

TUGAS AKHIR

**PENGGUNAAN HANCURAN LIMBAH BETON
SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN
HOT ROLLED SHEET (HRS B)**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
deajat Sarjana Teknik Sipil



Diajukan oleh :

ROHEMAN

No. Mhs. : 93 310 222
NIRM : 930051013114120219

ALING SASMITO

No. Mhs. : 93 310 331
NIRM : 930051013114120327

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

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGGUNAAN HANCURAN LIMBAH BETON
SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN
*HOT ROLLED SHEET (HRS B)***

Disusun oleh :

ROHEMAN

No. Mhs : 93 310 222

NIRM : 930051013114120219

ALING SASMITO

No. Mhs : 93 310 331

NIRM : 930051013114120327

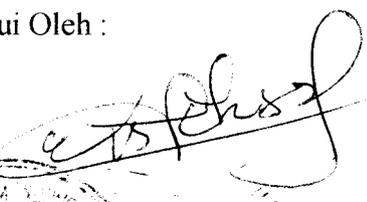
Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

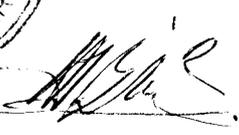
IR. H. Bachnas , MSc.

Dosen Pembimbing I

IR. H. Balya Umar , MSc.

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 23/2-2000

Tanggal : 23/2-2000

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan Syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas segala bimbingan dan rahmatNya, maka selesailah Tugas Akhir yang berjudul “penggunaan Hancuran Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar pada Campuran *Hot Rolled Sheet (HRS B)*”, yang merupakan syarat terakhir yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Unuversitas Islam Indonesia guna mendapat derajat kesarjanaaan.

Adanya motivasi merupakan awal keberhasilan tersusunya tugas akhir ini, motivasi yang tumbuh dan berkembang karena tunt namun berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga penyusun unan-Nya pula. Kendala dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini bukanlah tidak ada, akhirnya mampu mengatasi hambatan yang dihadapi. Untuk itu penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mencurahkan pikiran, meluangkan waktu dan memberi semangat baik dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini maupun selama penyusun menempuh studi.

Melalui kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak IR. H. Bachnas , MSc, selaku Dosen pembimbing I dan penguji yang telah berkenan memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun
2. Bapak IR. H. Balya Umar , MSc, selaku Dosen pembimbing II dan penguji yang telah berkenan memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun

3. Bapak IR. Iskandar, MT, selaku Dosen tamu dan penguji yang telah memberi masukan untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini
4. Bapak IR. Widodo, MSCE, PhD, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
5. Bapak IR. H. Tadjudin BMA, MS, selaku ketua Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
6. Seluruh karyawan Laboratorium jalan raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian
7. Kedua orang tua, kakak dan adik-adik tercinta yang telah terus menerus memberi dorongan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan
8. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Tugas Akhir ini

Semoga amal kebajikan Bapak dan rekan-rekan semua mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Amin.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, karena keterbatasan kemampuan penyusun. Oleh karena itu kritik dan saran penyusun harapkan.

Akhirnya semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamualikum Wr. Wb

Yogyakarta, 16 Pebruari 2000

Penyusun

Motto

Allah tidak membebani kewajiban seseorang kecuali sesuai dengan kesanggupannya

(Q.S. : 2 : 296)

Sesungguhnya dimana ada kesulitan

Disitu ada kelapangan

Sesungguhnya di samping ada kesulitan ada kelonggaran

Karena itu

Bila engkau telah selesai dari satu pekerjaan

Carap pulalah urusan yang lain dengan tekun

Namun kepada Tuhanmu sayalah hendaknya

Kamu mengharapkan balasan pahala-Nya

(Q.S. : 94, 5-8)

barang siapa yang mempelajari ilmu pengetahuan yang seharusnya ditujukan hanya untuk mencari ridho Allah,

Kemudian ia tidak mempelajarinya untuk mencari ridho Allah bahkan hanya untuk mendapatkan kedudukan/kekayaan dunia,

Maka ia tidak akan mendapatkan baunya sorga nanti pada hari kiamat.

(Hadist riwayat Abu Daud)

*Tanda bakti dan cintaku untuk Ayah dan Ibu
Ungkapan sayangku untuk saudaraku
Wujud kasihku untuk sesamaku
Sumbangsihku untuk Almamaterku
Kupersembahkan karyaku*

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| MOTTO | iv |
| PERSEMBAHAN | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| INTISARI | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3. Batasan Masalah | 3 |
| 1.4. Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Pendahuluan | 5 |
| 2.2. Material Penyusun Campuran HRS | 8 |
| 2.2.1. Aspal | 8 |
| 2.2.2. Agregat | 10 |

| | |
|---|----|
| BAB III LANDASAN TEORI | 13 |
| 3.1. Konstruksi Perkerasan | 13 |
| 3.2. Bahan Perkerasan | 14 |
| 3.2.1. Agregat | 14 |
| 3.2.1. Aspal | 16 |
| BAB IV HIPOTESIS | 18 |
| BAB V CARA PENELITIAN | 19 |
| 5.1. Diagram Alir | 19 |
| 5.2. Bahan | 20 |
| 5.2.1. Asal bahan | 20 |
| 5.2.2. Persyaratan dan pengujian bahan | 20 |
| 5.3. Perencanaan Campuran Ideal | 24 |
| 5.3.1. Gradasi agregat ideal | 24 |
| 5.3.2. Filler | 25 |
| 5.4. Pembuatan Benda Uji | 25 |
| 5.4.1. Persiapan benda uji | 26 |
| 5.4.2. Cara pengujian | 28 |
| 5.4.3. Alat yang digunakan | 29 |
| 5.4.4. Anggapan dasar | 30 |
| BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 32 |
| 6.1. Hasil Penelitian | 32 |
| 6.1.1. Hasil penelitian aspal | 33 |
| 6.1.2. Hasil penelitian beton aspal | 34 |

| | |
|--|-----------|
| 6.2. Pembahasan | 40 |
| 6.2.1. Pengaruh terhadap kepadatan (density) | 40 |
| 6.2.2. Pengaruh terhadap VITM (Void In The Mix) | 41 |
| 6.2.3. Pengaruh thd VFWA (Void Filled With Asphalt) | 42 |
| 6.2.4. Pengaruh terhadap kelelahan (Flow) | 44 |
| 6.2.5. Pengaruh terhadap stabilitas | 45 |
| 6.2.6. Pengaruh terhadap nilai QM (Quotien Marshall) | 47 |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN | 49 |
| 7.1. Kesimpulan | 49 |
| 7.1.1. Nilai stabilitas (Ketahanan) | 49 |
| 7.1.2. Nilai Flow (Kelelahan) | 50 |
| 7.1.3. Nilai VITM (Rongga dalam campuran) | 50 |
| 7.1.4. Nilai VFWA (Rongga terisi aspal) | 50 |
| 7.1.5. Nilai QM | 51 |
| 7.2. Saran | 51 |
| BAB VIII PENUTUP | 53 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.1. | Susunan lapis keras pada perkerasan lentur | 14 |
| Gambar 3.2. | Bentuk-bentuk kurva gradasi | 15 |
| Gambar 3.3. | Grafik spesifikasi gradasi agregat untuk HRS B | 16 |
| Gambar 6.1. | Kadar aspal optimum dengan agregat kasar dari batu normal | 37 |
| Gambar 6.2. | Kadar aspal optimum dengan agregat kasar dari limbah beton ... | 37 |
| Gambar 6.3. | Hubungan kadar aspal dan jenis agregat dengan density | 40 |
| Gambar 6.4. | Hubungan kadar aspal dan jenis agregat dengan VITM | 40 |
| Gambar 6.5. | Hubungan kadar aspal dan jenis agregat dengan VFWA | 40 |
| Gambar 6.6. | Hubungan kadar aspal dan jenis agregat dengan FLOW | 40 |
| Gambar 6.7. | Hubungan kadar aspal dan jenis agregat dengan stabilitas | 40 |
| Gambar 6.8. | Hubungan kadar aspal dan jenis agregat dengan QM | 40 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabel 3.1. | Spesifikasi gradasi timpang untuk HRS B | 15 |
| Tabel 3.2. | Persyaratan aspal keras | 17 |
| Tabel 5.1. | Gradasi agregat ideal untuk HRS B | 25 |
| Tabel 5.2. | angka koreksi stabilitas | 31 |
| Tabel 6.1. | Spesifikasi dan hasil pemeriksaan agregat kasar batu Pecah normal | 32 |
| Tabel 6.2. | Spesifikasi dan hasil pemeriksaan agregat kasar limbah beton | 33 |
| Tabel 6.3. | Spesifikasi dan hasil pemeriksaan agregat halus | 33 |
| Tabel 6.4. | spesifikasi dan hasil pemeriksaan aspal AC 60-70 | 34 |
| Tabel 6.5. | Hasil test Marshall dengan batuan normal sebagai agregat Kasar pada campuran HRS B dengan AC 60-70 | 35 |
| Tabel 6.6. | Hasil test Marshall dengan limbah beton sebagai agregat Kasar pada campuran HRS B dengan AC 60-70 | 35 |
| Tabel 6.7. | Persyaratan Marshall test untuk HRS B | 36 |
| Tabel 6.8. | Hasil uji Marshall pada campuran HRS B dengan agregat Kasar batu normal | 38 |
| Tabel 6.9. | Hasil uji Marshall pada campuran HRS B dengan agregat Limbah beton | 39 |
| Tabel 6.10. | Hasil uji Marshall imersion pada campuran HRS B Dengan agregat kasar dari limbah beton | 39 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan test Marshall dengan agregat kasar dari batu normal
- Lampiran 2 Perhitungan test Marshall dengan agregat kasar dari limbah beton
- Lampiran 3 Perhitungan test Marshall Konvensional
- Lampiran 4 Perhitungan test Marshall untuk agregat kasar dari limbah beton
- Lampiran 5 Perhitungan test Marshall imersion agregat kasar dari limbah beton dengan waktu perendaman 1 hari
- Lampiran 6 Grafik hasil penelitian hubungan kadar aspal dengan stabilitas
- Lampiran 7 Grafik hasil penelitian hubungan kadar aspal dengan density
- Lampiran 8 Grafik hasil penelitian hubungan kadar aspal dengan VFWA
- Lampiran 9 Grafik hasil penelitian hubungan kadar aspal dengan VITM
- Lampiran 10 Grafik hasil penelitian hubungan kadar aspal dengan Flow
- Lampiran 11 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 4%
- Lampiran 12 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 4,5%
- Lampiran 13 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 5%
- Lampiran 14 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 5,5%
- Lampiran 15 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 6%
- Lampiran 16 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 7%
- Lampiran 17 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 7,5%
- Lampiran 18 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 8%
- Lampiran 19 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 8,5%
- Lampiran 20 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 9%

- Lampiran 21 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 5,85%
- Lampiran 22 Analisa saringan agregat kasar dan halus untuk kadar aspal 6,2%
- Lampiran 23 Pemeriksaan keausan agregat
- Lampiran 24 Pemeriksaan berat jenis agregat kasar
- Lampiran 25 Pemeriksaan berat jenis agregat halus
- Lampiran 26 Pemeriksaan berat jenis filler (kapur)
- Lampiran 27 Pemeriksaan berat jenis filler (fly ash cement)
- Lampiran 28 pemeriksaan berat jenis aspal
- Lampiran 29 Pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal
- Lampiran 30 Pemeriksaan Sand Equivalent

INTISARI

Lataston (Lapis Lapis Aspal Beton) atau yang disebut juga HRS (Hot Rolled Sheet) merupakan suatu campuran agregat dan aspal yang sering digunakan sebagai lapis permukaan suatu perkerasan lentur. Karakteristik lapis permukaan banyak dipengaruhi oleh bahan susun campuran dan cara pelaksanaan pembuatannya, yaitu pada saat pencampuran, penghamperan dan pemadatan.

Dalam penelitian ini campuran Hot Rolled sheet digunakan agregat fraksi I (agregat kasar) dan limbah beton, fraksi II (agregat halus) dan batu pecah dan fraksi III (Filler / bahan pengisi) digunakan fly ash cement dan kapur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah cara pemeriksaan dengan alat Marshall dan hasilnya dibandingkan dengan persyaratan spesifikasi Bina Marga.

Dari hasil penelitian untuk tahanan berat dengan jumlah tumbukan 2×75 , untuk gradasi nilai tengah spesifikasi Bina Marga dimana Fraksi I dipakai limbah beton dan jenis aspal yang digunakan AC 60-70 dengan rentang kadar aspal 5,5% - 6,2% ternyata yang memenuhi persyaratan Bina Marga hanya untuk nilai flownya saja, sedangkan untuk nilai V_{WA} lebih kecil dari yang disyaratkan dan untuk nilai V_{TM}, Stabilitas serta QM lebih besar dari yang disyaratkan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada pembuatan jalan terdapat dua pilihan utama pada sistem konstruksinya, yaitu menggunakan perkerasan kaku (rigid pavement) atau menggunakan perkerasan lentur (flexible pavement), keduanya mempunyai sifat yang sangat berbeda, baik struktur maupun komponen materialnya.

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat Cement Portland (PC), sedangkan perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal, dimana beban yang diterima masih diteruskan pada lapis dibawahnya. Pada penggunaan perkerasan kaku harganya relatif mahal, umumnya digunakan pada subgrade yang jelek dan untuk lalu lintas yang tinggi.

Campuran aspal sebagai perkerasan lentur biasanya dipakai untuk lapis permukaan yang berfungsi antara lain.

- a. sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda
- b. sebagai lapis kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca
- c. sebagai lapis aus (wearing course).

Dilihat dari jenis-jenis tersebut maka di Indonesia terdapat beberapa macam sistem lapis permukaan, salah satu diantaranya adalah perkerasan *Hot Rolled Sheet* yang merupakan komponen lapis keras yang terbuat dari campuran antara agregat

bergradasi timpang, mineral pengisi (Filler) dan aspal keras yang mempunyai indek penetrasi (IP) antara 60 dan 70, yaitu jenis AC 60 – 70 dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.

Bahan Lapis Tipis Aspal Beton atau yang disebut juga dengan HRS (Hot Rolled Sheet) merupakan campuran antara agregat dan aspal. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang banyaknya antara 90% - 95% berdasarkan prosentasi berat campuran. Agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus serta filler. Agregat yang lebih kecil berfungsi mengisi ruang antara agregat yang lebih besar akan membentuk susunan gradasi yang rapat dengan rongga pori yang sangat kecil. Aspal menyelimuti permukaan butir-butir agregat sebagai lapisan tipis dan sebagian lagi mengisi rongga pori antara agregat. Penggunaan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan kelenturan (fleksibilitas) dan Durabilitas yang baik tetapi tidak demikian dengan stabilitas dan kekesatan (skid resistance). Dengan demikian haruslah ditentukan suatu campuran antara agregat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan Lapisan Tipis Aspal Beton dengan kualitas yang sesuai dengan persyaratan teknis/ spesifikasi.

Faktor yang sangat mempengaruhi nilai stabilitas dari *Hot Rolled Sheet* adalah gaya gesek dalam (internal friction) antar butir, sifat saling mengunci dan daya ikat dari lapisan aspal tersebut. Gaya gesek dalam dipengaruhi oleh bentuk partikel, tekstur permukaan partikel, ukuran partikel dan gradasi.

Pada masa pembangunan saat ini, khususnya dibidang infrastruktur telah menunjukkan peningkatan yang luar biasa sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap ketersediaan bahan/material, yang dalam hal ini bahan batuan sebagai bahan susun

lapis perkerasan. Bertitik tolak dari masalah ini, maka akan dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan limbah hancuran beton sebagai agregat kasar pada campuran HRS B dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga. Dari sudut ini, akan diamati toleransi yang dapat diambil dari limbah hancuran beton sebagai pengganti batuan.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan hancuran limbah beton sebagai alternatif pengganti batu pecah untuk agregat kasar pada campuran Hot Rolled Sheet (HRS B). Beton yang digunakan dengan kuat tekan karakteristik antara K-200 sampai K-300. Karena untuk kondisi dilapangan pada umumnya kualitas campuran aspal yang sering ditinjau adalah stabilitas dan durabilitasnya maka penelitian yang dilakukan dilaboratorium inipun mencakup pada pengujian kedua hal tersebut.

Tahap pertama dilakukan pengujian terhadap masing-masing sifat dan karakteristik aspal dan agregat, baik agregat kasar, halus, maupun filler. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap stabilitas dan durabilitas untuk masing-masing campuran dengan filler yang sama.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya terbatas pada pengaruh agregat hancuran limbah beton sebagai agregat kasar (F1) yang lolos saringan 3/4" dan tertahan pada saringan # 4 untuk benda uji HRS B dengan jenis aspal keras AC 60-70. Sedangkan parameter utama yang dipakai dalam peninjauan adalah nilai stabilitas dan durabilitasnya,

disamping itu pengujian terhadap benda uji campuran HRS B tersebut dengan menggunakan uji stabilitas marshal dan marshal Immersion. Hancuran limbah beton yang digunakan pada penelitian ini mempunyai kuat tekan karakteristiknya antara K-200 s/d K-300.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan gambaran awal tentang perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS B), masing-masing untuk campuran dengan menggunakan limbah hancuran beton sebagai agregat kasar sedangkan untuk filler campuran semen abu terbang (*fly ash cement*) dan kapur. Dengan jenis aspal AC 60 – 70, agar campuran dengan agregat kasar (F1) dari hancuran beton mempunyai stabilitas yang optimal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Penggunaan campuran aspal pada lapis permukaan jalan semakin lama semakin perlu ditingkatkan, baik segi kualitas maupun segi kuantitasnya. Pembuatan campuran ini dimaksudkan agar menghasilkan konstruksi jalan yang mempunyai daya tahan terhadap pengaruh beban akibat lalu lintas yang terjadi, selain itu tahan terhadap perubahan cuaca, serta mempunyai faktor keamanan yang tinggi bagi pemakai jalan.

Untuk mempermudah pengerjaan pembuatan campuran serta agar memenuhi kriteria diatas, maka didalam merancang campuran Hot Rolled Sheet perlu diperhatikan karakteristik dasar yang harus dimiliki oleh campuran, yaitu :
(Perkerasan Lentur Jalan Raya Silvia Sukirman, 1992).

a. Stabilitas (Stability)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding.

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 :

- a. agregat dengan gradasi yang rapat (dense graded)
- b. agregat dengan permukaan yang kasar
- c. agregat berbentuk kubus
- d. aspal dengan penetrasi rendah
- e. aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir

b. Durabilitas (Durability)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan. Faktor yang dapat mempertinggi durabilitas adalah jumlah aspal yang tinggi, gradasi yang rapat, pemadatan yang benar, campuran aspal dan batuan yang rapat air, serta kekerasan dari batuan penyusun lapis perkerasan itu (The Aspal Institute, 1983 (12)).

c. Fleksibilitas (Flexibility)

Fleksibilitas pada lapisan permukaan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan:

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA (*Void in mineral agregat*) yang besar
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM (*Void in mix*) yang kecil.

d. Tahanan gelincir (Skid resistance)

Tahanan gelincir adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik diwaktu hujan atau basah maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaran.

Tahanan gelincir tinggi jika :

- a. penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tak terjadi bleeding
- b. penggunaan agregat dengan permukaan kasar
- c. penggunaan agregat berbentuk kubus
- d. penggunaan agregat kasar yang cukup.

e. Ketahanan kelelahan (Fatigue Resistance)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari *Hot Rolled Sheet* dalam menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur (Rutting) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

1. VIM (*Void in mix*) = Prosen Volume rongga dalam campuran yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan menyebabkan kelelahan yang lebih cepat.
2. VMA (*Void in mineral agregat*) yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan lapis perkerasan lebih fleksibel (Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman, 1992).

f. Kemudahan untuk dikerjakan (Workability)

Kemudahan pekerjaan adalah kemudahan suatu campuran perkerasan untuk dicampur, dihampar dan dipadatkan, Sifat kemudahan ini penting artinya karena pada pekerjaan pencampuran, penghamparan dan pemadatan dituntut waktu yang

cepat dan tepat, mengingat sangat pentingnya suhu minimum pada saat pemadatan. Apabila pemilihan bahan dan pencampurannya sesuai dengan rencana, biasanya pekerjaan penghamparan dan pemadatan akan berjalan dengan lancar. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah :

- a. Gradasi agregat, agregat bergradasi rapat/baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat yang bergradasi lain.
- b. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat Thermoplastis.
- c. Kandungan bahan pengisi (Filler) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

2.2. Material Penyusun Campuran HRS

2.2.1 Aspal

Salah satu material penyusun campuran HRS yang cukup penting adalah aspal. Dalam campuran, aspal berfungsi sebagai pengikat material penyusunnya selama umur pelayanan, serta sebagai bahan pelumas pada saat pemadatan. Sifat lekat tersebut disebabkan karena adanya resin, sedangkan sifat pelumasnya karena adanya unsur oils pada maltene.

Selain dari itu dengan adanya sifat-sifat tersebut, menyebabkan aspal mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan lainnya, (Silvia Sukirman Nova Bandung), antara lain :

- a. memiliki sifat adhesi
- b. memiliki sifat kedap terhadap air yang tinggi

c. tahan terhadap pengaruh asam, basa, dan perubahan cuaca.

Menurut kejadiannya, aspal dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. Aspal alam (lake asphalt dan rock asphalt)
2. Aspal buatan (petrolium asphalt dan tar)

Penggunaan aspal untuk konstruksi perkerasan lentur pada jalan, sementara ini lebih sering memakai aspal buatan. Sedangkan aspal alam jarang dipakai, sebab hasilnya kurang memuaskan.

Aspal buatan merupakan hasil pemrosesan residu pada destilasi minyak bumi, yang dapat berupa : asphaltic base crude oil , parafin base crude oil , mixed base crude oil. Dari ketiga bahan dasar tersebut yang paling banyak mengandung kadar aspal adalah asphaltic base crude oil.

Pada penggunaan aspal didalam konstruksi perkerasan jalan, dapat diketahui sifat-sifat pentingnya, antara lain :

- a. tingkat kekerasan aspal, erat hubungannya dengan lokasi penggunaan aspal, jenis konstruksi yang ditangani, dan kepadatan lalu lintas,
- b. suhu pada saat aspal mulai meleleh, yang erat hubungannya dengan proses pencampuran, penghamparan, dan pemadatan,
- c. suhu pada saat aspal mulai menyala, yang erat hubungannya dengan batas pemanasan yang diijinkan tanpa menimbulkan bahaya kebakaran,
- d. kehilangan berat akibat pemanasan, yang erat hubungannya dengan pencegahan terhadap kerapuhan aspal,

- e. sifat kemuluran aspal, yang erat hubungannya daya tahan terhadap perubahan suhu udara pada perkerasan, berat kendaraan, dan frekuensi lalu lintas.

Dilihat dari sifat tingkat kekerasannya "The Asphalt Institute" menekankan agar penggunaan aspal keras pada perkerasan jalan didasarkan pada tipe perkerasan dan kondisi iklimnya.

2.2.2 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, pasir atau mineral lainnya baik berupa agregat hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang digunakan sebagai bahan penyusun utama pada perkerasan jalan. Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, tekstur permukaan, porositas, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan (Kerb and Walker, 1971).

a. Agregat kasar hancuran beton

Limbah hancuran beton merupakan pecahan-pecahan beton yang sudah tidak dapat dipergunakan. Limbah hancuran beton yang digunakan sebagai agregat kasar yaitu beton yang telah ditumbuk dengan alat penumbuk, digunakan untuk menyusun campuran HRS dengan ukuran antara 4,75 mm sampai 19,0 mm. Sedangkan fungsinya sebagai bahan pengganti agregat kasar dari batu pecah yang biasa digunakan dalam campuran.

b. Agregat halus (fine aggregate)

Pasir merupakan material yang biasa digunakan sebagai agregat halus dalam campuran aspal, yaitu material yang mempunyai ukuran 0,075 mm sampai 2,36 mm. Kontribusi agregat ini sangat mempengaruhi kekuatan campuran, sebab agregat halus merupakan sebagian besar material penyusun mortar.

Karakteristik agregat halus yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan campuran, adalah jenis, bentuk, gradasi, dan tekstur permukaan partikel pasir. Didalam campuran aspal dengan gradasi renggang, pasir mempunyai peranan penting untuk mengontrol pekerjaan akhir pada perancangan campuran. Pasir yang digunakan pada campuran aspal, dapat berupa pasir alam atau material yang dihasilkan dari pemecahan batu.

c. Filler

Untuk mengisi rongga-rongga yang kecil pada campuran, maka dalam hal ini material filler akan cukup berperan, sehingga gradasi campuran akan menjadi semakin rapat.

Filler adalah bahan pengisi yang merupakan bagian dari agregat halus yang lolos saringan no. 30 dimana prosentasi berat butir yang lolos saringan no. 200 minimum 65% (petunjuk LASTON No. 13/PT/B/1983). Filler akan mengisi rongga diantara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari masa tersebut. Kalau ditinjau dari total campuran, filler memiliki prosentase berat yang kecil, Mineral filler merupakan salah satu faktor penentu terhadap stabilitas, keawetan dan sifat mudah dikerjakan dari campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS).

Banyak macam bahan yang dapat digunakan sebagai filler, antara lain abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen portland, semen abu terbang (*fly ash cement*), dan bahan non plastis lainnya. Yang paling sering digunakan sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran perkerasan jalan adalah abu batu.

Dalam penelitian ini akan digunakan filler kapur dan fly ash semen karena kapur dan fly ash semen mempunyai sifat-sifat yang hampir sama antara lain :

- a. mempunyai sifat plastis yang baik (tidak getas)
- b. dapat mengeras dengan mudah dan cepat
- c. mempunyai ikatan yang bagus dengan agregat
- d. mudah dikerjakan.

Pengaruh penggunaan dari jenis filler ini akan dibandingkan dengan hasil penelitian dari tugas akhir yang telah dilakukan oleh Nugroho puji pamungkas dan Muhamad ikhsan harahap 1995 dengan menggunakan filler dari abu batu dan semen dengan kadar aspal optimum 7,4% , adapun hasil dari penelitian tersebut tercantum pada tabel berikut:

| karakteristik | Variasi kadar aspal (%) | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | 8,5 |
| 1. Stabilitas (kg) | 778 | 858 | 842 | 789 | 720 | 625 |
| 2. VITM (%) | 8,1 | 6,7 | 5,7 | 4,3 | 3,2 | 2,2 |
| 3. VFWA (%) | 6,6 | 7,3 | 8,1 | 8,8 | 9,6 | 10,3 |
| 4. Flow (mm) | 1,9 | 2,2 | 2,3 | 2,7 | 2,8 | 3,1 |
| 5. QM (kg/mm) | 408 | 380 | 360 | 290 | 250 | 200 |

Sumber : Hasil penelitian Tugas akhir Nugroho dan Muhamad Ichsan, 1995

BAB III

LANDASAN TEORI

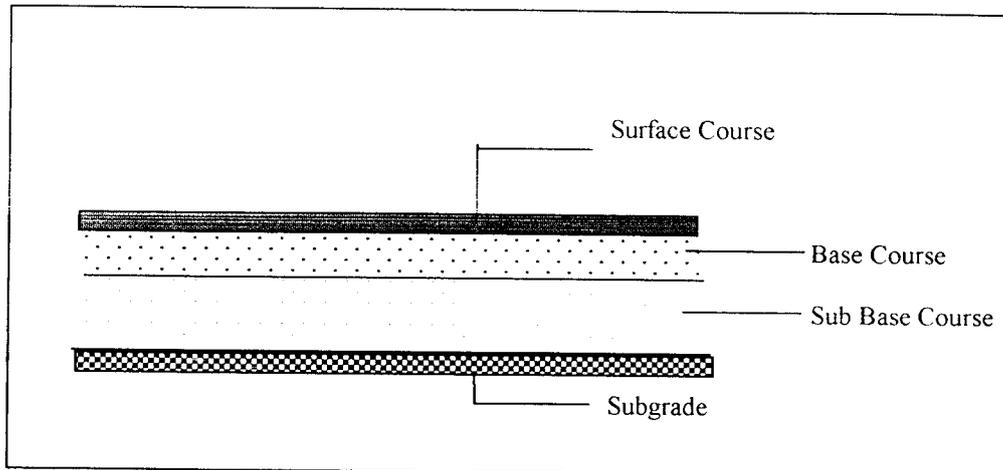
3.1. Konstruksi Perkerasan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi diatas tanah dasar (Subgrade) yang berfungsi mendukung beban lalu lintas, kemudian beban tersebut disebarkan ketanah dasar sehingga tekanan tanah yang terjadi tidak melebihi daya dukung ijin tanahnya.

Konstruksi perkerasan jalan berdasarkan bahan ikatnya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis seperti berikut ini :

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal.
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (Rigid Pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat Cement Portland (PC)

Dari kedua perkerasan tersebut diatas, perkerasan lentur masih menjadi pilihan utama untuk digunakan, karena dirasa lebih menguntungkan dibanding dengan jenis perkerasan kaku. Pada dasarnya lapis lentur terbagi menjadi tiga lapisan yaitu : lapis pondasi bawah (Sub Base Course), lapis pondasi atas (Base Course), dan lapis permukaan (Surface Course).



Gambar 3.1 Susunan Lapis Keras Pada Perkerasan Lentur

3.2. Bahan Perkerasan

Secara prinsip bahan penyusun suatu perkerasan lentur adalah aspal dan agregat, keduanya dapat dicampur secara dingin maupun panas dengan batasan-batasan tertentu sesuai dengan spesifikasinya.

3.2.1. Agregat

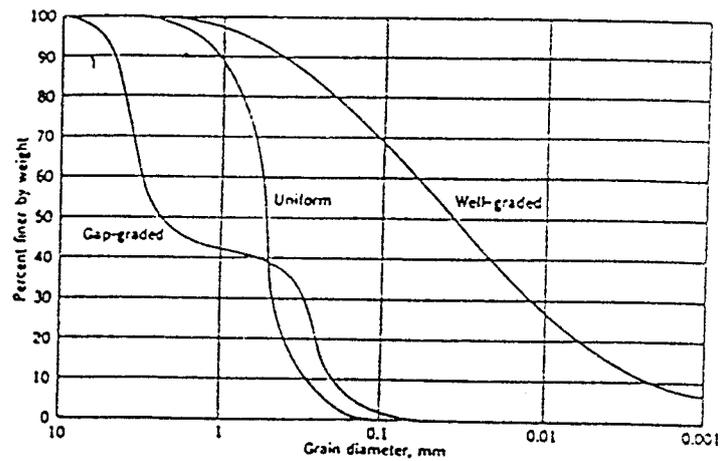
Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan pada keausan, kelekatan terhadap aspal, bentuk, porositas, tekstur permukaan, kebersihan dan sifat kimiawi.

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beton aspal terbagi atas 4 (empat) faktor yaitu :

- a. Agregat kasar, yaitu material yang tertahan No 4
- b. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos No 4 dan tertahan disaringan No.30

- c. Mineral pengisi, yaitu batuan yang lolos No 30 dan tertahan di No 200
- d. Filler, yaitu fraksi dari agregat halus yang lolos No 200

Pada gambar 3.2. berikut ini dapat dilihat bentuk-bentuk kurva gradasi.



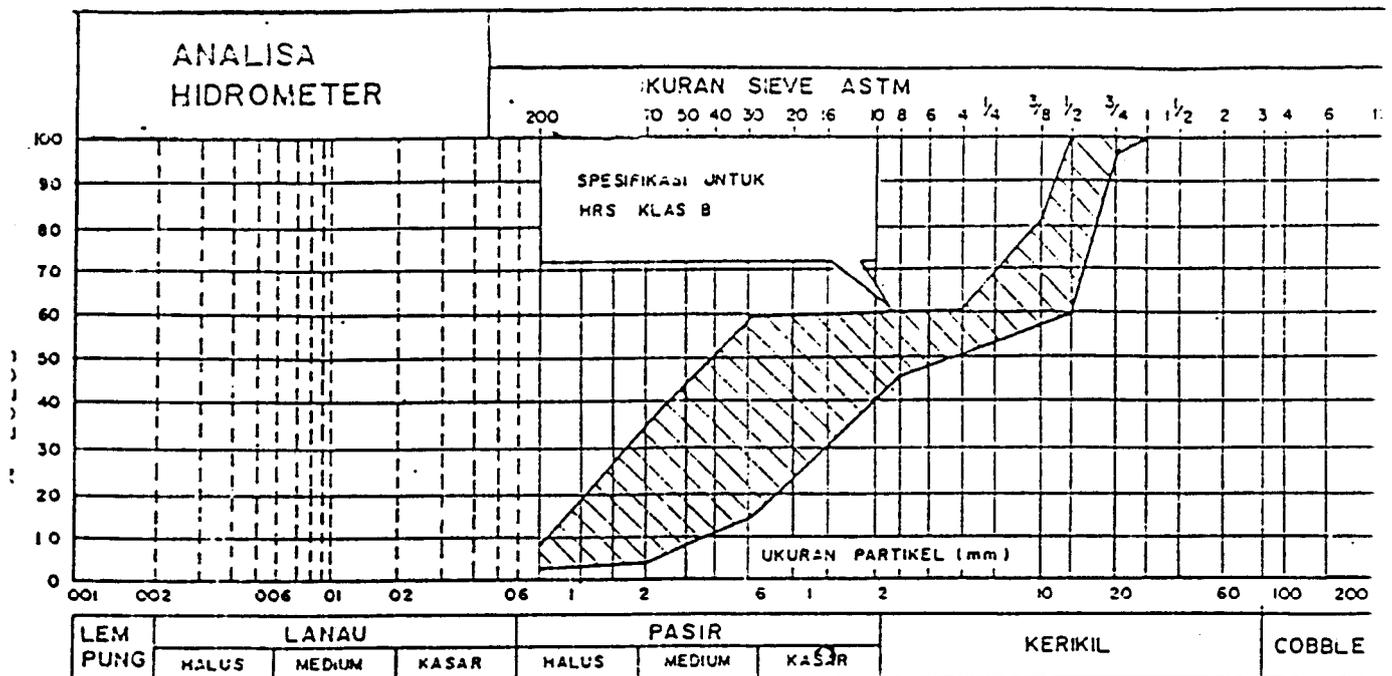
Gambar 3.2 Bentuk-bentuk Kurva Gradasi

Sumber : Higway Material (Kerbs and Walker , 1971)

Tabel 3.1. Spesifikasi Gradasi Timpang untuk HRS

| No. Saringan (mm) | Spesifikasi jumlah yang lolos (%) |
|-------------------|-----------------------------------|
| 3/4 " (19,0) | 96 - 100 |
| 1/2 " (12,50) | 60 - 100 |
| 3/8 " (9,5) | 58 - 82 |
| 1/4 " (6,35) | 53 - 70 |
| No 4 (4,75) | 50 - 60 |
| No 8 (2,36) | 46 - 60 |
| No 30 (0,60) | 15 - 60 |
| No 100 (0,15) | 4 - 28 |
| No 200 (0,075) | 3 - 9 |

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lataston No. 12/PT/B/1983



Gambar 3.3 Grafik Spesifikasi gradasi agregat "HRS" B
 Sumber : Central Quality Control dan Monitoring unit, Bina Marga, 1988

3.2.2 Aspal

Aspal merupakan bahan padat atau semi padat yang tersusun dari bitumen dan mineral. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60-70 yang merupakan jenis aspal keras.

Tabel 3. 2 Persyaratan Aspal Keras

| Jenis Pemeriksaan | Cara pemeriksaan | Persyaratan | | | | Satuan |
|---|------------------|-------------|-----|--------|-----|----------|
| | | Pen 60 | | Pen 80 | | |
| | | min | max | min | max | |
| 1. Penetrasi (25° C, 5 detik) | PA. 0301-76 | 60 | 79 | 80 | 99 | 0,1 mm |
| 2. Titik Lembek (ring ball) | PA. 0302-76 | 48 | 58 | 46 | 54 | ° C |
| 3. Titik Nyala (elev. Open cup) | PA. 0303-76 | 200 | - | 225 | - | ° C |
| 4. Kehilangan Berat (163° C, 5 jam) | AASHTO T-79 | - | 0,4 | - | 0,6 | % berat |
| 5. Kelarutan (C ₂ HCL ₃) | PA. 0305-76 | 99 | - | 99 | - | % berat |
| 6. Daktilitas (25°C, 5 cm/menit) | PA. 0306-76 | 100 | - | 100 | - | Cm |
| 7. Penetrasi setelah kehilangan berat | PA. 0301-76 | 75 | - | 75 | - | % semula |
| 8. Daktilitas setelah kehilangan berat | PA. 0306-76 | 50 | - | 75 | - | Cm |
| 9. Berat jenis (25°C) | PA. 0307-76 | 1 | - | 1 | - | Gr / cc |

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lataston untuk Jalan Raya Bina Marga 1987

BAB IV

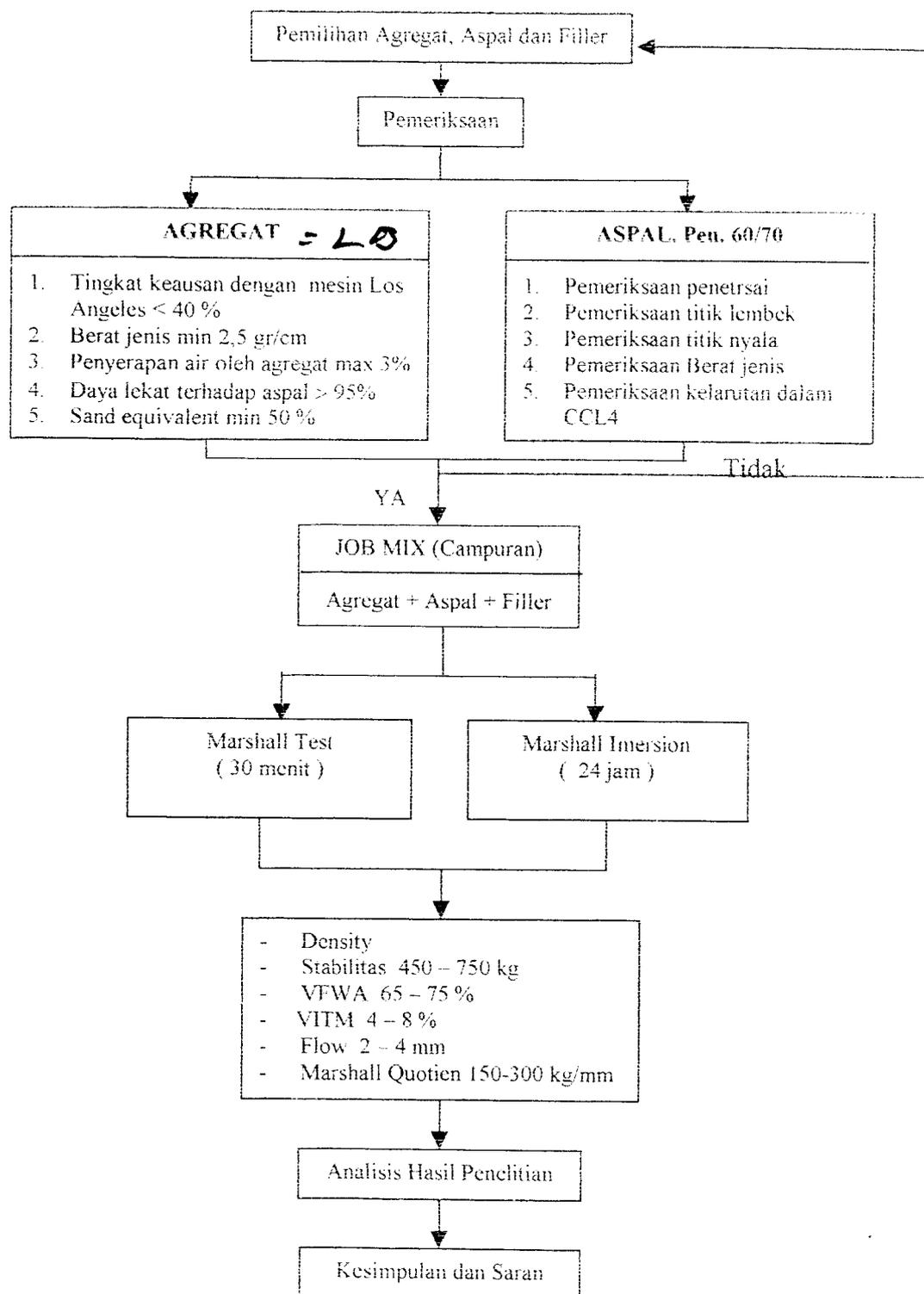
HIPOTESIS

Hancuran beton diharapkan mempunyai tingkat kekerasan dan mempunyai campuran yang berkualitas untuk dapat dipergunakan sebagai komponen agregat kasar (Fraksi I) dalam campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS B) dengan gradasi batu ideal yang mempunyai persyaratan Bina Marga.

BAB V METODE PENELITIAN

5.1. Diagram Alir Kegiatan Laboratorium

Penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahap mulai dari persiapan pemeriksaan mutu bahan/material (agregat dan aspal), perencanaan campuran sampai tahap pelaksanaan pengujian dengan metode Marshall. Kegiatan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Diagram Alir Penelitian

5.2. Bahan

5.2.1. Asal Bahan

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berupa hancuran limbah beton yang berasal dari sisa-sisa praktikum di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, aspal yang dipakai adalah jenis AC 60/70 produksi Pertamina yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta.

5.2.2. Persyaratan dan Pengujian Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya diuji dilaboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang berkualitas tinggi.

Adapun pengujian yang dilakukan adalah :

a. Pemeriksaan agregat

Untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

1. **Tingkat keausan**, ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan percobaan abrasi yang menggunakan mesin Los Angeles berdasarkan PB-0206-76. Nilai abrasi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat tumbukan dan gesekan antara partikel dengan bola-bola baja pada saat terjadinya putaran. Nilai abrasi $> 40\%$ menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan yang disyaratkan.
2. **Daya lekat terhadap aspal**, dilakukan sesuai prosedur PB-0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal yang dinyatakan dalam persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan dan besarnya minimal 95%.

3. **Penyerapan air oleh agregat**, dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besar penyerapan air yang diijinkan mempunyai nilai maksimum 3%. Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walau melalui proses pengeringan, sehingga mempengaruhi daya lekat aspal terhadap agregat.
4. **Berat jenis (*specific gravity*)**, adalah perbandingan antara berat volume agregat. Dalam penelitian ini mendapatkan volume agregat digunakan air suling. Pemeriksaan berat jenis mengikuti prosedur PB-0202-76 dengan persyaratan minimum 2,5 gram/cc. Besarnya berat jenis agregat dengan aspal berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.
5. **Sand equivalent test**, dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus. Sand equivalent dilakukan untuk agregat lolos saringan no. 4 sesuai prosedur PB-0203-76. Nilai yang diisyaratkan minimal 50% adanya lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat aspal berkurang. Juga adanya lempung mengakibatkan luas permukaan yang diselimuti aspal bertambah.

b. **Pemeriksaan Filler**

Filler merupakan bagian dari agregat yang mempunyai fraksi sangat halus. Filler dapat berupa batu, debu, kapur, semen dan lain-lain. Khusus dalam penelitian ini filler yang digunakan adalah batu kapur dan fly ash cement yang lolos saringan no. 200.

c. **Pemeriksaan bahan ikat aspal**

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa dilaboratorium. Aspal yang telah memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal sebagai berikut ini.

1. **Pemeriksaan penetrasi**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu pula. Bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76. Besarnya angka penetrasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60 sampai 79.

2. **Pemeriksaan titik lembek.**

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 9,53 mm seberat 3,5 gram. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal di dalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek dan jatuh pada ketinggian 1 inchi (25,4 mm) dari pelat dasar. Pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 dengan nilai yang diisyaratkan 46° C sampai dengan 58° C.

3. **Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terlihat titik nyala singkat pada suatu titik diatas 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.

4. **Berat jenis**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi/volume yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0307-76. Besarnya nilai B.I aspal yang disyaratkan minimal 1 gr/cc. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran.

5. **Kelarutan dalam CC14**

Pemeriksaan dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam carbon tatra chloroid. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CC14 maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76.

6. **Daktilitas aspal**

Tujuan dari pemeriksaan ini untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pemeriksaan mengikuti prosedur PA-0306-76. Besarnya daktilitas aspal yang diisyaratkan adalah minimal 100 cm.

5.3. Perencanaan campuran ideal

5.3.1. Gradasi agregat ideal

Gradasi ideal merupakan nilai tengah dari spesifikasi teknis HRS (*hot Rolled Sheet*) yang mengacu pada *Heavy Loaded Road Improvement Project* (Bina Marga) dapat dilihat Tabel 5.1. berikut ini.

Tabel 5.1. Gradasi Agregat Ideal Untuk HRS B

| No. Saringan | | Berat tertahan (kg) | | Jumlah Persen (%) | | Spesifikasi | |
|--------------|------------|------------------------|--------|----------------------|-------|-------------|-----|
| Standard | Alternatif | Tertahan | Jumlah | Tertahan | Lolos | Min | Max |
| 19.0 mm | 3/4 inch | 0 | 0 | 0 | 100 | 96 | 100 |
| 12,5 mm | 1/2 inch | 57,3 | 57,3 | 5 | 95 | 60 | 100 |
| 9,5 mm | 3/8 inch | 229,2 | 286,5 | 25 | 75 | 58 | 82 |
| 6,35 mm | 1/4 inch | 114,6 | 401,1 | 35 | 65 | 53 | 70 |
| 4,75 mm | No. 4 | 114,6 | 515,7 | 45 | 55 | 50 | 60 |
| 2,36 mm | No. 8 | 22,92 | 538,62 | 47 | 53 | 46 | 60 |
| 600 μ m | No. 8 | 91,68 | 630,3 | 55 | 45 | 15 | 60 |
| 150 μ m | No. 100 | 286,5 | 916,8 | 80 | 20 | 4 | 28 |
| 75 μ m | No. 200 | 171,9 | 1088,7 | 95 | 5 | 3 | 9 |
| Pan | Pan | 57,3 | 1146 | 100 | 0 | - | - |

Sumber : Central Quality Control dan Monitoring Unit, Bina Marga, 1988

5.3.2. Filler

Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam penelitian ini harus bebas dari gumpalan dan pada penelitian ini filler yang digunakan adalah kapur dan semen abu terbang yang lolos saringan no. 200.

5.4. Pembuatan benda uji

Setelah didapatkan gradasi sesuai dengan rencana maka tahap pertama penelitian adalah membuat campuran dengan kadar aspal sesuai rencana untuk mencari kadar aspal optimum dengan agregat limbah beton maupun batuan normal. Dimana masing-masing kadar aspal dibuat campuran sebanyak 3 (tiga) sampel, sehingga jumlah sampel yang diperlukan 30 sampel guna mendapatkan kadar aspal optimum guna mendapatkan kadar aspal optimum didapat kadar aspal optimum untuk agregat kasar batu normal 5,85 %, sedangkan untuk campuran untuk campuran dengan agregat kasar dari limbah beton didapat kadar aspal 7,55%.

Dengan kadar aspal optimum batuan normal dijadikan kadar aspal konvensional, dicoba dinaikan dan dinaikan (5,5% ; 5,85% ; 6,2%) dibuat 3 sampel untuk kadar aspal tersebut, baik dengan batuan normal maupun dengan limbah beton, kemudian dilakukan test Marshall dan Marshall Imersion.

5.4.1. Persiapan benda uji

Untuk menyiapkan benda uji maka langkah-langkah yang ditempuh adalah sebagai berikut :

1. **Proses pembersihan agregat** dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Untuk selanjutnya agregat-

agregat tersebut dipisahkan dengan cara penyaringan kering kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.

2. **Proses penimbangan** untuk setiap fraksi dilakukan agar mendapatkan gradasi agregat yang ideal pada suatu takaran campuran dimana berat total campuran untuk benda uji sebesar 1200 gram, yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal.
3. **Proses pencampuran (*mixing*)** dilakukan sebagai berikut :
 - a. Panci pencampur dipanaskan beserta gradasi agregat rencana sampai pada suhu 160°C.
 - b. Ditambahkan aspal AC 60/70 (supaya mencapai tingkat kekentalan rencana) yang telah dipanaskan kedalam campuran agregat dengan takaran yang telah sesuai dengan mix design.
 - c. Campuran diaduk (*wet mixing*) selama 45 s/d 50 detik.
4. **Proses pemadatan** dilakukan sebagai berikut :
 - a. Perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dibersihkan dengan seksama dan dipanaskan pada suhu 93,3°C s/d 148,9°C.
 - b. Letakkan selebar kertas saring/kertas penghisap menurut ukuran cetakan kedalam dasar cetakan.
 - c. Masukkan selusuh campuran kedalam cetakan pada suhu 140°C. Kemudian tusuk-tusuk campuran dengan keras dengan menggunakan spatula yang telah dipanaskan 15 kali keliling pinggiran dan 10 kali dibagian tengahnya.
 - d. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali (dipergunakan untuk lalulintas berat dengan muatan berat) dengan tinggi

- jatuh 45,7 cm dan palu pemadat selalu tegak lurus cetakan selama pemadatan dilakukan
- e. Pelat alas dan leher sambung dilepas kembali dari cetakan benda uji, cetakan yang berisi benda uji dibalikkan, untuk kemudian plat dan leher sambung dipasang kembali ke cetakan benda uji yang telah dibalik.
 - f. Pada permukaan benda uji yang telah terbalik, dilakukan tumbukan sebanyak 75 kali. Dan dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali (setelah plat alas dan leher sambung dilepas).
 - g. Dengan hati-hati benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan diatas permukaan yang rata selama ± 24 jam pada suhu ruang.

5.4.2. Cara Pengujian

Dalam pelaksanaan pengujian benda uji digunakan alat tekan Marshall.

Beberapa hal yang perlu dilakukan sebelumnya

1. Persiapan benda uji, langkah-langkah yang perlu dilakukan :
 - a. Membersihkan kotoran-kotoran yang menempel untuk selanjutnya dilakukan penimbangan.
 - b. Masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
 - c. Mengukur tinggi dan diameternya dengan ketelitian 0,1 mm terhadap alat ukur.
 - d. Direndam dalam air ± 24 jam pada temperatur ruang.
 - e. Ditimbang dalam kondisi dalam air.
 - f. Ditimbang dalam keadaan kering permukaan
2. Cara pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut :

- a. Benda uji direndam dalam bak perendam (water bath) selama ± 40 menit dengan temperatur peredaman sebesar 60°C .
- b. Kepala penekan alat Marshall dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan vaselin agar benda uji mudah dilepas.
- c. Setelah benda uji dikeluarkan dari water bath segera diletakkan, yang dilengkapi dengan arloji kelelahan (flow), dan arloji pembebanan/stabilitas.
- d. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji dipegang dengan kuat terhadap segmen atas kepala penekan.
- e. Kecepatan pembebanan dimulai dengan tetap 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur. Pada saat itu dibaca pembebanan maksimum yang terjadi pada flow meter.

5.4.3. Alat yang digunakan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Cetakan benda uji lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
2. Mesin penumbuk manual,
3. Alat untuk mengeluarkan benda (ejector)
4. Alat Marshall lengkap dengan :
 - a) Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung

- b) Cincin penguji (*proving ring*)
- c) Arloji pengukur alir (*flow*)
- 5. Oven
- 6. Bak peredam (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai 20°C sampai dengan 60°C.
- 7. Timbangan,
- 8. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*), dan
- 9. Perlengkapan lain-lain :
 - a. Panci
 - b. Sendok pengaduk dan Spatula
 - c. Kompor plastik, gas elpiji dan minyak tanah
 - d. Sarung tangan asbes dan karet
 - e. Sendok pengaduk dan peralatan lainnya.

5.4.4. Anggapan Dasar

Penelitian dimaksudkan untuk mengkaji pengaruh penggunaan limbah beton dengan filler kapur dan semen abu trbang terhadap prilaku campuran Hot Rolled Sheet. Yang dimaksud prilaku campuran Hot Rolled Sheet disini adalah pengaruh terhadap nilai-nilai *density* (kepadatan), *VFA*, *VFM*, *stabilitas*, *flow* dan *Quotient Marshall*.

Dalam pelaksanaan penelitian ini dianggap bahwa peralatan selama berlangsungnya penelitian dalam keadaan standar. Selain itu variasi didalam pengerjaan pembuatan benda uji (*sample*) dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan.

Tabel 5.1. Angka Koreksi Stabilitas

| ISI BENDA UJI (Cm ³) | TEBAL BENDA UJI | |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|
| | (MM) | ANGKA KOREKSI |
| 200-213 | 25,5 | 5,53 |
| 214-225 | 27,0 | 5,00 |
| 226-237 | 28,6 | 4,55 |
| 236-250 | 30,2 | 4,17 |
| 251-264 | 31,8 | 3,85 |
| 265-276 | 33,3 | 3,57 |
| 277-289 | 34,9 | 3,33 |
| 290-301 | 36,5 | 3,03 |
| 302-316 | 38,1 | 2,78 |
| 317-328 | 39,7 | 2,50 |
| 329-340 | 41,3 | 2,27 |
| 341-353 | 42,9 | 2,08 |
| 354-367 | 44,4 | 1,92 |
| 368-379 | 46,0 | 1,79 |
| 380-392 | 47,6 | 1,67 |
| 393-405 | 49,2 | 1,56 |
| 406-420 | 50,8 | 1,47 |
| 421-431 | 52,4 | 1,39 |
| 432-443 | 54,4 | 1,32 |
| 444-456 | 55,6 | 1,25 |
| 457-470 | 57,2 | 1,19 |
| 471-482 | 58,7 | 1,14 |
| 483-495 | 60,3 | 1,09 |
| 496-508 | 61,9 | 1,04 |
| 509-522 | 63,5 | 1,00 |
| 523-535 | 64,0 | 0,96 |
| 536-546 | 65,1 | 0,93 |
| 547-559 | 66,7 | 0,89 |
| 560-473 | 68,3 | 0,86 |
| 574-585 | 71,4 | 0,83 |
| 586-598 | 73,0 | 0,81 |
| 599-610 | 74,6 | 0,78 |
| 611-625 | 76,2 | 0,73 |

Sumber : Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1. Hasil Penelitian

Spesifikasi Lataston No.12/PT/B/1983 dan hasil pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dicantumkan pada Tabel 6.1, Tabel 6.2 dan Tabel 6.3.

Tabel 6.1. Spesifikasi dan Hasil pemeriksaan Agregat kasar Batu Pecah Normal

| NO | JENIS PEMERIKSAAN | SYARAT | HASIL |
|----|----------------------------------|---------------|---------|
| 1 | Keausan dengan Mesin Los Angeles | Maksimum 40% | 33,32 % |
| 2 | Kelekatan terhadap aspal (%) | > 95% | 100 % |
| 3 | Penyerapan air (%) | Maksimum > 3% | 1,51 % |
| 4 | Berat jenis (gr/cm) | Minimal 2,5 | 2,76 |

Tabel 6.2. Spesifikasi dan Hasil pemeriksaan Agregat kasar Batu Pecah Limbah Beton

| NO | JENIS PEMERIKSAAN | SYARAT | HASIL |
|----|----------------------------------|---------------|--------|
| 1 | Keausan dengan Mesin Los Angeles | Maksimum 40% | 34 % |
| 2 | Kelekatan terhadap aspal (%) | > 95% | 100 % |
| 3 | Penyerapan air (%) | Maksimum > 3% | 6,68 % |
| 4 | Berat jenis (gr/cm) | Minimum 2,5 | 2,28 |

Sumber : Lataston No . 12/PT/B/1983 dan hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII

Tabel 6.3. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

| NO | JENIS PEMERIKSAAN | SYARAT | HASIL |
|----|---------------------------------|--------------|---------|
| 1 | Nilai Sand Equivalent | Minimum 50 % | 78,60 % |
| 2 | Pereesapan agregat terhadap air | Maksimum 3 % | 4,60 % |
| 3 | Berat jenis (Gr /cm) | Minimum 2,5 | 2,60 |

Sumber : Lataston No . 12/PT/B/1983 dan hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII

6.1.1. Hasil penelitian aspal

Spesifikasi Lataston No .12/PT/B/1983 dan hasil penelitian dicantumkan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Spesifikasi dan Hasil pemeriksaan laboratorium Aspal AC 60 – 70

| No | Jenis Pemeriksaan | Syarat | | Hasil |
|----|------------------------|---------|----------|-------|
| | | Minimal | Maksimal | |
| 1 | Penetrasi (0,1 mm) | 60 | 79 | 66,3 |
| 2 | Titik lembek (°C) | 48 | 58 | 55 |
| 3 | Titik nyala (°C) | 200 | - | 333 |
| 4 | Kelarutan dalam CCL 4 | 99 | - | 99,5 |
| 5 | Betar jenis (gr/cm) | 1 | - | 1,18 |
| 6 | Pemeriksaan Daktilitas | 100 | - | 165 |

Sumber : Lataston No. 12/PT/B/1983 dan Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia.

6.1.2. Hasil penelitian beton aspal

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, diperoleh nilai-nilai antara lain : nilai VITM, VFWA, STABILITAS, FLOW, serta MARSHALL QUOTIENT seperti tercantum pada Tabel 6.5 berikut ini.

Tabel 6.5. Hasil Tes Marshall dengan Batuan normal sebagai agregat kasar pada campuran HRS B (Lataston) dengan AC 60 – 70

| Karakteristik | Kadar Aspal | | | | |
|-----------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | 4 % | 4,5 % | 5 % | 5,5 % | 6 % |
| Density | 2,2136 | 2,1794 | 2,2246 | 2,376 | 2,392 |
| VFWA (%) | 32,647 | 33,961 | 40,349 | 60,254 | 67,385 |
| VITM (%) | 15,502 | 16,280 | 14,003 | 7,575 | 6,381 |
| Stabilitas (kg) | 2248,192 | 2504,086 | 2851,470 | 2778,886 | 2357,639 |
| Flow | 2,201 | 2,540 | 3,133 | 3,641 | 4,149 |
| QM (kg/mm) | 1021,441 | 985,861 | 910,140 | 763,221 | 568,243 |

Sumber : Data (Hasil penelitian diLaboratorium Jalan Raya Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia) Dari hasil hitungan lampiran 1

Tabel 6.6. Hasil Tes Marshall dengan limbah beton sebagai Agregat kasar pada campuran HRS B (Lataston) dengan AC 60 – 70

| Karakteristik | Kadar Aspal | | | | |
|-----------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | 7 % | 7,5 % | 8 % | 8,5 % | 9 % |
| Density | 2,173 | 2,176 | 2,206 | 2,2442 | 2,2522 |
| VFWA (%) | 63,150 | 66,739 | 74,519 | 84,455 | 88,985 |
| VITM (%) | 7,531 | 6,943 | 5,122 | 2,990 | 2,133 |
| Stabilitas (kg) | 2405,504 | 2622,234 | 2847,936 | 2218,240 | 2203,647 |
| Flow | 3,387 | 3,641 | 4,318 | 4,403 | 4,826 |
| QM (kg/mm) | 710,217 | 720,196 | 710,608 | 503,802 | 456,620 |

Sumber : Data (Hasil penelitian diLaboratorium Jalan Raya Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia) dari hasil hitungan lampiran 2

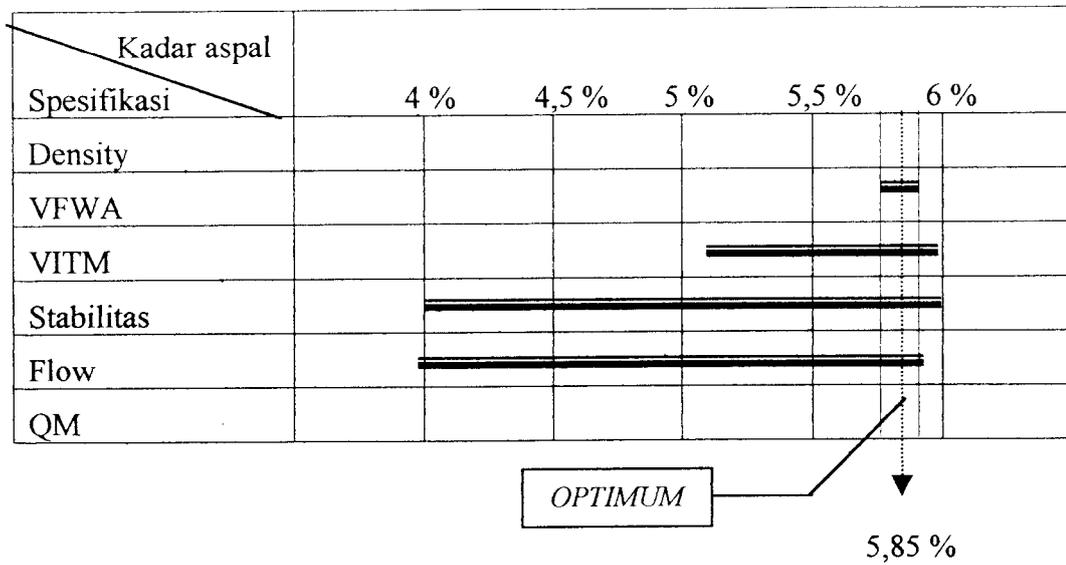
Hasil penelitian yang terdapat pada tabel 6.5 dan 6.6 dibandingkan dengan persyaratan yang harus dipenuhi untuk nilai VITM, VFWA, dan FLOW serta Stabilitas menurut spesifikasi menurut Bina Marga yaitu pada Petunjuk Pelaksanaan Lataston No. 12/PT/B/1983 Dirjen Bina Marga seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 6.7. Persyaratan Marshall Test untuk HRS B

| NO | JENIS PEMERIKSAAN | LALULINTAS BERAT |
|----|---------------------|------------------|
| 1 | Stabilitas (Kg) | 450 – 750 |
| 2 | Flow/Kelelahan (mm) | 2 – 4 |
| 3 | VITM (V %) | 4 – 8 |
| 4 | VFWA (V %) | 65 – 78 |
| 5 | Q M (Kg/mm) | 150 – 300 |

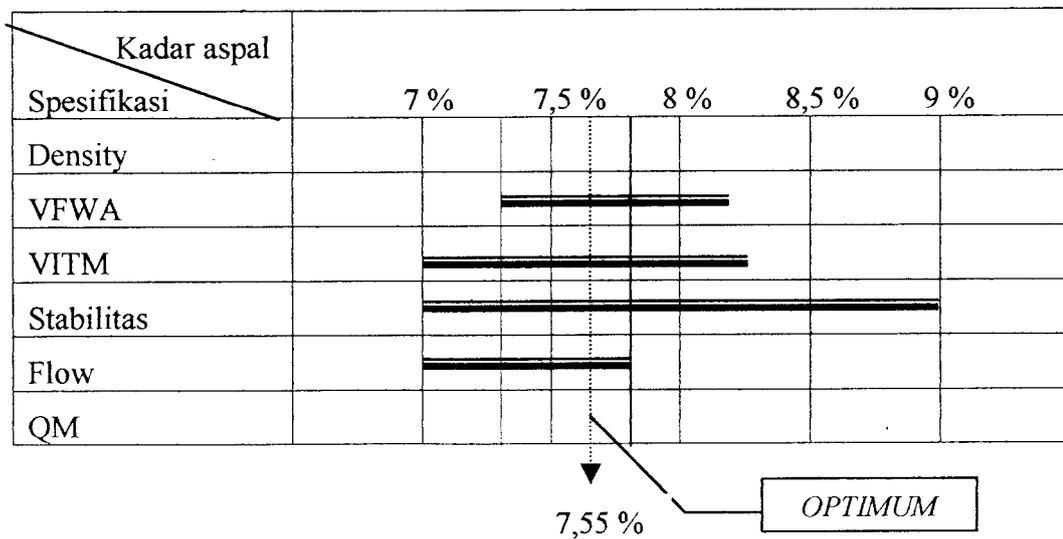
Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lataston No. 12/PT/B/1983

Untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum diperoleh dengan cara sebagai berikut ini. Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai *Density*, VITM (4 % - 8 %), VFWA (65 % - 78 %), Flow (2 mm – 4 mm), dan Stabilitas (>750 kg) diplotkan pada tabel *Spec*- kadar aspal, dicari batas terdalam dari kanan maupun dari kiri tabel tersebut. Nilai tengah di antara kedua batas tersebut merupakan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum yang dihasilkan pada penelitian ini diberikan pada Gambar 6.1. untuk kadar aspal optimum dengan agregat kasar dari batu normal.



Gambar 6.1 Kadar Aspal Optimum dengan Agregat Kasar dari Batu Normal

Sedangkan kadar aspal optimum dengan menggunakan agregat kasar dari limbah beton diberikan pada Gambar 6.2



Gambar 6.2 Kadar Aspal Optimum dengan Agregat Kasar dari Limbah Beton

Berdasarkan Gambar 6.1 terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran dengan batuan normal dicapai pada kadar aspal 5,85 % sedangkan untuk campuran dengan agregat kasar dari limbah beton dicapai pada kadar aspal 7,55 %. Kadar aspal optimum yang telah dicapai pada penelitian ini adalah kadar aspal terhadap campuran total dan merupakan kadar aspal desain pada campuran panas, sehingga dari hasil penelitian ini agregat kasar dari limbah beton membutuhkan kadar aspal yang lebih tinggi, dapat kita lihat pada Gambar 6.1 dan Gambar 6.2.

Dari kedua hasil kadar aspal optimum tersebut, untuk kadar aspal optimum dari agregat kasar batuan normal (Konvensional) kami mencoba mengganti dengan agregat kasar dari limbah beton dengan kadar aspal yang sama (5,85%) yang diturunkan dan dinaikan yaitu: 5,5%, 5,85%, dan 6,2%, kemudian dilakukan test Marshall hasilnya dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 6.8 Tabel Hasil Uji Marshall pada Campuran HRS B dengan Agregat Kasar menggunakan Batu Normal dengan jenis Filler Kapur dan Fly ash cement.

| Karakteristik | Kadar Aspal | | |
|-----------------|-------------|----------|----------|
| | 5,5 (%) | 5,85 (%) | 6,2 (%) |
| Density | 2,254 | 2,271 | 2,282 |
| VFWA (%) | 66,086 | 71,569 | 76,593 |
| VITM (%) | 5,647 | 4,248 | 3,117 |
| Stabilitas (kg) | 2685,061 | 2194,399 | 2072,194 |
| Flow | 3,641 | 4,064 | 4,318 |
| QM (kg/mm) | 737,451 | 539,960 | 479,897 |

Data dari hasil hitungan pada lampiran halaman 3

Tabel 6.9 Tabel Hasil Uji Marshall pada Campuran HRS B dengan Agregat Kasar menggunakan limbah beton dengan jenis Filler Kapur dan Fly ash cement.

| Karakteristik | Kadar Aspal | | |
|-----------------|-------------|----------|----------|
| | 5,5 (%) | 5,85 (%) | 6,2 (%) |
| Density | 2,253 | 2,274 | 2,296 |
| VFWA (%) | 45,914 | 50,652 | 55,121 |
| VITM (%) | 12,371 | 11,160 | 9,898 |
| Stabilitas (kg) | 1828,981 | 1912,015 | 2393,143 |
| Flow | 2,286 | 2,794 | 2,879 |
| QM (kg/mm) | 800,079 | 684,3289 | 831,241 |

Data dari hasil hitungan pada lampiran halaman 3

Tabel 6.10 Tabel Hasil Uji Marshall Imertion pada Campuran HRS B dengan Agregat Kasar menggunakan limbah beton Kadar Aspal Optimum 5,85 % untuk jenis Filler Kapur dan Fly ash cement.

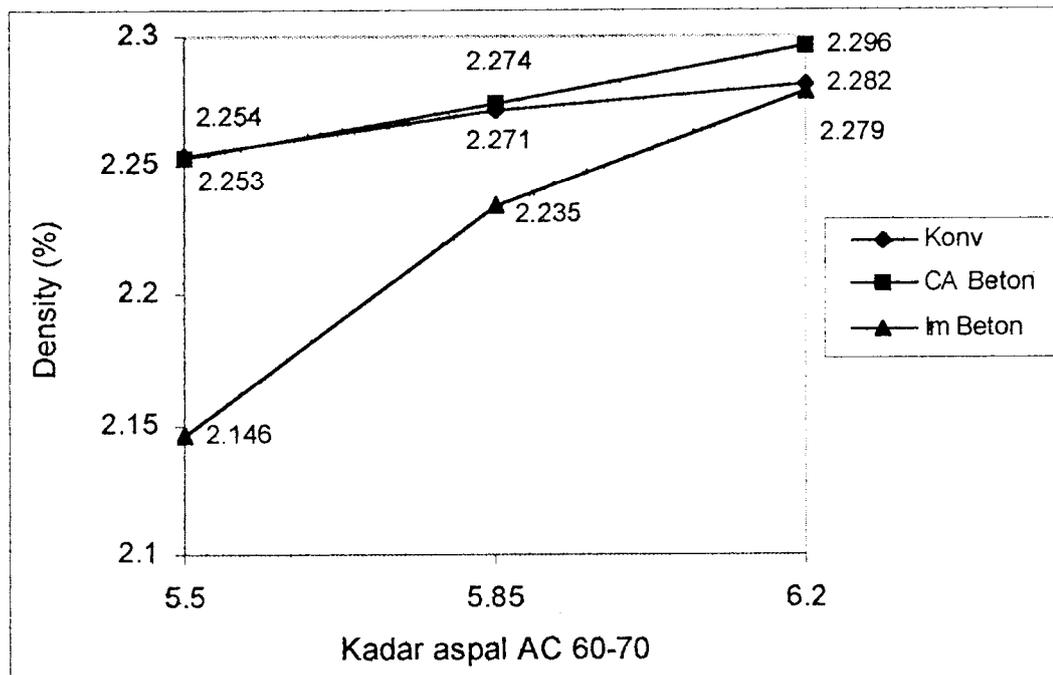
| Karakteristik | Kadar Aspal | | | Waktu | Suhu |
|-----------------|-------------|----------|----------|--------|------|
| | 5,5 % | 5,85 % | 6,2 % | | |
| Density | 2,146 | 2,235 | 2,279 | 24 jam | 60 ° |
| VFWA (%) | 49,839 | 64,873 | 76,70 | 24 jam | 60 ° |
| VITM (%) | 10,163 | 6,093 | 3,871 | 24 jam | 60 ° |
| Stabilitas (kg) | 1937,910 | 2177,190 | 2294,221 | 24 jam | 60 ° |
| Flow | 2,879 | 2,963 | 3,641 | 24 jam | 60 ° |
| QM (kg/mm) | 673,119 | 734,792 | 630,107 | 24 jam | 60 ° |

Data dari hasil hitungan pada lampiran halaman 4

6.2 Pembahasan

6.2.1 Pengaruh terhadap kepadatan (*density*)

Kepadatan campuran (*density*) menunjukkan besarnya derajat kepadatan dari suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang besar apabila dibandingkan dengan campuran kepadatan yang rendah.

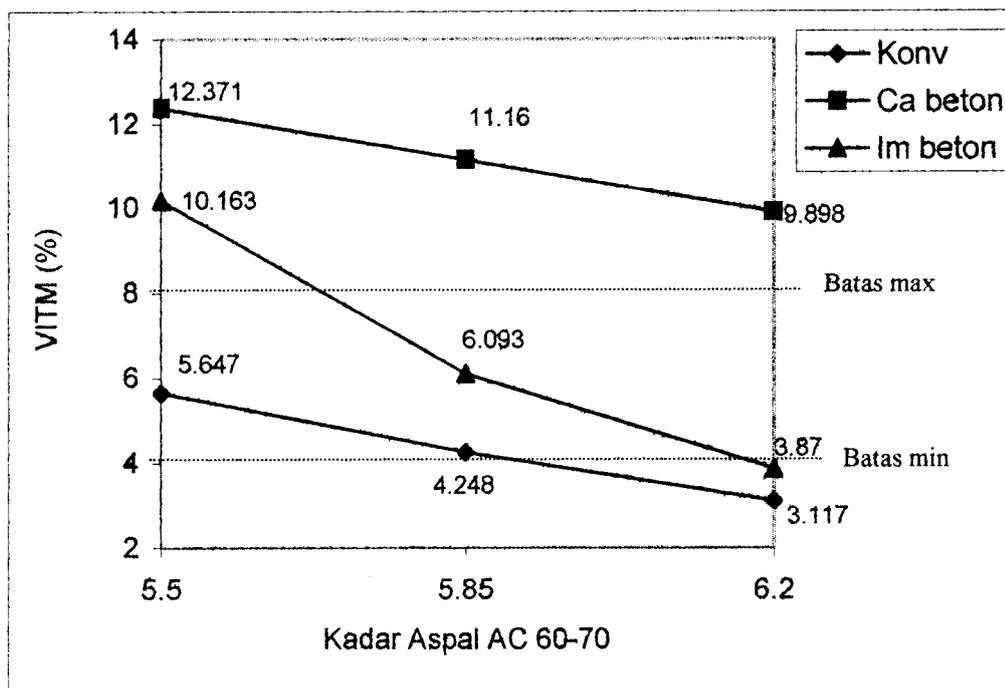


Gambar 6.3 Hubungan kadar aspal dan jenis agregat kasar dengan density

Hasil pengujian laboratorium pada Gambar 6.3 menunjukkan nilai kepadatan (*density*) untuk agregat kasar dari limbah beton lebih tinggi bila dibandingkan dengan agregat dari batu normal, ini dikarenakan perubahan agregat kasar menjadi agregat yang lebih halus sehingga agregat tersebut mengisi rongga-rongga dalam campuran.

6.2.2 Pengaruh terhadap VITM (*Void In The Mix*)

Void In The Mix (VITM) menunjukkan banyaknya rongga udara yang ada dalam campuran yang dinyatakan dalam persen. Nilai VITM berpengaruh terhadap kekedapan campuran. Apabila nilai VITM besar berarti banyak rongga yang terjadi dalam campuran tersebut sehingga campuran kurang kedap terhadap udara dan air, akibatnya aspal akan mudah teroksidasi, sehingga menimbulkan kerusakan. Selain itu nilai VITM juga menunjukkan nilai kekakuan campuran. Campuran yang mempunyai nilai VITM kecil menunjukkan campuran dengan kekuatan tinggi dan sebaliknya apabila nilai VITM besar kekakuannya lebih rendah. Adapun nilai VITM yang disyaratkan Bina Marga 4 % - 8 %.



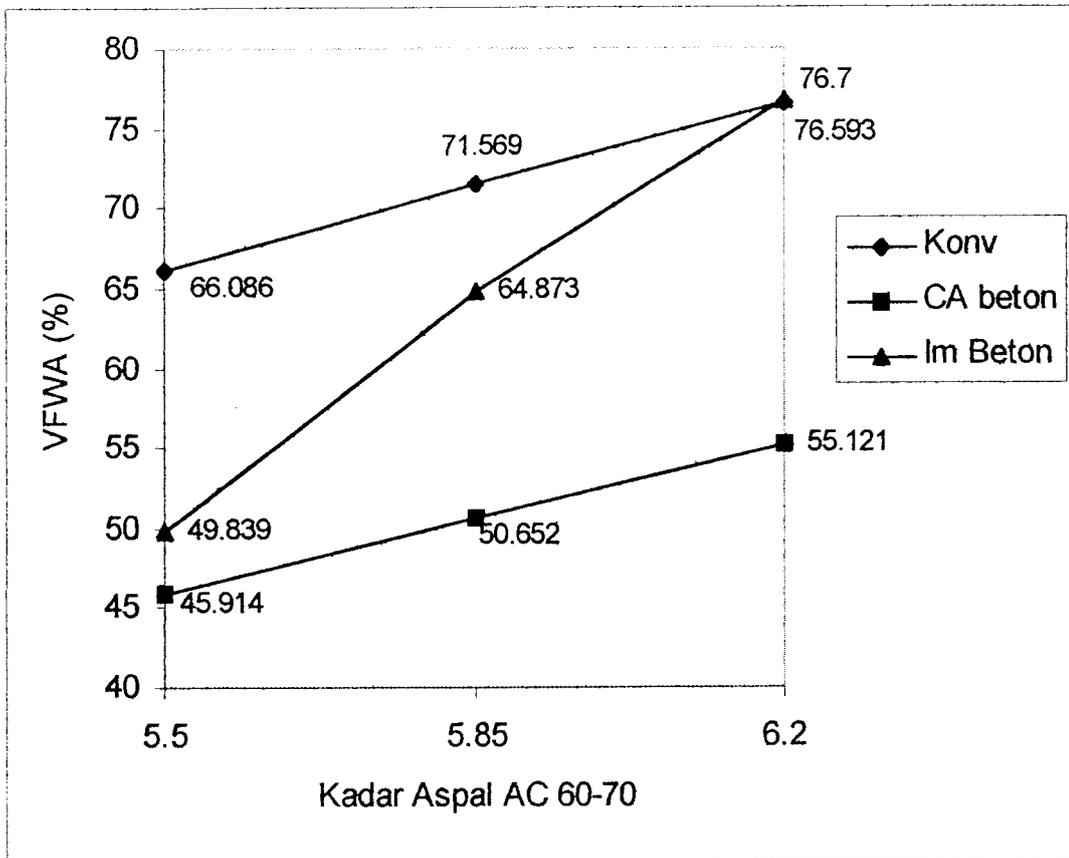
Gambar 6.4 Hubungan Kadar aspal dan jenis agregat kasar dengan VITM

Dari Gambar 6.4 hasil pengujian dilaboratorium tampak bahwa nilai VITM menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Dari hasil penelitian dan gambar 6.4 Campuran HRS B dengan limbah beton sebagai agregat kasar tidak ada yang memenuhi spesifikasi Bina Marga dari sisi pandang VITM-nya (lihat Gambar 6.4).

Campuran HRS B dengan limbah beton dengan kadar aspal 5,5% s/d 6,2% mempunyai nilai VITM besar, berarti rongga yang terjadi didalam campuran semakin besar, sehingga tidak kedap terhadap air dan udara akibatnya aspal mudah teroksidasi sehingga jika digunakan maka campuran akan bersifat getas. Hal ini disebabkan karena perubahan agregat kasar menjadi agregat yang lebih halus yang akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak.

6.2.3 Pengaruh terhadap VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA menunjukkan banyaknya rongga dalam campuran yang dapat terisi aspal. VFWA berpengaruh terhadap kekuatan ikatan (Adhesi), kededapan dan keawetan suatu campuran. Persyaratan bina Marga adalah antara 65 % - 78 %. VFWA yang terlalu tinggi (>78%) akan menyebabkan bleeding. Hal ini disebabkan karena rongga yang kosong terlalu kecil, sehingga pada temperatur yang tinggi aspal akan melir ke permukaan. Sebaliknya bila VFWA rendah akan mengurangi daya ikat sehingga stabilitasnya rendah.



Gambar 6.5 Hubungan Kadar Aspal dan jenis agregat kasar dengan VFWA

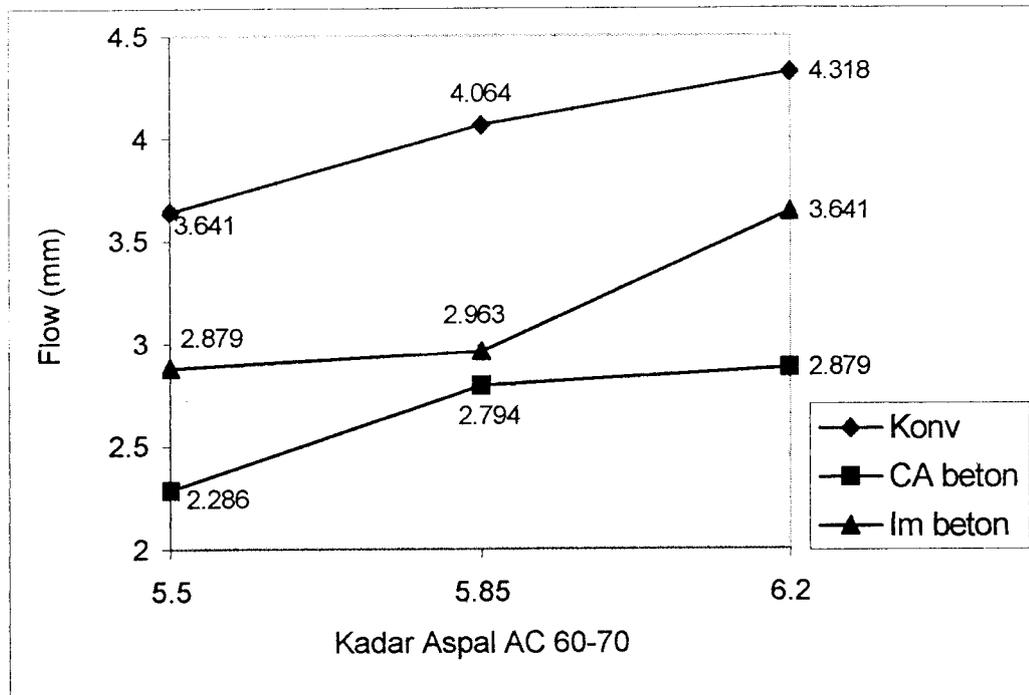
Gambar 6.5 dari hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai VFWA mengalami kenaikan pada kedua jenis campuran seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai VFWA untuk agregat kasar limbah beton terjadi terlalu rendah ($< 65\%$) hal tersebut dikarenakan pengaruh dari kualitas limbah beton banyak yang hancur pada saat pemasakan dan pemadatan. Dari hasil penelitian dan gambar diatas menunjukkan bahwa penggunaan limbah beton sebagai bahan agregat kasar pada campuran HRS B dengan aspal AC 60-70 tidak memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh Bina Marga dari sisi pandang nilai VFWA-nya (Lihat Gambar 6.5).

Campuran HRS B dengan agregat kasar dari limbah beton dengan kadar aspal 5,5% s/d 6,2% mempunyai nilai VFWA terlalu rendah dan jika digunakan maka campuran akan bersifat porous terhadap udara dan air sehingga mudah terjadi oksidasi dan durabilitasnya rendah.

6.2.4 Pengaruh terhadap kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*Flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm. Persyaratan Bina Marga untuk nilai Flow adalah 2 s/d 4 mm. Suatu campuran dengan flow tinggi ($>4\text{mm}$), maka campuran cenderung plastis (fleksibilitasnya tinggi) sehingga mudah berubah bentuk jika menerima beban. Sebaliknya jika flow rendah ($< 2\text{ mm}$) maka campuran menjadi kaku dan mudah retak (*cracking*) jika beban melampaui daya dukungnya.

Pada Gambar 6.6 dari hasil penelitian dilaboratorium terlihat bahwa nilai flow naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Jika dibandingkan antara campuran yang menggunakan limbah beton mempunyai nilai kelelahan yang lebih kecil dibandingkan campuran yang menggunakan agregat kasar dari batuan normal. Hal ini dikarenakan pada waktu pemasakan ada agregat yang hancur menjadi filler apabila campuran dipadatkan maka bahan tersebut akan mengisi rongga-rongga yang ada sehingga campuran tersebut menjadi semakin rapat. Apabila campuran yang semakin rapat menerima beban, maka deformasi akibat beban tersebut akan menjadi kecil.



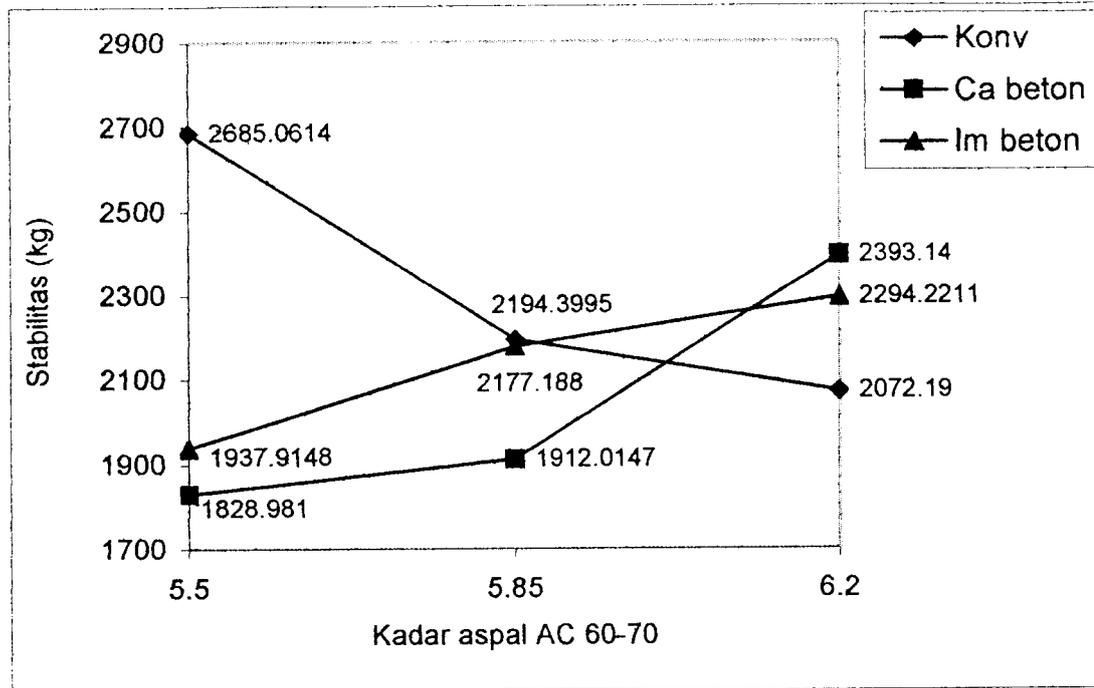
Gambar 6.6 Hubungan Kadar aspal dan jenis agregat kasar dengan flow

Dari hasil penelitian seperti pada Gambar 6.6 untuk agregat kasar dari limbah beton untuk kadar aspal 5,5% s/d 6,2% masih memenuhi persyaratan dari sisi pandang flownya, sedangkan untuk campuran yang menggunakan agregat kasar dari batu normal yang memenuhi persyaratan adalah pada kadar aspal 5,5% .

6.2.5 Pengaruh terhadap stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang mempunyai nilai stabilitas tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Rendahnya nilai stabilitas akan mengakibatkan turunnya daya dukung terhadap beban lalu lintas.

Stabilitas yang disyaratkan adalah minimum 450 kg maksimum 750 kg.



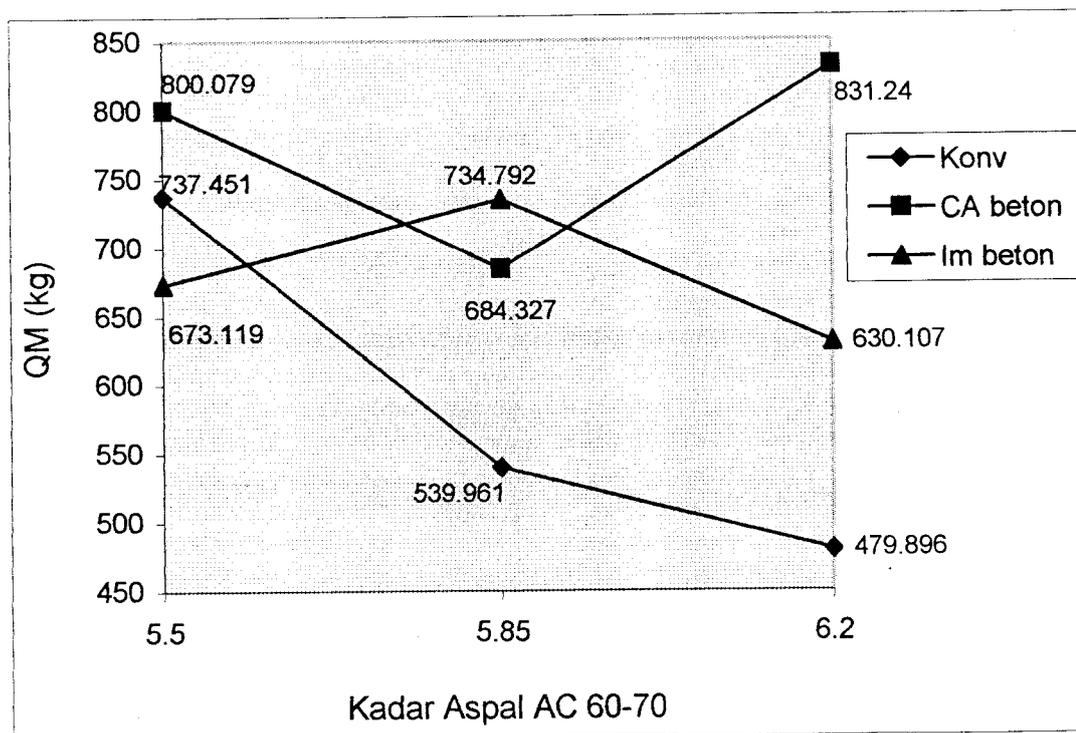
Gambar 6.7 Hubungan kadar aspal dan jenis agregat kasar dengan stabilitas

Hasil penelitian laboratorium pada Gambar 6.7 tampak bahwa stabilitas untuk jenis campuran yang menggunakan agregat kasar limbah beton mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan agregat dari limbah beton pada waktu pemasakan ada yang hancur maka membutuhkan relatif lebih banyak aspal bila dibandingkan dengan agregat kasar batu normal, sedangkan untuk campuran yang menggunakan agregat kasar dari batuan normal mengalami penurunan pada kadar aspal yang sama.

Untuk kedua jenis campuran HRS B dengan kadar aspal 5,5% s/d 6,2% mempunyai nilai stabilitas yang tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku jika digunakan mudah mengalami keretakan sewaktu menerima beban.

6.2.6 Pengaruh terhadap nilai QM (*Quotient Marshall*)

Nilai Quotient Marshall merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan yang digunakan sebagai pendekatan terhadap campuran HRS B (*Hot Rolled Sheet*). Stabilitas yang tinggi yang disertai kelelahan rendah menunjukkan campuran bersifat kaku, sebaliknya stabilitas rendah dengan kelelahan tinggi menunjukkan campuran terlalu plastis yang berakibat perkerasan mudah mengalami deformasi bila menerima beban lalulintas yang berulang.



Gambar 6.8 Hubungan kadar aspal dan jenis agregat kasar dengan QM

Besar nilai QM (*Quotient Marshall*) sehubungan dengan perubahan kadar aspal terlihat pada Gambar 6.8. Kecenderungan dari nilai QM hasil penelitian laboratorium adalah semakin meningkat nilai QM-nya. Hal ini disebabkan dengan pengaruh penggunaan filler fly ash cement dan kapur yang mempunyai sifat apabila terkena air akan mengeras, maka nilai stabilitasnya menjadi naik dan nilai flownya cenderung turun. Kondisi ini berlaku untuk kedua jenis agregat kasar.

6.2.7 Pengaruh filler kapur dan fly ash semen terhadap campuran

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan sebagai filler adalah kapur dan fly ash semen. Kedua bahan tersebut mempunyai pengaruh terhadap kebutuhan kadar aspal optimum, untuk filler fly ash semen dan kapur kadar aspal yang dibutuhkan adalah 5.85 %. Jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan jenis filler abu batu, kadar aspal yang dibutuhkan adalah 7.4 %.

Dari penjelasan diatas , ternyata dapat diketahui bahwa penggunaan filler fly ash semen dan kapur dalam campuran mampu menghemat penggunaan kadar aspal bila dibandingkan dengan campuran yang menggunakan filler abu batu.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada jenis perkerasan *Hot Rolled Shet* (HRS B) beserta dengan analisa yang telah diuraikan didalam pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : dari fenomena yang telah dijelaskan pada bab VI (Kesulitan pada saat pengujian), Bahwa Limbah beton mempunyai kualitas mudah hancur pada saat pemasakan campuran sehingga sukar untuk mendapatkan campuran yang berkualitas pada campuran HRS B, keadaan tersebut berpengaruh terhadap :

7.1.1 Nilai Stabilitas (Ketahanan)

Pada campuran HRS B dengan agregat kasar dari limbah beton maupun dari batuan normal dengan menggunakan filer dari kapur dan *fly ash cement* mempunyai nilai stabilitas yang tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku, sehingga jika digunakan akan mudah mengalami keretakan sewaktu menerima beban. Sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah beton dengan campuran seperti yang telah disebutkan diatas tidak dapat digunakan pada campuran HRS B, dari sisi pandang nilai stabilitasnya karena tidak memenuhi persyaratan Bina Marga.

7.1.2 Nilai Flow (Kelelahan)

Nilai Flow untuk campuran dengan menggunakan agregat kasar dari batu normal yang memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 5,5 %, sedangkan untuk campuran dengan menggunakan agregat kasar dari limbah beton dengan filler kapur dan *fly ash cement* semuanya memenuhi spesifikasi, begitu juga setelah dilakukan Marshall Imertion. Maka dapat disimpulkan bahwa limbah beton dengan campuran yang telah disebutkan diatas dapat digunakan pada campuran HRS B dari sisi pandang Flow-nya, karena memenuhi persyaratan Bina Marga.

7.1.3 Nilai VITM (rongga dalam campuran)

Nilai VITM yang besar pada campuran HRS B dengan agregat kasar dari limbah beton untuk kadar aspal 5,85 % s/d 6,2 % menunjukkan rongga yang terjadi dalam campuran semakin besar, sehingga campuran kurang terhadap kedap air dan udara akibatnya aspal mudah teroksidasi. Jika campuran tersebut diatas digunakan maka campuran bersifat getas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah beton dengan campuran yang telah disebutkan diatas tidak dapat digunakan pada campuran HRS B dari sisi pandang VITM-nya karena tidak memenuhi persyaratan Bina Marga.

7.1.4 Nilai VFWA (Rongga terisi aspal)

Nilai VFWA terlalu rendah pada campuran HRS B dengan menggunakan agregat kasar dari limbah beton dengan kadar aspal 5,85 % s/d 6,2 % akan bersifat porous terhadap udara dan air, jika digunakan campuran akan mudah teroksidasi

dan mempunyai durabilitas rendah. Maka dapat disimpulkan bahwa limbah beton dengan campuran seperti yang telah disebutkan diatas tidak dapat digunakan pada campuran HRS B dari sisi pandang VFWA-nya karena tidak memenuhi persyaratan Bina Marga.

7.1.5 Nilai QM

Dari hasil penelitian diperoleh nilai QM yang tinggi pada campuran baik yang menggunakan agregat kasar dari limbah beton maupun dari batuan normal dengan kadar aspal 5,85 % s/d 6,2 % bersifat kaku dan jika digunakan akan terjadi retak-retak akibat beban lalu lintas. Maka dapat disimpulkan bahwa campuran yang menggunakan agregat kasar batu normal maupun limbah beton dengan Filler kapur dan fly ash cement dengan campuran yang telah disebutkan diatas tidak dapat digunakan pada campuran HRS B dari sisi pandang QM-nya karena tidak memenuhi persyaratan Bina Marga.

Dari evaluasi yang dilakukan terhadap persyaratan Bina Marga ternyata limbah beton yang hanya memenuhi syarat hanya pada sisi pandang nilai Flow dan density sedangkan untuk nilai Stabilitas, VITM, VFWA dan Qm tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan Bina Marga.

7.2 Saran

Berdasarkan pengamatan selama melakukan penelitian dilaboratorim penyusun menyarankan :

1. Hendaknya diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil penelitian antara lain : penimbangan bahan, pemeriksaan bahan baik

bahan aspal maupun batuan, suhu pencampuran, pemadatan dan penimbangan benda uji.

2. Agar penelitian berjalan lancar dan berhasil dengan baik, maka sebelum melakukan selain mengetahui prosedur pelaksanaannya juga harus mengetahui teorinya terlebih dahulu. Sehingga apabila terjadi penyimpangan hasil dapat diketahui sejak awal.
3. Untuk bahan pengisi dalam pelaksanaan di lapangan, disarankan memakai bahan pengisi kapur dan *fly ash cement* hasilnya lebih baik dari bahan pengisi abu terbang. Hal ini akan lebih menghemat penggunaan aspal dalam campuran, karena kapur dan *fly ash cement* mempunyai sifat lebih mudah mengeras apabila terkena air.
4. Penelitian untuk campuran HRS B perlu adanya tindak lanjut bagi para praktikan yang mungkin dengan penggunaan agregat kasar selain limbah beton dapat memenuhi persyaratan dan sekaligus sebagai masukan bagi para pelaksana untuk efisiensi sumber daya serta ekonomis yang mengacu pada pembangunan dan lingkungannya.

BAB VIII

PENUTUP

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT serta salawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhamad SAW. Karena atas rahmat-Nyalah penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Sekali lagi penyusun mengucapkan terima kasih, terutama kepada Bapak Dosen Pembimbing I dan II yang telah membimbing penyusun dari awal hingga akhir secara baik, disamping telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memeriksa tugas akhir hingga selesai. Tidak lupa penyusun sampaikan terima kasih pula kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa disebabkan oleh keterbatasan ilmu dan kemampuan yang penyusun kuasai, maka isi dari tugas akhir ini tentunya masih jauh dari sempurna baik segi isi maupun cara penulisan, sehingga saran-saran dan semua kritik yang membangun dari rekan-rekan mahasiswa serta pembaca lainnya akan sangat penyusun harapkan demi penyempurnaan laporan tugas akhir dikemudian hari.

Akhir kata penyusun berharap mudah-mudahan semua yang terhitung dalam tugas akhir ini, paling tidak akan berguna sebagai masukan bagi rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil khususnya bidang Teknik Sipil Transportasi dan para pembaca lainnya.

DAFTAR FUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, direktorat Jendral Bina Marga, 1983, **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston)**, No. 12/PT/B/1983.
2. Krebs, R.D and Walker, R.D., 1971, **Higway Material** , McGraw-Hill Book Company , Virginia Polytechnic Institute and State University , USA.
3. Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia ,**Petunjuk Praktikum Jalan Raya**, Yogyakarta.
4. Silvia Sukirman ,1992 , **Perkerasan Lentur Jalan Raya** , Nova Bandung.
5. The Asphalt Institute , 1983 , **Asphalt Technology and Construction Practices** , Educational series No. 1 (ES-1), Second Edition , USA.