 2220,26 | 2,46 |
| 1 | 60,15 | 7,5269 | 7 | 1273 | 1274 | 794 | 480 | 2,6521 | 2,7761 | 17,9809 | 78,0523 | 4,4669 | 21,9477 | 79,6980 | 4,4647 | 554 | 1898,95 | 2069,85 | 3,586 |
| 2 | 60,65 | 7,5269 | 7 | 1273 | 1273 | 793 | 480 | 2,6521 | 2,7761 | 17,9809 | 78,0523 | 4,4669 | 21,9477 | 79,6980 | 4,4667 | 391 | 1340,23 | 1494,25 | 3,302 |
| 3 | 61,28 | 7,5269 | 7 | 1273 | 1293 | 801,5 | 491,5 | 2,6308 | 2,7761 | 17,9340 | 77,9225 | 5,2435 | 22,5975 | 76,7756 | 5,2376 | 423 | 1449,92 | 1536,91 | 4,572 |
| Rata-rata | = | | | | | | | 2,6450 | | | | | | 78,6905 | 4,7237 | | | 1693,91 | 3,81 |

- t = tebal benda uji
- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = berat kering/sebelum direndam
- d = berat dalam keadaan SSD. (gr)
- e = berat didalam air (gr)
- f = Vol (isi) = d - e
- g = berat isi sample = $\frac{c}{f}$
- h = B.J. maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left(\frac{\% \text{ aggr}}{B.J. \text{ Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{B.J. \text{ aspal}} \right) \right\}$$
- i = $\frac{b \times g}{B.J. \text{ aspal}}$
- j = $\frac{(100 - b) \times g}{B.J. \text{ agregat}}$
- k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga
- l = (100-j) rongga terhadap agregat
- m = $\left(100 \times \frac{i}{l} \right)$ rongga yang terisi aspal (VFWA)
- N = rongga yang terisi campuran $100 - \left(100 \times \frac{G}{H} \right)$
- o = pembacaan arloji (stabilitas)
- p = o x kalibrasi proving ring
- q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS)
- r = FLOW (kelelahan plastis)
- s = Suhu pencampuran : ± 160 °C
- t = Suhu pemadatan : ± 140 °C
- u = Suhu waterbath : 60 °C
- v = B.J. Aspal : 1,062
- w = B.J. Agregat : 3,16





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

Pekerjaan / Proyek : PENELITIAN TUGAS AKHIR
 Pengirim sample : PT. KRAKATAS STEEL dan PT. PERWITA KARJA
 Jenis campuran : BETON ASPHAL
 Tanggal :
 Dikerjakan oleh : 1. ANDI SETYO NUGROHO
 2. ABUS GUNARDO
 Diperiksa oleh :

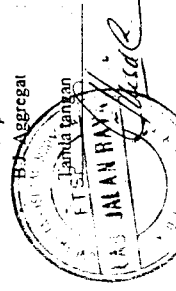
PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Kadar aspal optimum : 6,875%

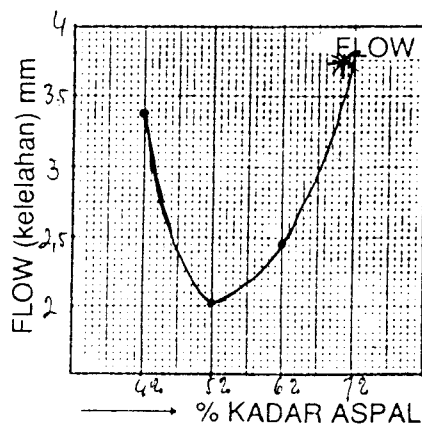
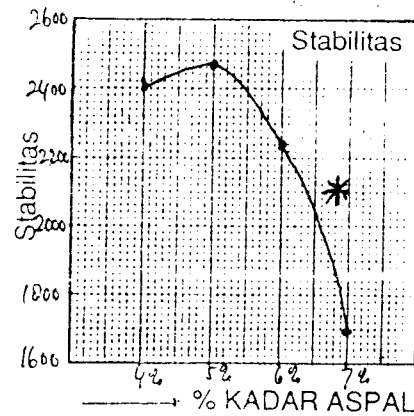
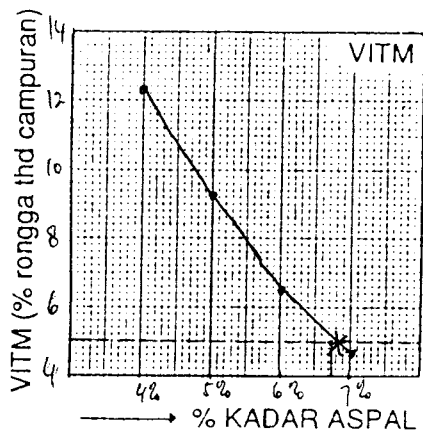
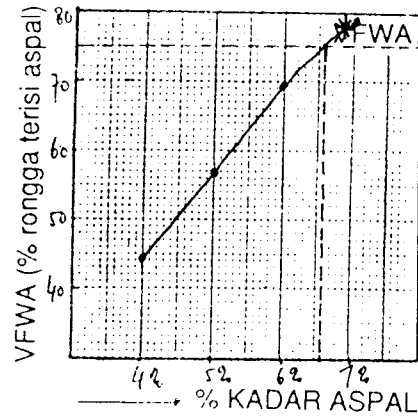
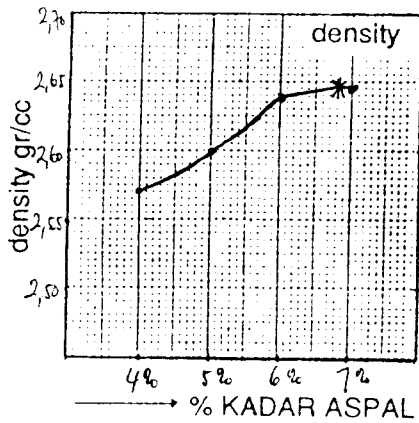
| No. | t | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | QM |
|--------------------|-------|--------|-------|---------|---------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|-----|----------|----------|-------|--------|
| 1 | 60,55 | 7,3826 | 6,875 | 12,81 | 12,81 | 796,5 | 484,5 | 2,6440 | 2,7821 | 17,1163 | 77,9165 | 4,9652 | 22,0815 | 77,5142 | 4,9639 | 552 | 1892,09 | 2097,596 | 3,098 | 620,7 |
| 2 | 60,47 | 7,3826 | 6,875 | 12,83 | 12,84 | 798,5 | 485,5 | 2,6426 | 2,7821 | 17,1022 | 77,8972 | 5,0156 | 22,1228 | 77,3289 | 5,0142 | 578 | 1981,211 | 2140,535 | 3,81 | 520,0 |
| 3 | 60,05 | 7,3826 | 6,875 | 12,77 | 12,77,5 | 796 | 481,5 | 2,6521 | 2,7821 | 17,1682 | 78,1572 | 4,6741 | 21,8428 | 78,6012 | 4,6727 | 606 | 2032,186 | 2122,624 | 4,78 | 481,05 |
| <i>Rata-rata =</i> | | | | | | | | 2,6462 | | | | | | 77,8146 | 4,8836 | | | 2103,598 | 3,725 | 540,5 |
| 4 | 60,15 | 7,3826 | 6,875 | 12,78,5 | 12,79,5 | 797,5 | 482 | 2,6525 | 2,7921 | 17,1713 | 78,169 | 4,6597 | 21,831 | 78,6576 | 4,6587 | 566 | 1940,038 | 2123,779 | 3,302 | 587,59 |
| 5 | 60,33 | 7,3826 | 6,875 | 12,80,5 | 12,80,5 | 799 | 481,5 | 2,6544 | 2,7921 | 17,2166 | 78,3223 | 4,9117 | 21,6277 | 78,6016 | 4,9103 | 528 | 1869,826 | 1971,014 | 3,810 | 475,01 |
| 6 | 60,58 | 7,3826 | 6,875 | 12,79,5 | 12,79,5 | 799 | 481,5 | 2,6469 | 2,7921 | 17,1751 | 78,004 | 4,8609 | 21,996 | 77,901 | 4,8996 | 556 | 1905,801 | 2086,257 | 4,572 | 416,89 |
| <i>Rata-rata =</i> | | | | | | | 2,6519 | | | | | | | 78,7194 | 4,6427 | | | 2060,35 | 3,895 | 493,13 |

*Ket: No 1, 2 dan 3 = perendaman selama 30 menit
 No 4, 5 dan 6 = perendaman selama 29 jam*

- t = tebal benda uji
- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = berat kering/sebelum direndam
- d = berat dalam keadaan SSD. (gr)
- e = berat didalam air (gr)
- f = Vol (isi) = $d - c$
- g = berat isi sample = $\frac{c}{f}$
- h = B.J. maksimum (teoritis)
- i = $100 \cdot \left(\frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J. Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J. aspal}} \right)$
- j = $\frac{b \cdot X \cdot g}{\text{B.J. aspal}}$
- k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga
- l = (100-j) rongga terhadap agregat
- m = $\left(100 \times \frac{l}{k} \right)$ rongga yang terisi aspal (VFWA)
- n = rongga yang terisi campuran $100 - \left(100 \times \frac{G}{H} \right)$
- o = pembacaan arloji (stabilitas)
- p = o x kalibrasi proving ring
- q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS)
- r = FLOW (kelelahan plastis)
- Suhu pencampuran : ± 160°C
- Suhu pemadatan : ± 140°C
- Suhu waterbath : 60°C
- B.J. Aspal : 1,062
- B.J. Agregat : 3,16



GRAFIK III :KADAR ASPAL DESIGN



| Spec | % Kadar aspal |
|--------------|---------------|
| 1. density | 4% - 7% |
| 2. VFWA | 4% - 7% |
| 3. VITM | 4% - 7% |
| 4. Stability | 4% - 7% |
| 5. Flow | 4% - 7% |

Kadar Aspla Design = 6,875 % (a)

6,875 %

$$\text{Kadar Aspal terhadap Campuran} = \frac{(a)}{100 + a} \times 100 \% = 6,133\%$$

Ket : * = Kadar aspal optimum

Diperiksa: Lampiran 15

TABEL ANGKA KOREKSI STABILITAS

| ISI BENDA UJI (Cm ³) | TEBAL BENDA UJI | | |
|-------------------------------------|-----------------|---------|---------------|
| | INCHI | (MM) | ANGKA KOREKSI |
| 200 - 213 | 1,00 | 25,5 mm | 5,53 |
| 214 - 225 | 1 1/16 | 27,0 mm | 5,00 |
| 226 - 237 | 1 1/8 | 28,6 mm | 4,55 |
| 236 - 250 | 1 3/16 | 30,2 mm | 4,17 |
| 251 - 264 | 1 1/4 | 31,8 mm | 3,85 |
| 265 - 276 | 1 5/16 | 33,3 mm | 3,57 |
| 277 - 289 | 1 3/8 | 34,9 mm | 3,33 |
| 290 - 301 | 1 7/16 | 36,5 mm | 3,08 |
| 302 - 316 | 1 1/2 | 38,1 mm | 2,78 |
| 317 - 328 | 1 9/16 | 39,7 mm | 2,50 |
| 329 - 340 | 1 5/8 | 41,3 mm | 2,27 |
| 341 - 353 | 1 11/16 | 42,9 mm | 2,08 |
| 354 - 367 | 1 3/4 | 44,4 mm | 1,92 |
| 368 - 379 | 1 13/16 | 46,0 mm | 1,79 |
| 380 - 392 | 1 7/8 | 47,6 mm | 1,67 |
| 393 - 405 | 1 15/16 | 49,2 mm | 1,56 |
| 406 - 420 | 2,00 | 50,8 mm | 1,47 |
| 421 - 431 | 2 1/16 | 52,4 mm | 1,39 |
| 432 - 443 | 2 1/8 | 54,4 mm | 1,32 |
| 444 - 456 | 2 3/16 | 55,6 mm | 1,25 |
| 457 - 470 | 2 1/4 | 57,2 mm | 1,19 |
| 471 - 482 | 2 5/16 | 58,7 mm | 1,14 |
| 483 - 495 | 2 3/8 | 60,3 mm | 1,09 |
| 496 - 508 | 2 7/16 | 61,9 mm | 1,04 |
| 509 - 522 | 2 1/2 | 63,5 mm | 1,00 |
| 523 - 535 | 2 9/16 | 64,0 mm | 0,96 |
| 536 - 546 | 2 5/8 | 65,1 mm | 0,93 |
| 547 - 559 | 2 11/16 | 66,7 mm | 0,89 |
| 560 - 573 | 2 3/4 | 68,3 mm | 0,86 |
| 574 - 585 | 2 13/16 | 71,4 mm | 0,83 |
| 586 - 598 | 2 7/8 | 73,0 mm | 0,81 |
| 599 - 610 | 2 15/16 | 74,6 mm | 0,78 |
| 611 - 625 | 3,00 | 76,2 mm | 0,73 |

KALI BRASI PROPING RING MARSHAL TEST (KG)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 100 | 342.77 | 346.1977 | 349.6254 | 353.0531 | 356.4808 | 359.9085 | 363.3362 | 366.7639 | 370.1916 | 373.6193 |
| 110 | 408.8179 | 380.4747 | 383.9024 | 387.3301 | 390.7578 | 394.1855 | 397.6132 | 401.0409 | 404.4686 | 407.8963 |
| 120 | 443.8875 | 414.7517 | 418.1794 | 421.6071 | 425.0348 | 428.4625 | 431.8902 | 435.3179 | 438.7456 | 442.1733 |
| 130 | 478.9572 | 449.0287 | 452.4564 | 455.8841 | 459.3118 | 462.7395 | 466.1672 | 469.5949 | 473.0226 | 476.4503 |
| 140 | 514.0269 | 483.3057 | 486.7334 | 490.1611 | 493.5888 | 497.0165 | 500.4442 | 503.8719 | 507.2996 | 510.7273 |
| 150 | 549.0965 | 517.5827 | 521.0104 | 524.4381 | 527.8658 | 531.2935 | 534.7212 | 538.1489 | 541.5766 | 545.0043 |
| 160 | 584.1662 | 551.8597 | 555.2874 | 558.7151 | 562.1428 | 565.5705 | 568.9982 | 572.4259 | 575.8536 | 579.2813 |
| 170 | 619.2359 | 586.1367 | 589.5644 | 592.9921 | 596.4198 | 599.8475 | 603.2752 | 606.7029 | 610.1306 | 613.5583 |
| 180 | 654.3056 | 620.4137 | 623.8414 | 627.2691 | 630.6968 | 634.1245 | 637.5522 | 640.9799 | 644.4076 | 647.8353 |
| 190 | 689.3753 | 654.6907 | 658.1184 | 661.5461 | 664.9738 | 668.4015 | 671.8292 | 675.2569 | 678.6846 | 682.1123 |
| 200 | 724.4450 | 688.9677 | 692.3954 | 695.8231 | 699.2508 | 702.6785 | 706.1062 | 709.5339 | 712.9616 | 716.3893 |
| 210 | 759.5147 | 723.2447 | 726.6724 | 730.1001 | 733.5278 | 736.9555 | 740.3832 | 743.8109 | 747.2386 | 750.6663 |
| 220 | 794.5844 | 757.5217 | 760.9494 | 764.3771 | 767.8048 | 771.2325 | 774.6602 | 778.0879 | 781.5156 | 784.9433 |
| 230 | 829.6541 | 791.7987 | 795.2264 | 798.6541 | 802.0818 | 805.5095 | 808.9372 | 812.3649 | 815.7926 | 819.2203 |
| 240 | 864.7238 | 826.0757 | 829.5034 | 832.9311 | 836.3588 | 839.7865 | 843.2142 | 846.6419 | 850.0696 | 853.4973 |
| 250 | 899.7935 | 860.3527 | 863.7804 | 867.2081 | 870.6358 | 874.0635 | 877.4912 | 880.9189 | 884.3466 | 887.7743 |
| 260 | 934.8632 | 894.6297 | 898.0574 | 901.4851 | 904.9128 | 908.3405 | 911.7682 | 915.1959 | 918.6236 | 922.0513 |
| 270 | 969.9329 | 928.9067 | 932.3344 | 935.7621 | 939.1898 | 942.6175 | 946.0452 | 949.4729 | 952.9006 | 956.3283 |
| 280 | 1005.0026 | 963.1837 | 966.6114 | 970.0391 | 973.4668 | 976.8945 | 980.3222 | 983.7499 | 987.1776 | 990.6053 |
| 290 | 1040.0723 | 997.4607 | 1000.888 | 1004.316 | 1007.744 | 1011.172 | 1014.599 | 1018.027 | 1021.455 | 1024.882 |
| 300 | 1075.1420 | 1031.738 | 1035.165 | 1038.593 | 1042.021 | 1045.449 | 1048.876 | 1052.304 | 1055.732 | 1059.159 |
| 310 | 1110.2117 | 1066.015 | 1069.442 | 1072.87 | 1076.298 | 1079.726 | 1083.153 | 1086.581 | 1090.009 | 1093.436 |
| 320 | 1145.2814 | 1100.292 | 1103.719 | 1107.147 | 1110.575 | 1114.003 | 1117.43 | 1120.858 | 1124.286 | 1127.713 |
| 330 | 1180.3511 | 1134.569 | 1137.996 | 1141.424 | 1144.852 | 1148.28 | 1151.707 | 1155.135 | 1158.563 | 1161.99 |
| 340 | 1215.4208 | 1168.846 | 1172.273 | 1175.701 | 1179.129 | 1182.557 | 1185.984 | 1189.412 | 1192.84 | 1196.267 |
| 350 | 1250.4905 | 1203.123 | 1206.55 | 1209.978 | 1213.406 | 1216.834 | 1220.261 | 1223.689 | 1227.117 | 1230.544 |
| 360 | 1285.5602 | 1237.4 | 1240.827 | 1244.255 | 1247.683 | 1251.111 | 1254.538 | 1257.966 | 1261.394 | 1264.821 |
| 370 | 1320.6299 | 1271.677 | 1275.104 | 1278.532 | 1281.96 | 1285.388 | 1288.815 | 1292.243 | 1295.671 | 1299.098 |
| 380 | 1355.6996 | 1305.954 | 1309.381 | 1312.809 | 1316.237 | 1319.665 | 1323.092 | 1326.52 | 1329.948 | 1333.375 |
| 390 | 1390.7693 | 1340.231 | 1343.658 | 1347.086 | 1350.514 | 1353.942 | 1357.369 | 1360.797 | 1364.225 | 1367.652 |
| 400 | 1425.8390 | 1374.508 | 1377.935 | 1381.363 | 1384.791 | 1388.219 | 1391.646 | 1395.074 | 1398.502 | 1401.929 |
| 410 | 1460.9087 | 1408.785 | 1412.212 | 1415.64 | 1419.068 | 1422.496 | 1425.923 | 1429.351 | 1432.779 | 1436.206 |
| 420 | 1495.9784 | 1443.062 | 1446.489 | 1449.917 | 1453.345 | 1456.773 | 1460.2 | 1463.628 | 1467.056 | 1470.483 |
| 430 | 1531.0481 | 1477.339 | 1480.766 | 1484.194 | 1487.622 | 1491.05 | 1494.477 | 1497.905 | 1501.333 | 1504.76 |
| 440 | 1566.1178 | 1511.616 | 1515.043 | 1518.471 | 1521.899 | 1525.327 | 1528.754 | 1532.182 | 1535.61 | 1539.037 |
| 450 | 1601.1875 | 1545.893 | 1549.32 | 1552.748 | 1556.176 | 1559.604 | 1563.031 | 1566.459 | 1569.887 | 1573.314 |
| 460 | 1636.2572 | 1580.17 | 1583.597 | 1587.025 | 1590.453 | 1593.881 | 1597.308 | 1600.736 | 1604.164 | 1607.591 |
| 470 | 1671.3269 | 1614.447 | 1617.874 | 1621.302 | 1624.73 | 1628.158 | 1631.585 | 1635.013 | 1638.441 | 1641.868 |
| 480 | 1706.3966 | 1648.724 | 1652.151 | 1655.579 | 1659.007 | 1662.435 | 1665.862 | 1669.29 | 1672.718 | 1676.145 |
| 490 | 1741.4663 | 1683.001 | 1686.428 | 1689.856 | 1693.284 | 1696.712 | 1700.139 | 1703.567 | 1706.995 | 1710.422 |
| 500 | 1776.5360 | 1717.278 | 1720.705 | 1724.133 | 1727.561 | 1730.989 | 1734.416 | 1737.844 | 1741.272 | 1744.699 |
| 510 | 1811.6057 | 1751.555 | 1754.982 | 1758.41 | 1761.838 | 1765.266 | 1768.693 | 1772.121 | 1775.549 | 1778.976 |
| 520 | 1846.6754 | 1785.832 | 1789.259 | 1792.687 | 1796.115 | 1799.543 | 1802.97 | 1806.398 | 1809.826 | 1813.253 |
| 530 | 1881.7451 | 1820.109 | 1823.536 | 1826.964 | 1830.392 | 1833.82 | 1837.247 | 1840.675 | 1844.103 | 1847.53 |
| 540 | 1916.8148 | 1854.386 | 1857.813 | 1861.241 | 1864.669 | 1868.097 | 1871.524 | 1874.952 | 1878.38 | 1881.807 |
| 550 | 1951.8845 | 1888.663 | 1892.09 | 1895.518 | 1898.946 | 1902.374 | 1905.801 | 1909.229 | 1912.657 | 1916.084 |
| 560 | 1986.9542 | 1922.94 | 1926.367 | 1929.795 | 1933.223 | 1936.651 | 1940.078 | 1943.506 | 1946.934 | 1950.361 |
| 570 | 2022.0239 | 1957.217 | 1960.644 | 1964.072 | 1967.5 | 1970.928 | 1974.355 | 1977.783 | 1981.211 | 1984.638 |
| 580 | 2057.0936 | 1991.494 | 1994.921 | 1998.349 | 2001.777 | 2005.205 | 2008.632 | 2012.06 | 2015.488 | 2018.915 |
| 590 | 2092.1633 | 2025.771 | 2029.198 | 2032.626 | 2036.054 | 2039.482 | 2042.909 | 2046.337 | 2049.765 | 2053.192 |
| 600 | 2127.2330 | 2060.048 | 2063.475 | 2066.903 | 2070.331 | 2073.759 | 2077.186 | 2080.614 | 2084.042 | 2087.469 |
| 610 | 2162.3027 | 2094.325 | 2097.752 | 2101.18 | 2104.608 | 2108.036 | 2111.463 | 2114.891 | 2118.319 | 2121.746 |
| 620 | 2197.3724 | 2128.602 | 2132.029 | 2135.457 | 2138.885 | 2142.313 | 2145.74 | 2149.168 | 2152.596 | 2156.023 |
| 630 | 2232.4421 | 2162.879 | 2166.306 | 2169.734 | 2173.162 | 2176.59 | 2180.017 | 2183.445 | 2186.873 | 2190.3 |
| 640 | 2267.5118 | 2197.156 | 2200.583 | 2204.011 | 2207.439 | 2210.867 | 2214.294 | 2217.722 | 2221.15 | 2224.577 |
| 650 | 2302.5815 | 2231.433 | 2234.86 | 2238.288 | 2241.716 | 2245.144 | 2248.571 | 2252.0 | 2255.427 | 2258.854 |
| 660 | 2337.6512 | 2265.71 | 2269.137 | 2272.565 | 2275.993 | 2279.421 | 2282.848 | 2286.276 | 2289.704 | 2293.131 |
| 670 | 2372.7209 | 2299.987 | 2303.414 | 2306.842 | 2310.27 | 2313.698 | 2317.125 | 2320.553 | 2323.981 | 2327.408 |
| 680 | 2407.7906 | 2334.264 | 2337.691 | 2341.119 | 2344.547 | 2347.975 | 2351.402 | 2354.83 | 2358.258 | 2361.685 |
| 690 | 2442.8603 | 2368.541 | 2371.968 | 2375.396 | 2378.824 | 2382.252 | 2385.679 | 2389.107 | 2392.535 | 2395.962 |
| 700 | 2477.9300 | 2402.818 | 2406.245 | 2409.673 | 2413.101 | 2416.529 | 2419.956 | 2423.384 | 2426.812 | 2430.239 |
| 710 | 2512.9997 | 2437.095 | 2440.522 | 2443.95 | 2447.378 | 2450.805 | 2454.233 | 2457.661 | 2461.089 | 2464.516 |
| 720 | 2548.0694 | 2471.372 | 2474.799 | 2478.227 | 2481.655 | 2485.083 | 2488.51 | 2491.938 | 2495.366 | 2498.793 |
| 730 | 2583.1391 | 2505.649 | 2509.076 | 2512.504 | 2515.932 | 2519.36 | 2522.787 | 2526.215 | 2529.643 | 2533.07 |
| 740 | 2618.2088 | 2539.926 | 2543.353 | 2546.781 | 2550.209 | 2553.637 | 2557.064 | 2560.492 | 2563.92 | 2567.347 |
| 750 | 2653.2785 | 2574.203 | 2577.63 | 2581.058 | 2584.486 | 2587.914 | 2591.341 | 2594.769 | 2598.197 | 2601.624 |
| 760 | 2688.3482 | 2608.48 | 2611.907 | 2615.335 | 2618.763 | 2622.191 | 2625.618 | 2629.045 | 2632.474 | 2635.901 |
| 770 | 2723.4179 | 2642.757 | 2646.184 | 2649.612 | 2653.04 | 2656.468 | 2659.895 | 2663.323 | 2666.751 | 2670.178 |
| 780 | 2758.4876 | 2677.034 | 2680.461 | 2683.889 | 2687.317 | 2690.745 | 2694.172 | 2697.6 | 2701.028 | 2704.455 |
| 790 | 2793.5573 | 2711.311 | 2714.738 | 2718.166 | 2721.594 | 2725.022 | 2728.449 | 2731.877 | 2735.305 | 2738.732 |
| 800 | 2828.6270 | 2745.588 | 2749.015 | 2752.443 | 2755.871 | 2759.299 | 2762.726 | 2766.154 | 2769.582 | 2773.009 |

JAWABAN TUGAS DARI
BP. IR. H. WARDHANI SARTONO, MSc

Oleh:

ANDI SETYO NUGROHO
No. Mhs. : 91310071

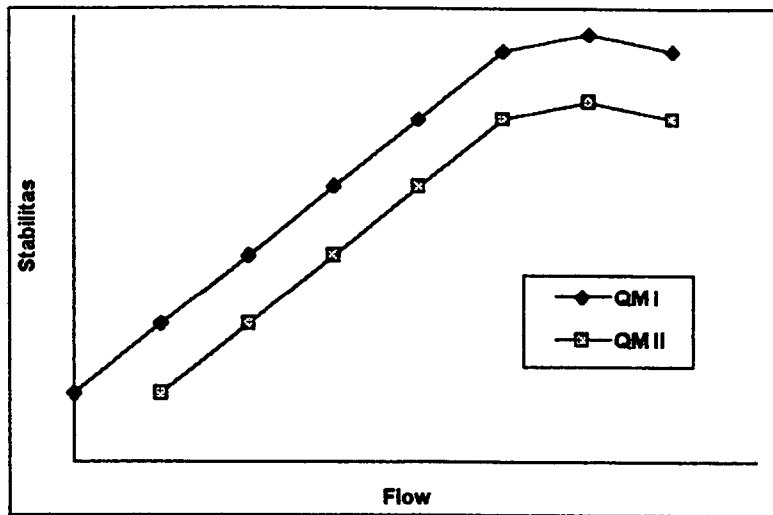
AGUS GUNARTO
No. Mhs. : 89310006

Dec 26/97 *A*

Konsultasi ke Pembimbing T

TA Bulet digital

HW 26/9/97



I. Pengaruh Quotient Marshall (tingkat kekakuan) terhadap klasifikasi jalan

1. Quotient Marshall Tinggi (QM I), digunakan untuk klasifikasi jalan yang melayani angkutan kendaraan-kendaraan berat dengan berat tekanan gandar 7 ton keatas yang menyebabkan lendutan yang besar, tetapi volume lalulintasnya rendah, sehingga diperlukan tingkat kekakuan jalan yang tinggi serta tahan terhadap alur (rutting).

2. Quotient Marshall yang lebih rendah (QM II), digunakan untuk klasifikasi jalan yang melayani angkutan kendaraan dengan beban gandar yang lebih rendah (3,5 - 7 ton), tetapi volume lalulintasnya besar, sehingga diperlukan perkerasan yang tahan terhadap retak serta beban berulang akibat kepadatan lalulintas.

II. Keuntungan dan kerugian lapis perkerasan Beton Aspal dan SMA+S.

1. Beton Aspal

Keuntungan :

- Mempunyai stabilitas tinggi, karena kontak antar agregatnya baik, sehingga terjadi sifat kunci yang tinggi.

- Kedap terhadap air, karena mempunyai tingkat permeabilitas yang cukup akibat gradasi yang rapat.
- Mempunyai kepadatan yang tinggi, karena menggunakan agregat bergradasi menerus dengan perbandingan ukuran agregat kasar dan halus yang seimbang, sehingga agregat bisa saling mengisi.

Kerugian :

- Ketahanan terhadap temperatur lebih rendah daripada SMA+S, karena pada SMA+S terdapat serat selulosa yang dapat mempertinggi titik lembek aspal, sehingga SMA+S lebih tahan terhadap temperatur yang tinggi.

b. SMA+S

Keuntungan :

- Tahan terhadap temperatur yang tinggi, disebabkan pengaruh serat selulosa yang dapat meningkatkan titik lembek aspal.
- Ikatan antar agregat dan aspalnya tinggi akibat pengaruh serat selulosa yang dapat memperkuat ikatan antara agregat dan aspal, sehingga lebih tahan terhadap proses penuaan.
- Lebih lentur, akibat penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VITM yang kecil.

Kerugian :

- Membutuhkan lebih banyak aspal, karena mempunyai rongga yang besar, sehingga perkerasan ini mempunyai stabilitas yang kurang.
- Pelaksanaannya lebih sukar karena aspalnya menjadi lebih kental.
- Harga lebih mahal karena tambahan serat selulosa.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km 14,4, Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

nomor : 615/C.08.03/JTS/IV/97 Yogyakarta, 28 April 1997
lamp. : -
sifat : BIMBINGAN TUGAS AKHIR.

Kepada Yth. :
Bapak *Ir. H. Wardhani S., MSc*
di -
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : **Andi Setyo Nugroho**
No. Mhs. : **91 310 071**
N.I.R.M. : **91 0051013114120 069**
Bidang Studi : **Transportasi**
Semester : **Genap**
Tahun Akademi : **1996-1997**
2. Nama : **Agus Gunarto**
No. Mhs. : **89 310 006**
N.I.R.M. : **89 0051013114120 007**
Bidang Studi : **Transportasi**
Semester : **Genap**
Tahun Akademi : **1996-1997**

Dapat diberikan petunjuk - petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.
Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok, dengan dosen Pembimbing sbb. :

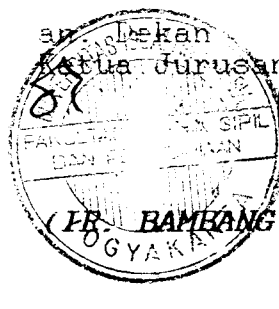
Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Wardhani S., MSc**
Dosen Pembimbing II : **Ir. Subarkah. MT**

Dengan mengambil topik:

Penelitian Laboratorium Penggunaan Limbah Baja (SLAG) sebagai Agregat Kasar pada Beton Aspal.

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

an. Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil.

(**IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE.**)

Tembusan Kepada Yth. :
- Mahasiswa ybs.
- Arsip.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

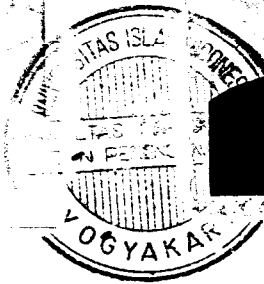
| No. | Nama | No. Mhs. | N.I.R.M. | Bidang Studi |
|-----|--------------------|----------|----------|--------------|
| 1. | Andi Setyo Nugroho | 91310071 | | Transportasi |
| 2. | Agus Gunarto | 89310006 | | Transportasi |

Dosen Pembimbing I : : Ir. H. Wardhani S., MSc
Dosen Pembimbing II : : Ir. Subarkah, MT
1 2

Yogyakarta, 28 April 1997
An. Dekan,

[Signature]
Ketua Jurusan Teknik Sipil.

[Signature]
IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE



CATATAN - KONSULTASI

| No. | Tanggal | Konsultasi ke: | KETERANGAN | Paraf |
|-----|----------|----------------|--|-------|
| 1. | 16/07 97 | I. | - Buat Analisis yg lebih tajam - gejala hand upi dibahas, mengapa terjadi spt itu - - Pembanding dg graden tugas → 2 di bahas. (Hend. kurni mas Variabel | A |
| 2 | 30/07 97 | | Perbaiki Bab I - IV (hal 21) dg cara yg sama kebalikan kalimat pd bagian selanjutnya diperbaiki dahulu. | A |
| 3 | 6/08 97. | | 1. Perbaiki tulisan selanjutnya 2. lengkapi pembahasan / analisis, argumentasi 3. Perbandingan dg SMA (di bawah analisis + diafor) diaalisis S mix dg SMA - kepekaan upi . ? 4. Flow chart cantolan | A |
| | 9/08 97. | | literasi diperbaiki (18 paragraf) sesuai dg kesimpulan Diafor portal → lihat buku pedoman - Tabel pd kesimpulan masukkan ke analisis - literasi disesuaikan dg judul | |
| | 13/08 97 | | Sekeloa diperbaiki langsung konsultasi ke Pembimbing I | A |