

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**STUDI KOMPARASI PENGARUH PENGGUNAAN
LIMBAH KERAMIK KASONGAN DAN BATU
PECAH SEBAGAI GRADASI HALUS TERHADAP
PERILAKU CAMPURAN BETON ASPAL**



Disusun Oleh :

Darma Setiyawan

No. Mhs : 93 310 082

NIRM : 930051013114120081

Yessy Ferita

No. Mhs : 93 310 220

NIRM : 930051013114120217

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

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**STUDI KOMPARASI PENGARUH PENGGUNAAN
LIMBAH KERAMIK KASONGAN DAN BATU
PECAH SEBAGAI GRADASI HALUS TERHADAP
PERILAKU CAMPURAN BETON ASPAL**

*Diajukan Guna Memenuhi Syarat Dalam Rangka Meraih Derajat Sarjana Pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta*

Disusun Oleh :

Darma Setiyawan

No. Mhs : 93 310 082

NIRM : 930051013114120081

Yessy Ferita

No. Mhs : 93 310 220

NIRM : 930051013114120217

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

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**STUDI KOMPARASI PENGARUH PENGGUNAAN
LIMBAH KERAMIK KASONGAN DAN BATU
PECAH SEBAGAI GRADASI HALUS TERHADAP
PERILAKU CAMPURAN BETON ASPAL**

Disusun Oleh :

Darma Setiyawan

No. Mhs : 93 310 082

NIRM : 930051013114120081

Yessy Ferita

No. Mhs : 93 310 220

NIRM : 930051013114120217

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

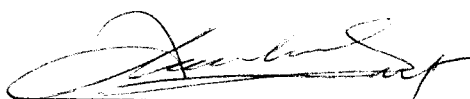
Ir. Sukarno, SU

Dosen Pembimbing I


Tgl : 25-02-2000

Ir. Subarkah, MT

Dosen Pembimbing II


Tgl : 25-02-2000

Motto :

Tiada kata dan perbuatan yang sia-sia bila engkau menuruti perintah-Nya

Tugas Akhir ini Ku persembahkan buat :

Papa dan Mama tercinta,

Adik-adikku tersayang Ayuk Ji, Inga Dedek, Aan dan Koko

Serta Ala Wahyu terkasih

(Chece)

*Kupersembahkan Tugas Akhir ini buat Ayahanda, Ibunda, Kakak dan
Yus tersayang*

(Wawan)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta salawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar tanpa kendala yang cukup berarti.

Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat dalam rangka menempuh jenjang Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Bapak Ir. Sukarno, SU, selaku Dosen Pembimbing I dan dosen penguji Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan dosen penguji Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Widodo, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Tadjuddin.BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

5. Para Staff serta karyawan di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
6. Teman-teman seperjuangan yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu kami dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir kami ini masih banyak kekurangan karena terbatasnya kemampuan pengetahuan serta literatur yang kami gunakan. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi sempurnanya Tugas Akhir kami ini.

Akhir kata , harapan kami semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Februari 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Sampul	i
Lembar Judul	ii
Lembar Pengesahan	iii
Halaman Persembahan	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
Intisari	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	4
1.4. Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Aspal	6
2.2. Agregat	7
2.3. Keramik	10
2.4. Filler	12
2.5. Lapis Aspal Beton	12
2.5.1. Stabilitas	13
2.5.2. Durabilitas	13
2.5.3. Fleksibilitas	13
2.5.4. Kekesatan	14
2.5.5. Ketahanan Kelelahan	14
2.5.6. Kemudahan Untuk Dikerjakan	15
2.5.7. Gradasi	16

BAB III	LANDASAN TEORI	19
	3.1. Perkerasan Jalan	19
	3.2. Bahan Penyusun Perkerasan Lapis Aspal Beton	20
	3.2.1. Aspal Keras	20
	3.2.2. Agregat	24
	3.3. Kadar Aspal Dalam Campuran	29
	3.4. Keramik Kasongan	30
BAB IV	HIPOTESIS	31
BAB V	METODOLOGI PENELITIAN	32
	5.1. Bahan	32
	5.1.1. Asal Bahan	32
	5.1.2. Persyaratan dan Pengujian Bahan	33
	5.1.2.1. Pengujian Aspal	33
	5.1.2.2. Pengujian Agregat	35
	5.2. Peralatan	38
	5.3. Tahapan Penelitian	38
	5.4. Jalannya Penelitian	41
	5.4.1. Persiapan dan Pembuatan Benda Uji	41
	5.4.2. Pengujian Benda Uji	44
	5.5. Anggapan Dasar	45
	5.6. Cara Analitis	46
	5.7. Kesulitan dan Cara Penyelesaiannya	52
BAB VI	HASIL PENELITIAN	54
	6.1. Hasil Penelitian	54
	6.1.1. Hasil Pemeriksaan Agregat	54
	6.1.2. Hasil Pemeriksaan Aspal	56
	6.1.3. Hasil Penelitian Campuran Beton Aspal ...	56
BAB VII	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	62
	7.1. Evaluasi Terhadap Stabilitas	62
	7.2. Evaluasi Terhadap Flow	65
	7.3. Evaluasi Terhadap VITM	67

7.4. Evaluasi Terhadap VFWA	70
7.5. Evaluasi Terhadap Density	72
7.6. Evaluasi Terhadap Quotient Marshall	74
7.7. Evaluasi Terhadap VMA	76
7.8. Evaluasi Hasil Penelitian Terhadap Spesifikasi	77
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	80
8.1. Kesimpulan	80
8.2. Saran	82
Daftar Pustaka	83
Lampiran	84
Hasil Pemeriksaan Marshall Test Agregat Limbah Keramik Kasongan	85
Hasil Pemeriksaan Marshall Test Agregat Batu Pecah	86
Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	87
Pemeriksaan Penetrasi Aspal	88
Pemeriksaan Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal	89
Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	90
Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	91
Pemeriksaan Daktilitas	92
Pemeriksaan Kelarutan Dalam CCl ₄	93
Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	94
Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	95
Sand Equivalent Data	96
Pemeriksaan Keausan Agregat	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Beberapa Jenis Batuan	17
Tabel 2.2. Spesifikasi Gradasi Menerus Lapis Aspal Beton	18
Tabel 5.1. Spesifikasi Pemeriksaan Aspal AC 60-70	35
Tabel 5.2. Spesifikasi Pemeriksaan Agregat Kasar	37
Tabel 5.3. Spesifikasi Pemeriksaan Agregat Halus	37
Tabel 5.4. Spesifikasi Gradasi Agregat Campuran	42
Tabel 5.5. Kebutuhan Agregat Untuk Satu Benda Uji	42
Tabel 5.6. Persyaratan Marshall Test	52
Tabel 6.1. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Batu Pecah	54
Tabel 6.2. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Batu Pecah	55
Tabel 6.3. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Limbah Keramik Kasongan	55
Tabel 6.4. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Limbah Keramik Kasongan	55
Tabel 6.5. Spesifikasi dan Hasil Pengujian Aspal AC 60-70	56
Tabel 6.6. Hasil Test Marshall Dengan Batu Pecah Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston Dengan AC 60-70	59
Tabel 6.7. Hasil Test Marshall Dengan Limbah Keramik Kasongan Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston Dengan AC 60-70	60
Tabel 6.8. Persyaratan Test Marshall Untuk Campuran Laston	61
Tabel 7.7. Koridor Kadar Aspal Cmpuran Dengan Agregat Dari Batu Pecah	78
Tabel 7.7. Koridor Kadar Aspal Cmpuran Dengan Agregat Dari Limbah Keramik Kasongan	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1. Digram Alir Tahapan Penelitian	39
Gambar 7.1. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas	63
Gambar 7.2. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Flow	66
Gambar 7.3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VITM	68
Gambar 7.4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VFWA	70
Gambar 7.5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Density	72
Gambar 7.6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan QM	75
Gambar 7.7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VMA	76

DAFTAR LAMPIRAN

Hasil Pemeriksaan Marshall Test Campuran Laston Dengan Limbah Keramik Kasongan	Lampiran 1
Hasil Pemeriksaan Marshall Test Campuran Laston Dengan Batu Pecah	Lampiran 2
Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	Lampiran 3
Pemeriksaan Penetrasi Aspal	Lampiran 4
Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	Lampiran 5
Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	Lampiran 6
Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	Lampiran 7
Pemeriksaan Daktilitas	Lampiran 8
Pemeriksaan Kelarutan Dalam CCl ₄	Lampiran 9
Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	Lampiran 10
Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	Lampiran 11
Sand Equivalent Data	Lampiran 12
Pemeriksaan Keausan Agregat	Lampiran 13

INTISARI

Laston atau Lapis Aspal Beton, adalah salah satu jenis perkerasan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal dan agregat yang bergradasi menerus yang dicampur dalam keadaan panas. Karakteristik lapis permukaan banyak dipengaruhi oleh bahan susun campuran dan cara pelaksanaan pembuatannya, yaitu pada saat pencampuran, penghamparan dan pemadatannya.

Dalam penelitian ini digunakan bahan limbah keramik kasongan yang digunakan sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton aspal dengan maksud untuk mengetahui nilai stabilitas yang dapat dicapai dari campuran tersebut. Metode yang digunakan adalah cara pemeriksaan dengan metode Marshall dan hasilnya dibandingkan dengan campuran yang menggunakan batu pecah dan spesifikasi Bina Marga. Pada penelitian ini digunakan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% untuk campuran dengan menggunakan batu pecah dan kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8% untuk campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah keramik kasongan sebagai bahan pengganti agregat halus ternyata lebih jelek daripada penggunaan batu pecah sebagai agregat halus. Hal ini ditunjukkan dengan nilai Stabilitas, Flow, VITM, VFWA dan Density yang lebih jelek. Dari hasil penelitian ini juga diketahui jumlah aspal yang dibutuhkan untuk satu campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus ternyata lebih banyak daripada campuran menggunakan agregat batu pecah. Untuk mendapatkan campuran beton aspal yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, kadar aspal pada campuran dengan menggunakan agregat limbah keramik kasongan yang dibutuhkan sebesar 6,08%, sedangkan pada campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus, kadar aspal yang dibutuhkan sebesar 5,95%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan khususnya di bidang infrastruktur, telah menunjukkan peningkatan yang luar biasa, maka dengan sendirinya akan berpengaruh terhadap mobilitas penduduk dalam berhubungan antara satu daerah dengan daerah lainnya. Dalam rangka untuk menunjang pertumbuhan dan mobilitas tersebut maka diperlukan sarana dan prasarana transportasi. Adapun bentuk transportasi ada 3 macam yaitu : Udara, Laut dan Darat. Dalam penulisan ini akan ditinjau tentang salah satu unsur transportasi yaitu jalan raya.

Seperti kita ketahui dalam perencanaan suatu perkerasan struktur jalan raya harus memenuhi kriteria atau ketentuan yaitu : ekonomis, aman, nyaman dan tahan lama. Dalam perencanaan jalan raya ada yang di kenal dengan lapis perkerasan yaitu lapis permukaan ("Surface Course") yang terbuat dari campuran aspal dan agregat.

Banyak ragam lapis perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia, salah satu diantaranya adalah perkerasan Lapis Aspal Beton (Laston) yang merupakan komponen lapis keras yang terbuat dari campuran antara agregat

bergradasi menerus, mineral pengisi (“Filler”) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung antara 90% - 95% berdasarkan prosentase berat campuran, sehingga dapat memberikan daya dukung, keawetan dan kualitas yang tinggi bagi Laston. Agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus serta “filler”. Penggunaan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan kelenturan (“Flexibility”) dan durabilitas yang baik tetapi tidak demikian dengan stabilitas. Dengan demikian haruslah ditentukan suatu campuran antara agregat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan Lapis Aspal Beton dengan kualitas yang sesuai dengan persyaratan teknis / spesifikasi.

Faktor yang sangat mempengaruhi nilai stabilitas dari Lapis Aspal Beton adalah gaya gesek dalam (“Internal Friction”) dan sifat saling mengunci (“Interlocking”) dari agregat tersebut. Gaya gesek dalam merupakan gabungan dari bentuk partikel, tekstur permukaan partikel, ukuran partikel dan gradasi.

Dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan, maka akan berpengaruh terhadap ketersediaan bahan/material, yang dalam hal ini bahan batuan sebagai bahan susun lapis perkerasan. Bertitik tolak dari masalah ini, maka dilakukan penelitian tentang pengaruh limbah keramik kasongan sebagai agregat halus pada campuran Laston dengan mengacu kepada spesifikasi Bina Marga.

Keramik kasongan mempunyai sifat yang baik karena merupakan campuran dari 3 macam bahan yang baik, yaitu terdiri dari satu bagian tanah

merah daerah kasongan, seperempat bagian pasir dan seperdelapan bagian tanah liat putih. Campuran yang dihasilkan sangat solid. Campuran tersebut kemudian dibakar dengan menggunakan tungku dengan pemanasan yang bertahap, sehingga keramik yang didapatkan sangat kuat/keras tetapi tidak getas, karena pembakarannya dilakukan secara bertahap.

Dengan demikian untuk memenuhi kebutuhan material, dapat dimanfaatkan limbah keramik kasongan yang selama ini hanya menumpuk dan dibuang ke sungai saja. Sehingga limbah yang tidak termanfaatkan tersebut dapat bernilai guna sebagai material yang murah, dan mudah mendapatkannya, dan diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat, khususnya di daerah Kasongan.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan seperti di bawah ini.

1. Mempelajari karakteristik Laston yang menggunakan agregat halus dari limbah keramik kasongan dan yang menggunakan agregat halus dari batu pecah.
2. Membandingkan hasil yang didapat di atas dengan mengacu kepada standar spesifikasi Bina Marga.

1.3. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti berikut ini.

1. Limbah keramik kasongan dapat menambah pengetahuan tentang bahan alternatif penyusun perkerasan jalan selain bahan alternatif lain yang sudah diteliti.
2. Limbah keramik kasongan dapat dimanfaatkan sebagai bahan perkerasan jalan sebagai agregat halus, terutama pada daerah yang banyak menghasilkan barang-barang keramik tersebut yaitu daerah kasongan.

1.4. Batasan Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti memberikan batasan-batasan sebagai berikut.

1. Bahan.

Bahan yang digunakan adalah batu pecah yang digunakan sebagai agregat kasar dan halus, limbah dari produk kerajinan keramik kasongan yang merupakan suatu produk yang sudah melalui proses pembakaran, namun pada waktu “finishing” mengalami rusak atau cacat, yang hanya digunakan sebagai agregat halus serta aspal AC 60-70 sebagai bahan pengikat.

2. Lokasi material

Bahan agregat batu pecah merupakan hasil dari mesin pemecah batu (“Stone Crusher”) berasal dari PT. Perwita Karya. Limbah keramik berasal dari daerah kerajinan keramik Kasongan Yogyakarta. Aspal AC 60-70 merupakan produksi Pertamina yang diambil dari PT. Perwita Karya.

3. Variabel yang digunakan.

Pada penelitian ini, karakteristik Laston dijelaskan dengan metode pemeriksaan Marshall ("Marshall Test") melalui parameter : Stabilitas, Kelelehan ("Flow"), Rongga dalam campuran (VITM = "Void In The Mix"), Rongga terisi aspal (VFWA = "Void Filled With Asphalt"), dan "Marshall Quotient". Hasil dari uji Marshall diatas hanya untuk meneliti campuran dari segi kekuatannya saja.

4. Alat uji.

Alat uji yang digunakan adalah alat uji yang telah ada di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII. Alat-alat yang digunakan meliputi alat uji Marshall dan beberapa alat bantu lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap agak hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur “asphaltenes”, “resin” dan “oils”. “Asphaltenes” adalah bagian yang mempunyai berat jenis terbesar, “resin” mempunyai berat jenis sedang dan “oils” berat jenisnya paling kecil. Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar daripada kekuatan masing-masing agregat. Aspal keras atau “Asphalt Cement” (AC) adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan dan kualitas khusus. (Kerbs and Walker, 1971).

Aspal merupakan salah satu komponen yang kecil jumlahnya, umumnya hanya 4% - 10% berdasarkan berat totalnya atau 10% - 15% berdasarkan volume totalnya, tetapi merupakan komponen yang mahal. (Asphalt Technology And Construction Practices, The Asphalt Intitutes, Educational Series No.1, Second Edition, 1983).

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 utama penyusun jalan. Pemilihan agregat yang sesuai untuk dipergunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, tekstur permukaan, porositas, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan. (Kerbs and Walker, 1971).

Agregat bentuk pecah akan memiliki gaya gesek dalam (“Internal Friction”) yang tinggi dan saling mengunci (“Inter Locking”) sehingga akan menambah kestabilan konstruksi lapis keras guna menghasilkan stabilitas yang tinggi. Disyaratkan bahwa minimum 40% dari agregat tertahan saringan No.4 mempunyai paling sedikit satu bidang pecah.(Kerbs and Walker,1971).

Agregat batu pecah yang butirannya sejauh mungkin harus mendekati bentuk kubus merupakan hasil mesin pemecah batu (“Stone Crusher”) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas, berbentuk bidang rata sehingga “interlocking” / saling mengunci akan lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat batu pecah ini paling baik untuk digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

Agregat dalam campuran lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan utama perkerasan. Agregat berperan dalam mendukung dan meneruskan beban roda

kendaraan ke lapis tanah dasar. Untuk itu persyaratan yang berkaitan dengan kemampuan meneruskan dan mendukung beban menjadi utama.

Menurut ukuran butirnya agregat dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar (F1)

Agregat yang digunakan bisa batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering, merupakan agregat dengan ukuran terkecil terletak diatas saringan No.3 (6,35 mm) dengan persyaratan sebagai berikut ini.

- a. Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin Los Angeles pada 500 (PB 0206-76) maksimum 40%.
- b. Kelekatan terhadap aspal (PB 0205-76) harus lebih besar dari 95%.
- c. Index kepipihan agregat (BS) maksimum 25%.
- d. Minimum 50% dari agregat kasar harus mempunyai sedikitnya satu bidang pecah.
- e. Penyerapan air oleh agregat (PB 0202-76) maksimum 3%.
- f. Berat jenis semu (apparent) agregat (PB 0202-76) minimum 2,50.
- g. Gumpalan lempung agregat maksimum 0,25%.
- h. Bagian-bagian batu yang lunak dari agregat maksimum 5%.

2. Agregat halus (F2)

Agregat halus harus berupa bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa berupa pasir bersih, bahan-bahan halus hasil

pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering. Agregat halus merupakan agregat dengan ukuran lolos saringan No.4 (4,76 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0,074 mm) serta memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

- a. Nilai Sand Equivalent Agregat (AASTHO) minimum 50.
- b. Berat jenis semu (apparent) agregat (PB 0203-76) minimum 2,50.
- c. Dari pemeriksaan Atterberg (PB 0109-776), agregat harus non plastis.
- d. Peresapan agregat terhadap air (PB 0202-76) max 3%.

Menurut proses terbentuknya, yang dapat digunakan sebagai bahan jalan meliputi batuan dan bahan sisa / bekas. Khusus untuk bahan sisa / bekas, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut ini.

1. Kriteria penggunaannya.
 - a. Jumlah bahan yang tersedia pada suatu lokasi harus cukup.
 - b. Jarak angkut yang pantas.
 - c. Bahan tidak bersifat terlalu toxic.
 - d. Bahan tidak larut dalam air.
2. Sumber dan bentuk bahan bekas.
 - a. Penambangan, sisa galian dan sisa hasil produksi.
 - b. Sisa dari produksi logam.
 - c. Sisa dari hasil produksi industri.
 - d. Sisa dari hasil pertanian dan hasil hutan.

3. Klasifikasi.

Diklasifikasikan sebagai bahan kelas I yaitu bahan yang berpotensi tinggi, karena karakteristik bahannya diproduksi secara alami.

4. Karakteristik bahan.

- a. Tujuan penggunaan untuk teknis jalan.
- b. Bahan timbunan sebagai agregat (“subbase”, “base”, “surface”).

5. Persyaratan khusus.

- a. Tanpa bahan organik.
- b. Tidak “Swelling” dengan adanya air.
- c. Tidak mengandung bahan yang larut air.
- d. Tidak “Porous”.

Dalam penelitian ini yang berfungsi sebagai agregat halus (F2) adalah limbah keramik kasongan.

2.3. Keramik

Barang keramik banyak macam dan ragamnya, tetapi pada pokoknya dapat dibagi dalam dua golongan besar, yaitu sebagai berikut ini.

1. Barang yang tidak mengisap air.

Barang-barang yang tidak mengisap air terdiri dari golongan porselen dan golongan gerabah keras. Barang-barang tersebut dibuat dari tanah putih (kaolin) dicampur dengan kwarsa, batu kapur dan felspat kemudian dibakar sampai $\pm 1400^{\circ}\text{C}$.

2. Barang yang mengisap air

Barang-barang yang mengisap air terdiri dari golongan gerabah yang lunak dan golongan barang-barang untuk bahan bangunan, seperti batu bata, genteng, ubin merah, pipa tanah, dan sebagainya. Barang-barang yang mengisap air dari golongan gerabah yang lunak, terdiri dari bahan kaolin, tanah liat dan kwarsa, hanya suhu pembakarannya yang lebih rendah daripada porselen, yaitu antara 900 dan 1200°C. Bahan-bahan untuk barang-barang bangunan dibuat dari tanah merah yang liat dan pasir atau semen merah dengan membakarnya sampai suhu antara 900° - 1000°C. (R.A.Razak, 1992).

Limbah keramik adalah merupakan bahan limbah dari suatu produksi kerajinan keramik. Sesuai dengan persyaratan agregat sebagai bahan jalan yang apabila ditinjau dari proses terbentuknya meliputi batuan dan bahan sisa / bekas serta ditinjau dari kriteria penggunaan, sumber, bentuk bahan bekas dan klasifikasinya maka, limbah keramik dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai agregat halus Fraksi II (FII).

Keramik yang digunakan sebagai agregat halus adalah yang telah ditumbuk dengan alat penumbuk. Keramik yang telah ditumbuk kemudian disaring sesuai dengan persyaratan gradasi agregat Fraksi II (FII). Untuk Laston, agregat yang dipakai adalah yang lolos saringan No.4 (4,76 mm) dan tertahan No.200 (0,074 mm).

2.4. "Filler"

"Filler" adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan No.200. "Filler" atau bahan pengisi ini akan mengisi rongga diantara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel yang lolos saringan No.200 sehingga membuat rongga udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar. (David G. Tunnicliff, 1962).

Mineral "filler" merupakan salah satu faktor penentu terhadap stabilitas, keawetan dan sifat mudah dikerjakan dari campuran Laston.

2.5. Lapis Aspal Beton

Menurut Bina Marga pada petunjuk pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1987, Lapis Aspal Beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi ("Filler"), sedangkan aspal yang digunakan biasanya jenis aspal keras AC 60-70 dan AC 80-100. (Petunjuk Pelaksanaan Laston Dept.PU, 1987).

Lapis Aspal Beton dapat digunakan sebagai lapis permukaan ("surface course"), perata ("leveling"), dan sebagai lapis antara ("binder"). Untuk masing-masing fungsi tersebut terdapat perbedaan sifat yang harus dipenuhi. Perbedaan itu diantaranya dalam hal gradasi agregat yang digunakan serta kadar aspal dalam campuran.

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh suatu campuran lapis aspal beton dijelaskan berikut ini.

2.5.1. Stabilitas (“Stability”)

Stabilitas adalah ketahanan / kemampuan dari suatu lapis keras untuk tidak berubah bentuk yang diakibatkan oleh beban lalu lintas. Beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas adalah “Friction”, “Cohesion” dan “Inertia”. Suatu lapis keras dapat dikatakan mempunyai stabilitas yang tinggi, apabila ketiga faktor tersebut nilainya tinggi. “Friction” dari kelompok batuan (“Aggregate Mass”) tergantung pada gaya gesek dalam antar partikel (“Inter Particel Friction”) serta daya lekat (“Mass Viscosity”) dari aspalnya. (The Asphalt Institute, 1983).

2.5.2. Durabilitas (“Durability”)

Durabilitas lapis keras adalah ketahanan lapis keras tersebut terhadap pengaruh cuaca dan beban lalu lintas. 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 Asphalt Institute, 1983).

2.5.3. Fleksibilitas (“Flexibility”)

Fleksibilitas suatu campuran perkerasan menunjukan kemampuan untuk menahan lendutan dan tekukan misalnya dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan kecil dari lapisan di bawahnya terutama tanah dasarnya (“Subgrade”), tanpa mengalami keretakan. Untuk meningkatkan kelenturan, pemakaian agregat dengan gradasi terbuka sangat sesuai, tetapi dengan pemakaian tersebut akan

didapatkan stabilitas yang tidak sebaik bila menggunakan gradasi rapat. Sifat aspal terutama daktilitasnya sangat menentukan kelenturan perkerasan. Aspal yang mempunyai daktilitas rendah, maka dalam perkerasan akan menghasilkan suatu perkerasan yang fleksibilitasnya rendah. (The Asphalt Institute, 1983).

2.5.4. Kekesatan (“Skid Resistance”)

Yang dimaksud di sini adalah kemampuan dari perkerasan untuk memperkecil kemungkinan terjadi roda kendaraan selip atau tergelincir terutama pada waktu permukaan jalan basah. Permukaan jalan yang kasar mempunyai nilai kekesatan yang lebih baik dari permukaan jalan yang halus. Permukaan jalan yang terlalu kasar menimbulkan gangguan kenyamanan karena bunyi yang timbul akibat sentuhan antara ban dengan permukaan jalan serta ban menjadi lebih mudah aus. “Skid Resistance” diperoleh dengan “Surface Texture” yang kasar. Permukaan perkerasan jalan yang mengalami “bleeding”, “skid resistance” menjadi rendah. Oleh karena itu kadar aspal yang cukup dan masih tersedianya rongga udara (3 – 5 %) untuk pemuaian aspal akan membantu tercapainya nilai “Skid Resistance” yang optimum. (The Asphalt Institute, 1983).

2.5.5. Ketahanan Kelelahan (“Fatigue Resistance”)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari Lapis Aspal Beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur (“Rutting”) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah sebagai berikut ini.

1. VITM (“Void In The Mix”) : 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 menjadi lebih fleksibel.(Silvia Sukirman, 1987).

2.5.6. Kemudahan untuk dikerjakan (“Workability”)

Kemudahan suatu campuran perkerasan untuk dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada pekerjaan perkerasan jalan. Sifat kemudahan ini penting, artinya karena pada pekerjaan pencampuran, pemadatan dan penghamparan 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 sebagai berikut ini.

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi rapat/baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.
2. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
3. Kandungan bahan pengisi yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.
(The Asphalt Institute, 1983).

2.5.7. Gradasi

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari batuan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang berpengaruh pada stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. (Teknologi Beton, Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, ME,1992).

Gradasi dihitung melalui material yang lolos saringan dengan menimbang agregat yang tertahan di masing-masing saringan. Pembuatan spesifikasi gradasi berfungsi sebagai berikut ini.

1. Untuk mengontrol material dan memperoleh kualitas perkerasan yang sesuai.
2. Untuk mendapatkan penggunaan material yang tersedia secara optimum.
3. Untuk mengurangi pemborosan biaya melalui standarisasi ukuran butir dan spesifikasi gradasi yang ditentukan.

(Asphalt Technology and Construction Practice, Asphalt Institute, Educational Series No.1,1983).

Adapun gradasi agregat dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu sebagai berikut ini.

1. Gradasi seragam atau gradasi terbuka, yaitu prosentase campuran yang sejenis atau mengandung batuan halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.
2. Gradasi rapat atau gradasi baik, yaitu prosentase campuran batuan kasar dan halus dalam jumlah yang seimbang. Gradasi ini mempunyai sifat mudah dipadatkan karena rongga antar butiran hampir seluruhnya terisi oleh butiran yang lebih kecil.

3. Gradasi jelek, yaitu campuran batuan yang tidak sesuai dengan 2 ketentuan di atas.

Adapun sifat-sifat yang dimiliki oleh ketiga jenis gradasi batuan di atas dapat dilihat pada tabel 2.1. berikut ini.

Tabel 2.1. Sifat-sifat beberapa jenis batuan

Gradasi Seragam	Gradasi Rapat	Gradasi Timpang
Kontak antar batuan baik	Kontak antar batuan baik	Kontak antar batuan jelek
Kepadatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi	Kepadatan seragam dan kepadatan tinggi	Kepadatan seragam dan kepadatan jelek
Stabilitas dalam keadaan terbatas tinggi	Stabilitas tinggi	Stabilitas sedang
Stabilitas dalam keadaan lepas rendah	Kuat menahan deformasi	Stabilitas rendah dalam keadaan basah
Sulit untuk dipadatkan	Tidak terlalu sulit untuk dipadatkan	Mudah untuk dipadatkan
Mudah diresapi air	Tingkat permeabilitas tinggi	Tingkat permeabilitas rendah
Tidak dipengaruhi kadar air	Pengaruh variasi kadar air cukup	Kurang dipengaruhi bervariasinya kadar air

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman, 1987.

Untuk aspal beton, gradasi yang digunakan adalah gradasi menerus. Spesifikasi yang digunakan berpedoman pada Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1987. Di dalam peraturan ini juga disebutkan bahwa bahan pengisi untuk lapis aspal beton adalah bahan berbutir halus yang lolos saringan No.200 minimal 65 %. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang dapat

mengganggu dan apabila dilakukan analisa saringan terhadap bahan pengisi maka akan didapatkan gradasi seperti pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Spesifikasi Gradasi Menerus Lapis Aspal Beton

No. Saringan (mm)	Spesifikasi (%)
$\frac{3}{4}$ " (19,10)	100
$\frac{1}{2}$ " (12,70)	80 – 100
$\frac{3}{8}$ " (9,52)	70 – 90
# 4 (4,76)	50 – 70
# 8 (2,38)	35 – 50
# 30 (0,59)	18 – 29
# 50 (0,177)	13 – 23
# 100 (0,149)	8 – 16
# 200 (0,074)	4 – 10

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1987

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi di atas tanah dasar (“Subgrade”) yang berfungsi mendukung beban lalu lintas, kemudian menyebarkan ke tanah dasar sehingga tidak menimbulkan tekanan lebih besar dari daya dukung izin tanahnya. Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) 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 semen portland (PC).
 3. Konstruksi perkerasan komposit (“Composite Pavement”) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.
- (Silvia Sukirman, 1987).

Dari ketiga jenis perkerasan tersebut, perkerasan lentur masih menjadi pilihan utama untuk digunakan, karena dirasa lebih menguntungkan dibanding dengan jenis perkerasan lainnya.

Pada prinsipnya konstruksi perkerasan lentur tersusun dari tiga bagian, yaitu lapis pondasi bawah (“Sub Base Course”), lapis pondasi atas (“Base Course”) dan lapis permukaan (“Surface Course”).

Konstruksi lapis perkerasan jalan yang banyak digunakan di Indonesia dewasa ini adalah konstruksi yang dikerjakan secara panas (“Hot Mix”) pada proses pencampuran, penghamparan maupun pemadatan.

Salah satu jenis konstruksi lapis perkerasan yang banyak digunakan pada saat ini adalah Konstruksi Lapis Aspal Beton (Laston).

3.2. Bahan Penyusun Perkerasan Lapis Aspal Beton

Secara prinsip bahan penyusun perkerasan Lapis Aspal Beton terdiri dari aspal dan agregat, keduanya dapat dicampur dalam keadaan panas dengan batasan-batasan tertentu sesuai dengan spesifikasinya dan syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kegagalan konstruksi yang disebabkan oleh bahan penyusunnya.

3.2.1. Aspal Keras / Asphalt Cement (AC)

Bahan dasar utama aspal adalah “hidrocarbon” yang sering disebut dengan bitumen pada aspal beton. Aspal yang digunakan adalah aspal hasil residu dari destilasi minyak bumi yang sering disebut dengan aspal semen (AC). Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran beton aspal dan memberikan lapisan kedap air, tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam.

Aspal semen pada temperatur ruang ($25^{\circ} - 30^{\circ} \text{ C}$) berbentuk padat. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C ataupun berdasarkan nilai Viscositasnya.

Sesuai dengan fungsi aspal sebagai lapis permukaan jalan aspal harus dapat mengeras. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan aspal mengeras seiring dengan berjalannya waktu, dijelaskan berikut ini.

1. "Rheologic", yaitu hubungan antara tegangan dan regangan dipengaruhi oleh waktu.
2. "Thermoplastic", maksudnya adalah "viscositas" aspal berubah-ubah sejalan dengan berubahnya temperatur, pada suhu yang tinggi "viscositas"-nya rendah, aspal akan dapat menyelimuti batuan dengan baik dan rata tetapi jika pemanasan berlebihan akan mengakibatkan molekul-molekul yang ringan akan menguap, sehingga akan merusak sifat aspal yaitu aspal akan cepat mengeras / getas. Sebaliknya dengan pemanasan yang kurang, viscositas aspal tinggi (kental), sehingga aspal tidak dapat menyelimuti batuan secara menyeluruh sehingga daya ikatnya dengan batuan menjadi kurang dan penyerapan oleh batuan juga kurang, hal ini menyebabkan "stripping process", yaitu lepasnya lapis aspal dari agregat akibat pengaruh air.
3. "Durability", yaitu daya tahan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya terhadap perubahan yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca maupun karena "processing". Ini semua dapat dilihat dari daya

tahannya menjadi keras sesuai dengan berjalannya waktu. Faktor-faktor yang menyebabkan hal tersebut adalah sebagai berikut ini.

- a. Oksidasi (“Oxidation”), adalah reaksi antara aspal dengan udara, proses ini tergantung pada temperaturnya, misalnya pada air “blowing process”, yaitu saat aspal dihembus udara pada temperatur tinggi dapat menyebabkan sifat aspal kurang peka terhadap oksidasi sehingga akan terbentuk suatu lapis film yang keras. Lapis film sangat tipis sehingga jika retak-retak maka oksidasi akan terjadi lagi, demikian seterusnya. Lapis tipis ini mengandung komponen yang larut dengan air, sehingga jika air melewatinya, lapis tipis ini akan ikut terbawa. Akibat proses oksidasi inilah yang menyebabkan terus berkurangnya kadar aspal dalam konstruksi lapis keras. Dengan gradasi yang rapat dan kepadatan yang baik maka dapat dihindarkan masuknya air dan udara ke dalam konstruksi sehingga proses oksidasi dapat dihindari semaksimal mungkin.
- b. “Volatilization”, adalah proses penguapan (“evaporasi”) bagian-bagian aspal yang memiliki berat molekul kecil. Jika aspal terlalu banyak kehilangan bagian yang memiliki molekul aspal kecil maka aspal akan mengeras seiring berjalannya waktu.

Proses “Volatilization” ini dipercepat dengan cara:

1. pemanasan aspal dengan suhu yang terlalu tinggi,
2. pengadukan aspal pada keadaan panas, dan

3. pemanasan pada suhu tinggi dengan rentang waktu yang lama.
- c. “Polymerization” adalah penggabungan molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar. Berdasarkan hasil penelitian laboratorium, bagian labil cenderung membentuk molekul yang lebih besar, yang berubah menjadi “asphaltense”. Akibat perubahan ini aspal menjadi keras dan mudah mengalami retak-retak.
- d. “Thixotropy”, adalah perubahan “viscositas” aspal, jika aspal tidak mendapatkam tegangan. Peristiwa ini berlangsung pada komposisi kimia yang sama. Hal ini dapat dihilangkan dengan cara memberikan beban pada aspal.
- e. “Separation”, adalah pemisahan “resins” atau “oils” atau “asphaltense” dari aspalnya. Peristiwa ini dapat terjadi waktu berlangsungnya proses pencampuran agregat dengan aspal, yaitu pada saat penyerapan selektif aspal oleh agregat. Jadi jika yang diserap adalah “resins” atau “oils”-nya, aspal yang tertinggal akan mengeras. Sebaliknya, jika yang diserap “asphaltense”-nya, aspal akan bertambah lunak.
- f. “Synerisis”, adalah istilah yang menunjukkan adanya kenampakkan noda-noda pada permukaan aspal. Noda ini disebabkan oleh terjadinya suatu pembentukan baru dalam aspal dan struktur baru tersebut terbentuk di permukaan aspal. Struktur baru ini umumnya merupakan bagian yang memiliki berat molekul yang besar dan

yang menyebabkan aspal dibagian permukaan menjadi keras. “Synerisis” terjadi dengan ditandai noda-noda pada permukaan aspal dengan warna yang tidak homogen.

3.2.2. Agregat

Agregat merupakan bahan penyusun utama konstruksi perkerasan jalan yakni mencapai 90% - 95% terhadap berat total komponen penyusun perkerasan atau 75% - 80% dari volume total, sehingga sifat dan kualitas agregat akan sangat mempengaruhi sifat dan kualitas konstruksi jalan tersebut.

Permeabilitas suatu campuran, sangat menentukan daya tahan lapis perkerasan, tidak saja bergantung pada kandungan volume rongga udara tapi juga ditentukan pula oleh gradasi agregatnya. Gradasi atau distribusi butiran berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan, gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga udara antar butiran yang akan menentukan stabilitas.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan. Saringan paling kasar diletakkan di atas dan saringan yang paling halus diletakkan paling bawah dan di bawahnya diletakkan pan.

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, bentuk dan tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal, kebersihan dan sifat kimia. (Kerbs and Walker, 1971).

1. Ukuran dan gradasi

The Asphalt Institute mengelompokkan agregat menjadi 4 (empat) fraksi, yaitu seperti berikut ini.

- a. Agregat kasar, batuan yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm).
- b. Agregat halus, batuan yang lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.30 (0,60 mm).
- c. Mineral pengisi, batuan yang lolos saringan No.30 (0,60 mm).
- d. Mineral debu ("Filler"), fraksi agregat halus lolos saringan No.200 (0,074 mm).

Untuk ukuran yang tepat sesuai dengan persyaratan yang ada maka untuk Laston saringan yang digunakan adalah : $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", #4, #8, #30, #50, #100 dan #200.

Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai seperti berikut ini.

- a. Gradasi seragam ("Uniform Graded"), gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran butiran yang hampir sama atau yang mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya, sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapis perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.
- b. Gradasi rapat ("Dense Well Graded"), gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang. Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan

dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainasi jelek dan berat volume besar.

- c. Gradasi senjang (“Poorly Gap Graded”), gradasi senjang merupakan campuran agregat yang tidak termasuk dua jenis gradasi di atas yang merupakan agregat dengan satu atau beberapa fraksi yang tidak disertakan.

Untuk Lapis Aspal Beton, gradasi yang digunakan adalah gradasi menerus. Spesifikasi yang digunakan berpedoman pada Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1987.

2. Kekerasan batuan (“Thoughnes”)

Batuan yang digunakan untuk konstruksi lapis perkerasan harus cukup keras, tetapi juga disertai dengan kekuatan terhadap pemecahan (degradasi) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, penghamparan, pemadatan, repitisi beban lalu lintas dan penghancuran batuan (desintegrasi) selama masa pelayanan jalan tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yaitu seperti berikut ini.

- a. agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras,
- b. gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar daripada gradasi timpang,
- c. partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih kecil daripada partikel yang bersudut, dan

- d. energi pemadatan yang lebih besar akan mengakibatkan degradasi pada butiran agregat.

Untuk menguji kekuatan batuan, digunakan alat “Los Angeles Abrasion Test”, yaitu metode pengujian ketahanan batuan terhadap benturan (“impact”) dan keausan (“abrasion”). Persyaratan nilai keausan batuan untuk “surface course” maksimum 40%, sedangkan untuk menguji ketahanan terhadap cuaca, digunakan “soundness test”, agregat dengan “soundness test” lebih kecil 12% menunjukkan agregat yang cukup tahan terhadap cuaca dan dapat digunakan untuk lapis perkerasan.

3. Bentuk (“Shape”)

Bentuk butiran adalah faktor yang sangat penting untuk mendapatkan gaya gesek antara batuan dan perkerasan, di samping itu bentuk butiran juga berpengaruh terhadap stabilitas konstruksi perkerasan jalan. Bentuk butiran yang kasar akan menghasilkan sudut dalam yang besar daripada bentuk butiran yang permukaannya halus, dengan adanya ikatan yang baik antar partikel maka perkerasan akan mampu menahan deformasi yang timbul akibat beban lalu lintas yang terjadi.

4. Tekstur Permukaan

Tekstur permukaan dari bahan batuan dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu seperti berikut ini.

- a. Batuan kasar (“rough”), memberikan “internal friction”, “skid resistance” serta kelekatan aspal yang baik pada campuran, biasanya batu pecah mempunyai “surface texture” yang kasar.
- b. Batuan halus (“smooth”), mudah dilapisi aspal tetapi “internal friction” dan kelekatanannya kurang baik dibandingkan dengan batuan kasar
- c. Batuan mengkilat (“polished”) memberikan “internal friction” yang rendah sekali dan sulit dilekati aspal.

5. Porositas

Porositas berpengaruh terhadap kekuatan, kekerasan dan pemakaian aspal dalam campuran. Semakin banyak pori batuan maka semakin kecil kekuatan dan kekerasannya, serta memerlukan aspal lebih banyak, selain itu pori batuan banyak mengandung air, dan air ini akan sulit dihilangkan, sehingga mengganggu kelekatan antara aspal dengan batuan.

6. Kelekatan terhadap aspal

Faktor-faktor yang berpengaruh adalah “surface texture”, “surface coating”, “surface area”, porositas dan reaktifitas kimiawi. Lekatan aspal pada batuan merupakan ikatan, jika aspal mengandung asam tertentu dan batuan merupakan basa “lime stone”.

7. Kebersihan

Bersihnya permukaan batuan dari bahan-bahan yang dapat menghalangi melekatnya aspal sangatlah penting, bahan-bahan tersebut dapat berupa lumpur,

zat organik, partikel lempung dan lain sebagainya, karena substansi tersebut dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan.

8. Sifat kimiawi permukaan

Keadaan ini dipengaruhi oleh keadaan batuanannya, agregat yang bersifat basa biasanya akan lebih mudah dibasahi aspal daripada air, hal ini terjadi karena muatan listrik pada agregat adalah muatan listrik positif. Jika muatan listrik pada permukaan agregat adalah negatif maka agregat ini berupa asam maka akan mudah dibasahi air daripada aspal. Pengenalan jenis muatan pada permukaan agregat ini penting, karena sekarang tersedia jenis aspal baik yang “kationik” (muatan listrik positif) maupun “anionik” (muatan listrik negatif) yang dapat dipilih sesuai dengan jenis agregatnya.

3.3. Kadar Aspal Dalam Campuran

Pemakaian aspal dalam campuran sangat menentukan kekedapan campuran terhadap air dan udara. Semakin banyak kadar aspal dalam campuran akan semakin rapat campuran itu karena rongga dalam campuran terisi aspal. Sebaliknya bila kadar aspal terlalu sedikit maka campuran kurang rapat karena ada rongga yang tidak terisi aspal, maka kadar aspal yang optimum berperan terhadap lapis perkerasan.

Agar diperoleh kualitas beton aspal yang optimal maka kadar aspal dalam campuran harus ditentukan secara tepat. Kadar aspal yang tepat tersebut akan dipengaruhi oleh gradasi agregat dan penyerapannya terhadap aspal. Untuk

menentukan kadar aspal yang akan memberikan campuran yang optimal, dilakukan pengujian campuran dengan cara Marshall.

3.4. Keramik Kasongan

Penelitian-penelitian tentang pemanfaatan limbah keramik untuk dijadikan produk yang bernilai tinggi telah banyak dilakukan.

Keramik kasongan adalah suatu bentuk kerajinan keramik / gerabah yang berasal dari daerah Kasongan di Yogyakarta. Kerajinan keramik tersebut terbuat dari tanah liat yang dicampur dengan bahan tanah liat putih dan pasir dengan komposisi campuran satu tanah liat merah ditambah seperdelapan tanah liat putih ditambah seperempat pasir, sehingga apabila tercampur dengan sedikit air akan bersifat plastis. Keramik ini kemudian dibakar dengan menggunakan tungku secara bertahap.

Limbah keramik adalah merupakan pecahan-pecahan keramik setelah pembakaran yang tidak dapat dipergunakan. Limbah keramik yang dipergunakan sebagai agregat halus adalah limbah keramik yang telah ditumbuk dengan alat penumbuk.

BAB IV

HIPOTESIS

Hipotesa yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat halus dari batu pecah akan menghasilkan campuran beton aspal yang lebih kuat daripada yang menggunakan agregat halus dari limbah keramik kasongan, hal ini ditandai dengan nilai stabilitas lebih tinggi, flow lebih tinggi, VITM lebih tinggi, VFWA lebih rendah, dan Marshall Quotient yang lebih tinggi.
2. Agregat halus dari batu pecah akan menghasilkan campuran beton aspal yang lebih kuat daripada yang menggunakan agregat halus dari limbah keramik kasongan tetapi keduanya masih memenuhi standar spesifikasi Bina Marga.

BAB V

METODOLOGI PENELITIAN

Sebagai tempat penelitian, penulis menggunakan Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penelitian yang dilakukan tersebut intinya adalah pengujian benda uji beton aspal dengan cara Marshall. Sebelum pengujian benda uji dengan cara Marshall tersebut, terlebih dahulu dilakukan pengujian/pemeriksaan sifat-sifat bahan. Hal ini dilakukan selain agar diperoleh bahan-bahan yang memenuhi persyaratan, beberapa jenis pengujian/pemeriksaan tersebut juga diperlukan dalam perhitungan-perhitungan serta pembahasan hasil penelitian.

5.1. Bahan

5.1.1. Asal Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari aspal, agregat batu pecah dan agregat dari limbah keramik kasongan.

Aspal yang digunakan adalah jenis aspal keras AC 60-70 produksi Pertamina, yang diperoleh dari PT.Perwita Karya. Agregat batu pecah merupakan hasil dari mesin pemecah batu (“Stone Crusher”) dari PT.Perwita Karya. Sedangkan agregat limbah keramik kasongan berasal dari pusat kerajinan keramik di Desa Kasongan, Bantul Yogyakarta.

5.1.2. Persyaratan dan Pengujian Bahan

Sebelum digunakan dalam penelitian, bahan-bahan tersebut terlebih dahulu diuji di laboratorium agar diperoleh bahan-bahan yang memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini spesifikasi yang digunakan adalah spesifikasi dari buku Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya (Laston No.13/PT/B/1987) yang diterbitkan oleh Dit.Jend.Bina Marga, Dept PU. Pengujian bahan yang dilakukan dan persyaratan yang ditentukan adalah sebagai berikut ini.

5.1.2.1. Pengujian Aspal

1. Pemeriksaan Penetrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi aspal keras (AC) dengan memasukan jarum ukuran tertentu, ke dalam aspal pada suhu tertentu. Untuk aspal keras (AC 60-70), angka penetrasi yang diijinkan adalah 60 – 79 (0,1 mm).

2. Titik Lembek

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. Titik lembek adalah suhu pada saat bola-bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun ke suatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada ketinggian tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Nilai titik lembek yang diijinkan adalah 48°C sampai dengan 58°C.

3. Titik Nyala

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dari aspal, yaitu suhu pada saat terlihat nyala singkat pada permukaan aspal yang terletak di dalam “cleveland open cup” yang dipanaskan pada kecepatan pemanasan tertentu. Untuk aspal AC 60-70 titik nyala minimum adalah 200°C.

4. Kelarutan Dalam CCl₄

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemurnian aspal. Bitumen akan larut dalam CCl₄ (Karbon Tetraklorida) sehingga makin tinggi tingkat kelarutan, semakin murni aspal tersebut. Aspal keras AC 60-70 disyaratkan mempunyai kelarutan terhadap CCl₄ minimal 99% berat.

5. Daktilitas

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi aspal itu sendiri, yang ditunjukkan oleh jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal keras AC 60-70 disyaratkan mempunyai nilai daktilitas minimal 100 cm.

6. Berat Jenis Aspal

Berat Jenis Aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25°C). Nilai berat jenis aspal disyaratkan minimal 1gr/cc.

Spesifikasi pemeriksaan aspal dapat dilihat pada tabel 5.1. berikut ini.

Tabel 5.1. Spesifikasi Pemeriksaan Aspal AC 60-70

No	Jenis Pemeriksaan	Min	Maks	Satuan
1	Penetrasi	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	48	58	°C
3	Titik Nyala	200	-	°C
4	Kehilangan Berat	-	0,8	%
5	Kelarutan CCl ₄	99	-	% berat
6	Daktilitas	100	-	cm
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	54	-	% mula
8	Berat Jenis	1	-	-

Sumber : Laston No.13/PT/B/1987, Dirjen Bina Marga.

5.1.2.2. Pengujian Agregat.

Pada penelitian ini digunakan dua macam agregat yaitu agregat dari batu pecah dan agregat dari limbah keramik kasongan. Baik agregat dari batu pecah maupun limbah keramik kasongan, sebelum digunakan sebagai campuran benda uji terlebih dahulu diperiksa sifat-sifatnya. Hal ini dilakukan selain agar diperoleh agregat yang memenuhi spesifikasi, juga data-data tertentu diperlukan dalam perhitungan-perhitungan benda uji serta dalam pembahasan hasil penelitian. Prosedur pemeriksaan maupun persyaratan-persyaratan yang diikuti sesuai dengan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya, 1987 yang dikeluarkan oleh Dit.Jend.Bina Marga, Dept.PU.

1. Pemeriksaan Abrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Keausan tersebut

dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No.12 terhadap berat semula dalam prosen.

Nilai abrasi yang tinggi menunjukkan agregat yang tidak tahan terhadap penghancuran. Untuk bahan beton aspal, Bina Marga mensyaratkan nilai abrasi maksimum 40%.

2. Kelekatan Terhadap Aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kelekatan agregat terhadap aspal, yang dinyatakan dalam prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan. Persyaratan kelekatan agregat terhadap aspal minimum 95%.

3. Penyerapan Terhadap Air.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui penyerapan agregat terhadap air, yaitu prosentase berat air yang dapat diserap oleh pori agregat terhadap berat agregat kering. Persyaratan penyerapan agregat terhadap air maksimum 3%.

4. Berat Jenis

Berat Jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat terhadap berat volume air. Berat jenis ini penting dalam perhitungan campuran benda uji beton aspal.

5. Ekivalen Pasir ("Sand Equivalent")

Khusus untuk agregat halus dilakukan pemeriksaan ekivalen pasir, yang bertujuan untuk menentukan kandungan lempung pada agregat halus tersebut. Kandungan lempung pada agregat harus dibatasi karena lempung akan mengurangi ikatan antara agregat dan aspal yang dapat menyebabkan terlepasnya

lapisan aspal yang menyelimuti agregat. Persyaratan nilai ekivalen pasir minimum minimum 50%.

Spesifikasi pemeriksaan agregat kasar dan halus dapat dilihat pada tabel 5.2. dan tabel 5.3. berikut ini.

Tabel 5.2 Spesifikasi pemeriksaan agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	Keausan agregat	Maks 40 %
2	Kelekatan terhadap aspal	> 95 %
3	Penyerapan air	Maks 3 %
4	Berat jenis	> 2,5

Sumber : Laston No.13/PT/B/1987, Dirjen Bina Marga.

Tabel 5.3 Spesifikasi pemeriksaan agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	Penyerapan Air	Maks 3 %
2	Berat Jenis	Min 2,5
3	Sand Equivalent	Min 50 %

Sumber : Laston No.13/PT/B/1987, Dirjen Bina Marga.

5.2. Peralatan

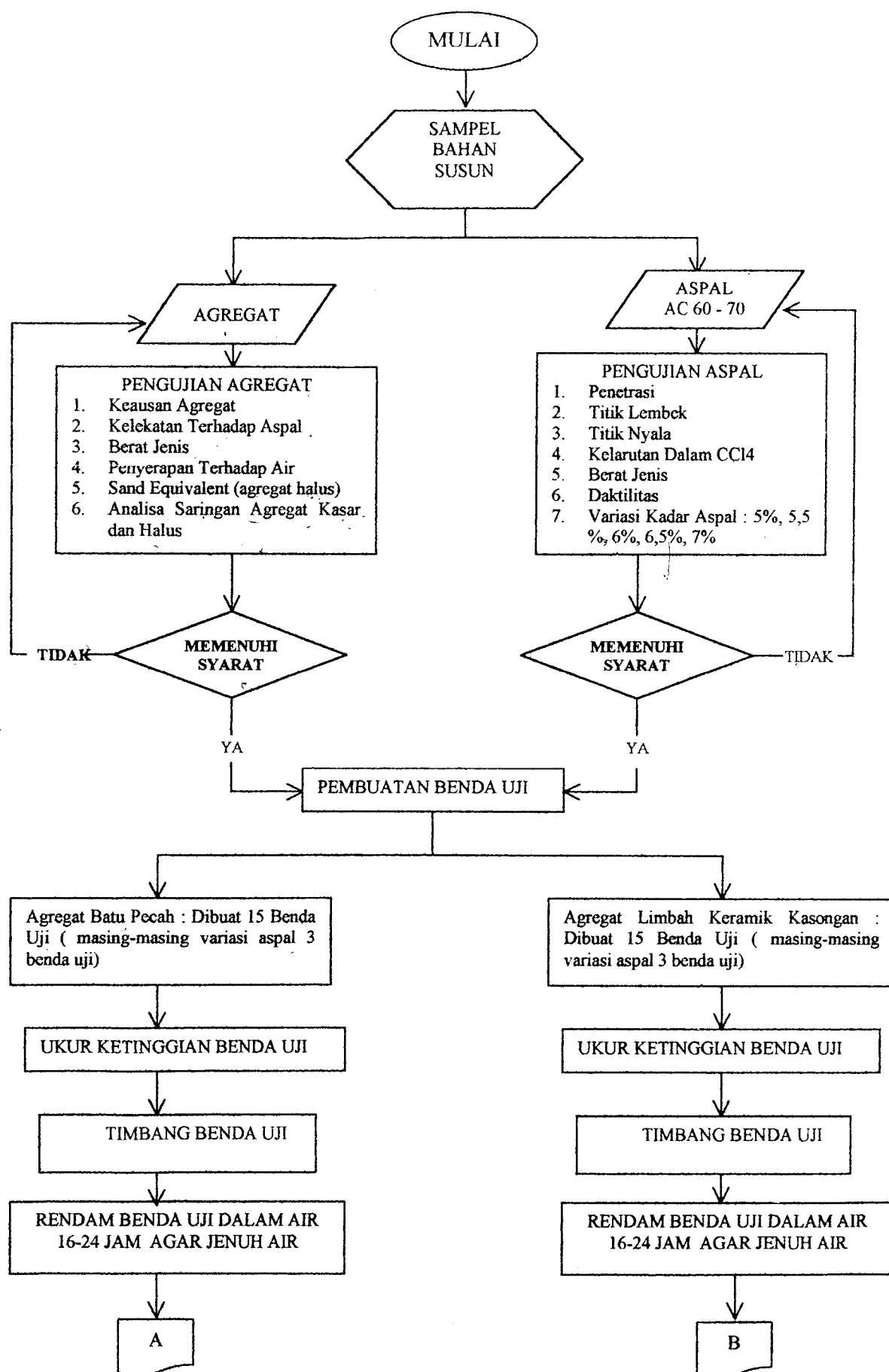
Yang dimaksud dengan peralatan di sini adalah peralatan yang ada di laboratorium untuk persiapan, pembuatan dan pengujian benda uji.

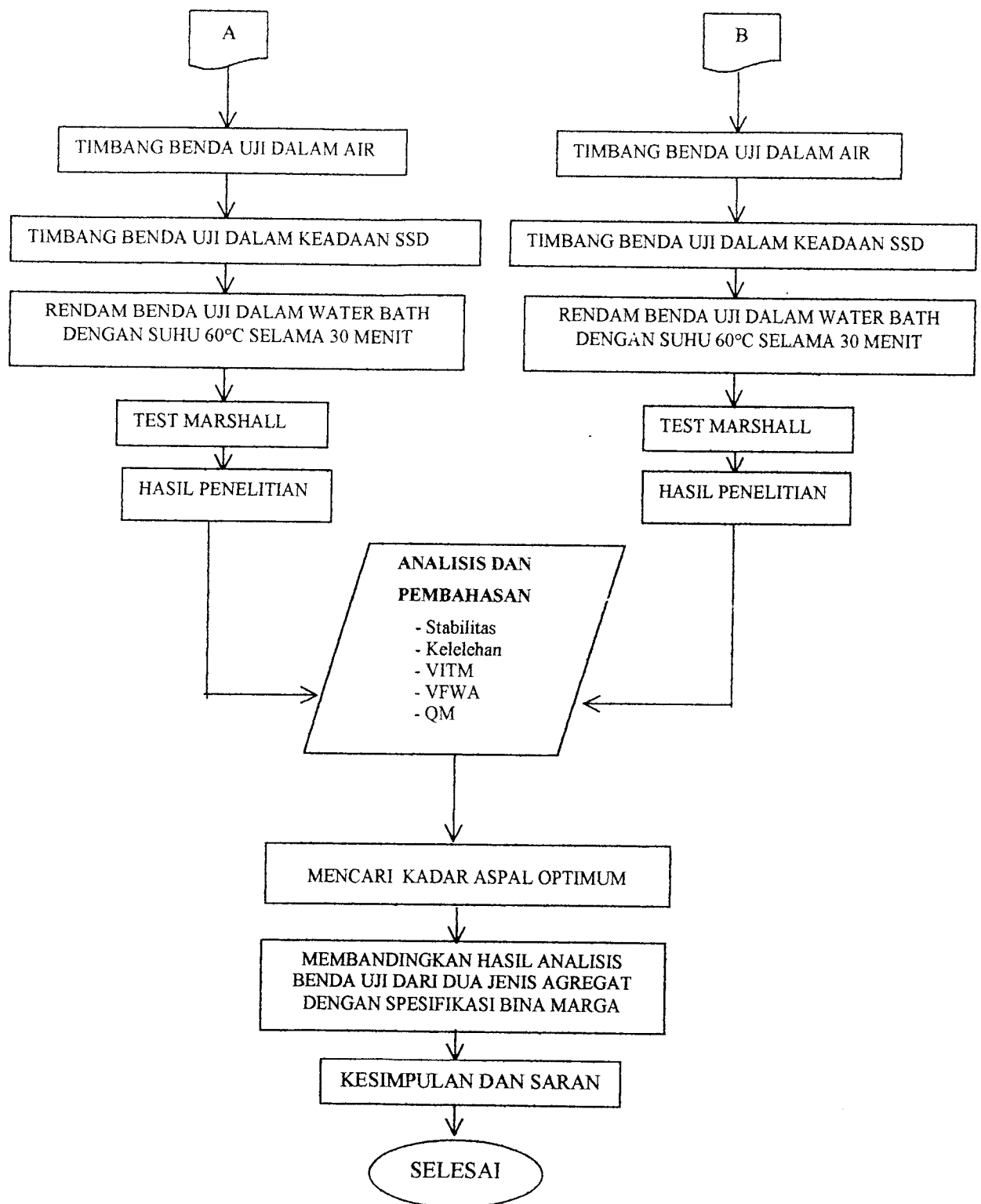
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm, tinggi 7,5 cm lengkap dengan plat dan leher sambung.
2. Penumbuk berbentuk silinder dengan permukaan yang rata, mempunyai berat 4,536 kg dengan tinggi jatuh 45,7 cm.
3. Landasan pematat yang terbuat dari balok kayu dengan ukuran 20x20x45 cm yang dilapisi dengan plat baja ukuran 30x30x2,5 cm yang diikatkan pada lantai beton dengan 4 batang siku.
4. “Ejector” yaitu alat untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari cetakan.
5. Bak perendam (“water bath”) yang dilengkapi dengan pengaturan suhu.
6. Alat uji Marshall.
7. Perlengkapan lainnya seperti panci, timbangan, “thermometer”, kompor dan lain-lain.

7.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 (dua) jenis agregat yaitu batu pecah dan limbah keramik kasongan. Penelitian dilakukan dengan tahapan sesuai dengan yang ditunjukkan pada diagram alir 5.1. berikut ini.





Gambar 5.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

7.4. Jalannya Penelitian

5.4.1. Persiapan dan Pembuatan Benda Uji

Persiapan dan pembuatan benda uji untuk kedua jenis campuran dengan agregat yang berbeda itu adalah sama. Karena itu dalam uraian berikut ini hanya akan dipaparkan satu kali yang berlaku untuk agregat batu pecah dan agregat limbah keramik kasongan.

Proses penyiapan benda uji dimulai dari pemilihan gradasi agregat yang bersumber dari buku Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, 1987. Berdasarkan spesifikasi yang dipilih tersebut kemudian ditentukan gradasi ideal agregat, yaitu nilai tengah dari spesifikasi yang dibutuhkan. Berdasarkan gradasi ideal tersebut kemudian dihitung berat tertahan agregat yang dibutuhkan pada setiap saringan untuk satu sampel benda uji dengan berat agregat 1200 gr. Gradasi agregat campuran yang dipakai tersebut dapat dilihat pada tabel 5.4. Sedangkan banyaknya agregat yang dibutuhkan setiap nomor saringan untuk satu benda uji dengan berat agregat 1200 gr dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.4. Spesifikasi gradasi agregat campuran

Ukuran Saringan	Spesifikasi	Gradasi ideal	
	% lolos	% lolos	% tertahan
$\frac{3}{4}$ (19,1 mm)	100	100	0
$\frac{1}{2}$ (12,7 mm)	80 – 100	90	10
$\frac{3}{8}$ (9,52 mm)	70 – 90	80	20
no.4 (4,76 mm)	50 – 70	60	40
no.8 (2,36 mm)	35 – 50	42,5	57,5
no.30 (0,59 mm)	18 – 29	23,5	76,5
no.50 (0,289 mm)	13 – 23	18	82
no.100 (0,149 mm)	8 – 16	12	88
no.200	4 – 10	7	93
Pan	0	0	0

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, Departemen Pekerjaan Umum, 1987.

Tabel 5.5. Kebutuhan agregat untuk satu benda uji

Ukuran Saringan	Gradasi ideal	Berat tertahan (gr)	
	% tertahan	Tertahan	Jumlah
$\frac{3}{4}$ (19,1 mm)	0	0	0
$\frac{1}{2}$ (12,7 mm)	10	120	120
$\frac{3}{8}$ (9,52 mm)	20	120	240
no.4 (4,76 mm)	40	240	480
no.8 (2,36 mm)	58	216	696
no.30 (0,59 mm)	77	228	924
no.50 (0,289 mm)	82	60	984
no.100 (0,149 mm)	88	72	1056
no.200	93	60	1111
Pan	100	84	1200

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, Departemen Pekerjaan Umum, 1987.

Kemudian dilakukan penyaringan kasar maupun halus untuk kedua jenis agregat tersebut. Agregat yang tertahan pada masing-masing saringan dipisahkan satu sama lainnya sampai mencukupi untuk membuat benda uji.

Setelah hasil penyaringan tersebut mencukupi, kemudian dilakukan pencampuran agregat dari setiap saringan dengan berat agregat pada setiap saringan sesuai dengan tabel 5.2, sebanyak 15 campuran untuk agregat batu pecah dan 15 campuran untuk agregat limbah keramik kasongan. Kemudian kadar aspal juga divariasi menjadi 5 variasi yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% terhadap berat agregat, sehingga berat aspal yang diperlukan untuk setiap prosentase kadar aspal adalah sebagai berikut ini.

1. Kadar aspal 5% $= 0,05 \times 1200$ $= 60$ gr.
2. Kadar aspal 5,5% $= 0,055 \times 1200$ $= 66$ gr.
3. Kadar aspal 6% $= 0,06 \times 1200$ $= 72$ gr.
4. Kadar aspal 6,5% $= 0,065 \times 1200$ $= 78$ gr.
5. Kadar aspal 7% $= 0,07 \times 1200$ $= 84$ gr.

Setelah semua bahan-bahan tersebut dipersiapkan, maka dapat dilakukan pembuatan benda uji yang dilakukan dengan urutan seperti berikut ini.

1. Agregat dipanaskan dengan kompor pemanas sampai mencapai suhu $\pm 170^{\circ}\text{C}$, bersamaan dengan itu aspal juga dipanaskan sampai mencapai suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$.
2. Setelah mencapai suhu yang dikehendaki, aspal dituangkan ke dalam panci yang berisi agregat sebanyak yang dibutuhkan sesuai dengan prosentasenya.
3. Aspal dan agregat tersebut kemudian diaduk terus menerus sambil dipanasi dengan suhu $\pm 160^{\circ}\text{C}$ sampai campuran tersebut homogen.

4. Cetakan benda uji beserta plat alas dan leher sambung dibersihkan, diolesi oli dan dipanaskan di oven.
5. Campuran panas dengan suhu 160°C yang telah homogen dituangkan ke dalam cetakan yang pada bagian bawahnya diberi alas dari kertas. Campuran tersebut dituangkan dalam tiga lapis, masing-masing lapisan ditusuk-tusuk dengan spatula untuk menghindari rongga-rongga yang besar pada benda uji. Setelah itu pada bagian permukaan dibuat berbentuk cembung dan diberi lapisan kertas di atasnya.
6. Kemudian cetakan benda uji yang telah berisi campuran diletakan di atas landasan pematat dan siap untuk dipadatkan.
7. Setelah itu dilakukan pemadatan dengan alat penumbuk dengan tinggi jatuh 45 cm sebanyak 50 kali. Selanjutnya cetakan dibalik dan dilakukan lagi penumbukan sebanyak 50 kali.
8. Setelah selesai pemadatan, cetakan yang berisi benda uji tersebut didinginkan dengan cara didiamkan pada suhu ruang atau dengan bantuan kipas angin. Setelah dingin, benda uji tersebut kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan bantuan "ejector".

5.4.2. Pengujian Benda Uji

Yang dimaksud dengan pengujian di sini adalah pengujian benda uji dengan alat tekan Marshall untuk mendapatkan harga stabilitas dan kelelahan ("flow") dari campuran beton aspal.

Sebelum pengujian tersebut dilaksanakan, maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel.
2. Masing-masing benda uji diukur tingginya 3 kali pada tempat yang berbeda, lalu di rata-rata dengan ketelitian 0,1 mm.
3. Masing-masing benda uji ditimbang dalam keadaan kering.
4. Benda uji direndam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang agar menjadi jenuh air.
5. Setelah jenuh, benda uji ditimbang dalam air untuk mendapatkan isi benda uji.
6. Setelah ditimbang dalam air, benda uji dilap sehingga menjadi kering permukaan jenuh (SSD) dan setelah itu ditimbang.
7. Selanjutnya benda uji direndam dalam bak perendam ("water bath") dengan suhu konstan sebesar 60°C selama 30 menit.
8. Setelah direndam selama 30 menit, benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan alat uji Marshall. Pengujian dilakukan dengan memberikan 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. Besarnya beban maksimum tersebut dicatat dan pada saat yang sama juga dicatat nilai kelelehannya yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelehan.

8.3. Anggapan Dasar

Penelitian ini bermaksud meneliti pengaruh penggunaan agregat dari limbah keramik kasongan terhadap perilaku campuran beton aspal. Perilaku

campuran beton aspal tersebut ditunjukkan oleh nilai-nilai dari Stabilitas, Kelelehan, VITM, VFWA dan QM. Karena yang diteliti adalah pengaruh dari limbah keramik kasongan, maka digunakan agregat dengan kualitas yang relatif sama dengan batu pecah, yang ditandai dengan nilai tes abrasi, berat jenis dan penyerapan terhadap air yang tidak jauh berbeda.

Semua peralatan yang digunakan selama penelitian ini, dianggap dalam keadaan standar dan penyimpangan-penyimpangan dalam pengujian bahan, pembuatan dan pengujian benda uji dianggap kecil sehingga dapat diabaikan.

Semua bahan yang digunakan sebagai bahan susun benda uji, dianggap mempunyai sifat-sifat dan kualitas yang sama dengan hasil pengujian yang telah dilakukan.

8.4. Cara Analitis

Dari hasil pengujian Marshall di laboratorium akan didapatkan data-data sebagai berikut ini.

1. Tebal benda uji (mm).
2. Berat benda uji sebelum direndam dalam air (gr).
3. Berat benda uji di dalam air (gr).
4. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gr).
5. Pembacaan arloji stabilitas.
6. Pembacaan arloji kelelehan (Flow).

Dari data-data tersebut kemudian dapat dihitung nilai-nilai dari Stabilitas, Kelelehan, VITM, VFWA dan QM yang dihitung dengan cara sebagai berikut ini.

1. Berat Jenis Maksimum Teoritis (h)

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

BJ agregat pada rumus merupakan berat jenis agregat campuran, dengan :

$$\text{BJ agregat} = \frac{(X \times F1) + (Y \times F2)}{100}$$

Keterangan : X = % agregat kasar

F1 = BJ agregat kasar

Y = % agregat halus

F2 = BJ agregat halus

2. VFWA (“Void Filled With Asphalt”)

Untuk mendapatkan nilai VFWA terlebih dahulu digunakan persamaan di bawah ini.

- Persentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \%$$

Keterangan : a = persen aspal terhadap batuan (%)

b = persen aspal terhadap campuran (%)

- Isi Benda Uji

$$f = d - e$$

Keterangan : d = berat dalam keadaan jenuh (gram)

e = berat dalam uji (gram)

f = isi (ml)

- Berat isi benda uji

$$g = \frac{c}{f}$$

Keterangan : c = berat benda uji sebelum direndam (gram)

- Berat isi benda uji

$$l = 100 - j$$

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

Maka nilai VFWA adalah :

$$\text{VFWA} = 100 \times \frac{i}{l}$$

dengan $i = \frac{b \times g}{\text{BJ aspal}}$

l = persentase rongga terhadap agregat (%)

Setelah mendapatkan nilai VFWA dengan menggunakan rumus, hasil tersebut dituangkan dalam bentuk grafik hubungan kadar aspal dan % rongga

terisi aspal, yang terdiri dari dua macam kurva. Masing-masing kurva menggambarkan nilai VFWA campuran dengan jenis agregat berbeda. Nilai VFWA menunjukkan jumlah kandungan aspal dan juga kandungan rongga dalam campuran. Untuk lapis beton aspal dengan lalu lintas sedang, Bina Marga mensyaratkan nilai VFWA sebesar 65 - 78 %.

3. VITM ("Void In The Mix")

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

Keterangan : g = berat isi benda uji

h = berat jenis maksimum teoritis

Setelah mendapatkan nilai VITM dari dua macam campuran dengan dua jenis agregat yang berbeda dengan menggunakan rumus, hasil tersebut dituangkan dalam bentuk grafik hubungan kadar aspal dan % rongga dalam campuran. VITM menunjukkan besarnya persentase rongga yang terdapat pada campuran beton aspal yang telah dipadatkan. Untuk lapis beton aspal dengan lalu lintas sedang, Bina Marga mensyaratkan nilai VITM sebesar 3 – 5 %.

4. Stabilitas ("Stability")

Stabilitas adalah besarnya beban maksimum yang dapat dicapai oleh benda uji campuran beton aspal yang dinyatakan dalam satuan beban. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari hasil pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall. Nilai

Stabilitas ini masih harus diubah ke dalam satuan Kg dengan kalibrasi proving ring dan kemudian dikalikan dengan angka koreksi ketebalan benda uji.

Untuk mengubah dari angka yang terbaca dalam arloji stabilitas ke dalam satuan Kg, dapat dipergunakan rumus :

$$P = O \times \text{kalibrasi proving ring}$$

$$g = P \times \text{koreksi tebal sampel}$$

Keterangan : O = pembacaan arloji (stabilitas)

Nilai stabilitas yang diperoleh, kemudian dituangkan dalam bentuk grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas, yang terdiri dari dua macam kurva untuk campuran dengan jenis agregat berbeda. Stabilitas merupakan indikator kekuatan lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas. Untuk lapis beton aspal dengan lalu lintas sedang, Bina Marga mensyaratkan nilai stabilitas minimal 450 kg.

5. Kelelehan (“Flow”)

Kelelehan (“Flow”) adalah besarnya penurunan campuran benda uji akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm atau inch. Nilai kelelehan didapat dari pembacaan arloji Flow yang menyatakan besarnya kelelehan plastis benda uji. Nilai ini harus dikalikan dengan angka 0,01 (inchi) dan kemudian diubah ke dalam satuan mm. Nilai kelelehan ini kemudian dituangkan dalam bentuk grafik hubungan kadar aspal dan kelelehan (“flow”). Kelelehan merupakan indikator kelenturan campuran aspal. Karena itu campuran beton aspal harus mempunyai nilai kelelehan tertentu disesuaikan dengan beban

lalu lintas yang akan melaluinya. Untuk jalan dengan lalu lintas sedang, Bina Marga mensyaratkan nilai keelehan sebesar 2 – 4,5 mm.

6. Marshall Quotient (QM)

Nilai Marshall Quotient didapat dengan membandingkan antara nilai Stabilitas dengan Flow.

$$QM = \frac{s}{r}$$

Keterangan : QM = Nilai Marshall Quotient (kg/mm)

r = Nilai keelehan (mm)

s = Nilai Stabilitas terpakai (kg)

Nilai Marshall Quotient yang diperoleh kemudian dituangkan dalam grafik hubungan kadar aspal dan Marshall Quotient. Nilai Marshall Quotient (QM) pada perencanaan perkerasan dengan metode Marshall digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Persyaratan spesifikasi Bina Marga untuk QM dengan lalu lintas sedang adalah 200 – 350 kg/mm.

Hasil data-data yang diperoleh selama penelitian yang berupa nilai-nilai Stabilitas, Keelehan, VITM, VFWA dan QM tersebut akan dibandingkan dan dianalisis antara yang menggunakan agregat halus dari batu pecah dan yang menggunakan agregat halus dari limbah keramik kasongan, serta dibandingkan dengan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi sesuai dengan spesifikasi Bina Marga.

Dari hasil pengujian Marshall yang terdiri dari lima variasi kadar aspal tersebut kemudian ditentukan kadar aspal yang akan menghasilkan campuran yang memenuhi persyaratan-persyaratan Bina Marga. Hal ini dapat dilakukan dengan bantuan grafik-grafik yang memuat hubungan kadar aspal dengan nilai-nilai stabilitas, keelehan, VITM, VFWA dan QM. Dari grafik-grafik tersebut kemudian dapat ditentukan kadar aspal yang memenuhi persyaratan dari Bina Marga.

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk nilai VITM, VFWA, Flow, Stabilitas dan QM menurut Spesifikasi Bina Marga yaitu pada Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1987 Dirjen Bina Marga seperti pada tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Persyaratan Marshall Test

No	Jenis Pemeriksaan	Lalu Lintas Sedang
1	Stabilitas (kg)	Min 450
2	Flow / Kelelahan (mm)	2 – 4,5
3	VITM (%)	3 – 5
4	VFWA (%)	75 – 82
5	QM (kg/mm)	200 – 350

Sumber : Laston No.13/PT/B/1987, Dirjen Bina Marga.

6.3. Kesulitan-Kesulitan dan Cara Penyelesaiannya

Kesulitan-kesulitan yang ada selama penelitian ini diantaranya adalah sulitnya untuk melakukan pencampuran antara aspal dan agregat pada waktu pembuatan benda uji dengan menggunakan agregat dari limbah keramik

kasongan. Hal ini disebabkan penyerapan agregat terhadap aspal cukup tinggi. Kesulitan terjadi terutama pada saat pencampuran dengan menggunakan kadar aspal 5%. Untuk mengatasi hal ini, maka variasi kadar aspal dinaikan mulai dari 6% sampai 8% dengan interval 0,5% khusus untuk pembuatan benda uji dengan menggunakan limbah keramik kasongan.

BAB VI

HASIL PENELITIAN

6.1. Hasil Penelitian

6.1.1. Hasil Pemeriksaan Agregat

Spesifikasi Lapis Aspal Beton No.13/PT/B/1987, dan hasil pemeriksaan agregat yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dapat dilihat pada tabel 6.1 sampai tabel 6.4 berikut ini.

Tabel 6.1. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Batu Pecah

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Keausan	$\leq 40 \%$	30 %
2	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95 \%$	100 %
3	Penyerapan agregat terhadap air	$\leq 3 \%$	1,537 %
4	Berat Jenis Bulk	$\geq 2,5$	2,63

Sumber : Petunjuk Laston No.13/PT/B/1987 dan Hasil Penelitian.

Tabel 6.2. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Batu Pecah

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Nilai Sand Equivalent	$\geq 50 \%$	67,33 %
2	Penyerapan agregat terhadap air	$\leq 3 \%$	1,2146 %
3	Berat Jenis Bulk	$\geq 2,5$	2,656

Sumber: Petunjuk Laston No.13/PT/B/1987 dan Hasil Penelitian.

Tabel 6.3. Spesifikasi dan Hasil Penelitian Agregat Kasar Limbah Keramik Kasongan

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Keausan	$\leq 40 \%$	40 %
2	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95 \%$	80 %

Sumber : Petunjuk Laston No.13/PT/B/1987 dan Hasil Penelitian

Tabel 6.4. Spesifikasi dan Hasil Penelitian Agregat Halus Limbah Keramik Kasongan

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Nilai Sand Equivalent	$\geq 50 \%$	68,57 %
2	Penyerapan terhadap air	$\leq 3 \%$	8,8193 %
3	Berat Jenis Bulk	$\geq 2,5$	2,0066

Sumber : Petunjuk Laston No.378/KPTS/1987 dan Hasil Penelitian.

6.1.2. Hasil Pemeriksaan Aspal

Seperti halnya agregat, Aspal AC 60-70 yang akan digunakan dalam penelitian ini juga diteliti sifat-sifatnya di laboratorium. Hasil penelitian dan spesifikasinya dapat dilihat pada tabel 6.5 berikut ini.

Tabel 6.5. Spesifikasi dan Hasil Pengujian Aspal AC 60-70

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat		Hasil
		Min	Max	
1	Penetrasi	60° C	79° C	72° C
2	Titik Lembek	48° C	58° C	50° C
3	Titik Nyala	200° C	-	320° C
4	Kelarutan Dalam CCL4	99 %	-	99 %
5	Daktilitas	100 cm	-	165 cm
6	Berat Jenis	1	-	1,005

Sumber : Petunjuk Laston No.13/PT/B/1987 dan Hasil Penelitian.

Dari hasil pengujian terhadap aspal AC 60-70, terlihat bahwa aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan.

6.1.3. Hasil Penelitian Campuran Beton Aspal

Seperti telah dijelaskan pada bab I bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton aspal yang menggunakan agregat halus dari batu pecah dan limbah keramik kasongan. Karakteristik beton aspal tersebut diketahui dari nilai-nilai stabilitas, kelelahan ("flow"), rongga dalam campuran (VITM), rongga terisi aspal (VFWA) dan Quotient Marshall (QM).

Berikut ini contoh hitungan analisa dari Test Marshall pada kadar aspal 6,5 % dengan Limbah Keramik Kasongan sebagai agregat halus.

a = Persen aspal terhadap batuan

$$= 8,617 \%$$

b = Persen aspal terhadap campuran

$$= \left[\frac{a}{100 + a} \right] \times 100 \% = 6,5 \%$$

c = Berat sebelum direndam

$$= 955 \text{ gr}$$

d = Berat dalam keadaan jenuh

$$= 980 \text{ gr}$$

e = Berat dalam air

$$= 504 \text{ gr}$$

f = Isi benda uji

$$= d - e = 476 \text{ gr}$$

g = Berat isi benda uji

$$= c / f = 2,006 \text{ gr}$$

h = BJ agregat pada campuran

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{\text{BJ.aggr.}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{BJ aspal}}} = \frac{100}{\frac{93,5}{2,2562} + \frac{6,5}{1,005}} = 2,087 \text{ gr/cc}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{BJ aspal}} = \frac{6,5 \times 2,006}{1,005} = 12,976$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{BJ \text{ agregat}} = \frac{(100 - 6,5) 2,006}{2,2562} = 83,151$$

k = jumlah kandungan rongga

$$= (100 - i - j) = (100 - 12,976 - 83,151) = 3,873$$

l = rongga terhadap agregat

$$= (100 - j) = (100 - 83,151) = 16,849$$

m = rongga terisi aspal (VFWA)

$$m = \left[100 \times \frac{i}{l} \right] = \left[100 \times \frac{12,976}{16,849} \right] = 77,015$$

n = rongga yang terisi campuran (VITM)

$$n = 100 - \left[100 \times \frac{g}{h} \right] = 100 - \left[100 \times \frac{2,006}{2,087} \right] = 1,873$$

o = pembacaan arloji stabilitas

$$= 339$$

p = o x kalibrasi proving ring

$$= 339 \times 3,42 = 1161,8$$

q = p x koreksi tebal sampel (Stabilitas)

$$= 1161,8 \times 1,028 = 1194,3$$

r = kelelehan (flow)

$$= 3,048$$

QM = Quotient Marshall

$$= q / r = 1194,3 / 3,048 = 391,8$$

Dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan diperoleh nilai-nilai antara lain : Stabilitas, Flow, VITM, VFWA dan Marshall Quotient seperti tercantum dalam tabel 6.6. dan tabel 6.7 berikut ini.

Tabel 6.7. Hasil Test Marshall dengan Batu Pecah sebagai agregat halus pada campuran Laston dengan AC 60-70.

No	Karakteristik	Kadar Aspal				
		5	5,5	6	6,5	7
1	Stabilitas (kg)	1326,03	1410,3	1620,3	2103,9	1538,1
2	Flow (mm)	2,625	3,048	3,387	3,895	4,149
3	VITM (%)	4,422	4,369	4,139	3,784	3,147
4	VFWA (%)	7,805	74,528	76,793	80,171	80,341
5	QM (kg/mm)	503,651	463,59	478,96	540,29	369,96

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII

Tabel 6.7. Hasil Test Marshall dengan Limbah Keramik Kasongan sebagai agregat halus pada campuran Laston dengan AC 60-70.

No	Karakteristik	Kadar Aspal				
		6	6,5	7	7,5	8
1	Stabilitas (kg)	1066,5	1178,7	1400,8	1351,8	1350,1
2	Flow (mm)	2,879	3,133	3,556	3,979	4,572
3	VITM (%)	10,244	3,002	2,564	2,182	0,581
4	VFWA (%)	52,448	78,026	84,604	87,376	96,579
5	QM (kg/mm)	371,23	378,83	395,96	339,73	295,3

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII

Hasil penelitian yang terdapat pada tabel 6.6 dan tabel 6.7 kemudian dibandingkan dengan persyaratan yang harus dipenuhi untuk nilai stabilitas, flow, VITM, VFWA, dan QM menurut spesifikasi Bina Marga pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton No.13/PT/B/1987. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh serta persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi oleh campuran beton aspal sesuai dengan spesifikasi Bina Marga, kemudian dapat ditentukan koridor kadar aspal yang memenuhi persyaratan tersebut.

Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi oleh campuran beton aspal berdasarkan spesifikasi Bina Marga adalah seperti pada tabel 6.8 berikut ini.

Tabel 6.8. Persyaratan Test Marshali Untuk Campuran Laston

No	Jenis Pemeriksaan	Lalulintas Sedang
1	Stabilitas (kg)	≥ 450
2	Flow (mm)	2,0 – 4,5
3	VITM (%)	3 – 5
4	VFWA (%)	75 – 82
5	QM (kg/mm)	200 – 350

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1987 Departemen Pekerjaan Umum

BAB VII

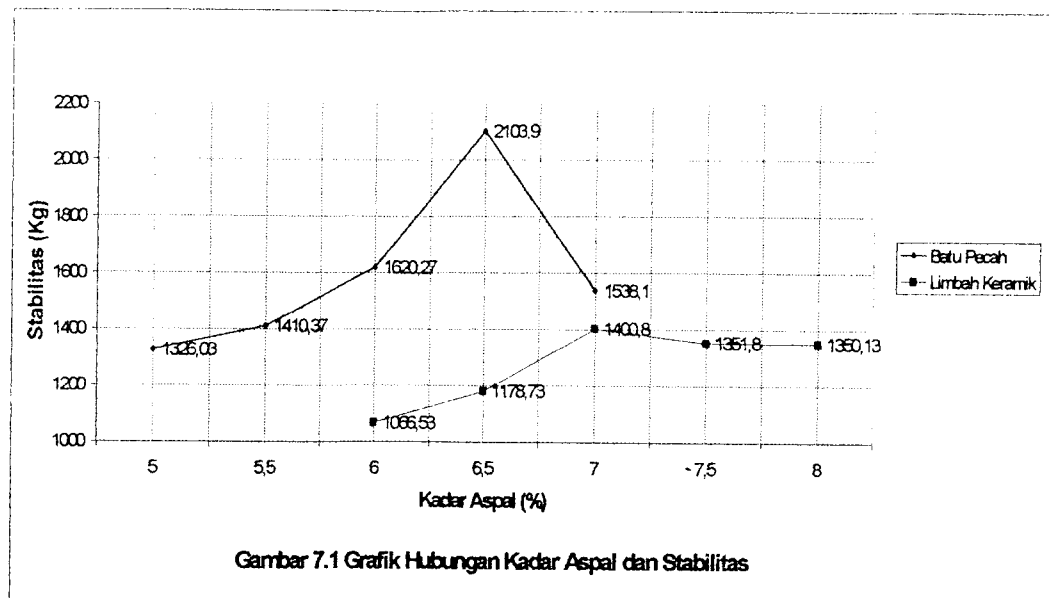
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data-data yang didapat dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan di laboratorium FTSP UII, maka diketahui nilai-nilai yang berpengaruh terhadap Lapis Aspal Beton, antara lain Stabilitas, Flow, VITM, VFWA, Density dan QM. Dengan diketahuinya nilai-nilai tersebut maka dapat ditentukan kadar aspal optimum yang diperlukan untuk masing-masing campuran.

7.1. Evaluasi Terhadap Stabilitas

Stabilitas menunjukan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Deformasi yang terjadi dapat berupa gelombang atau alur.

Stabilitas pada pengujian Marshall adalah kemampuan maksimum suatu benda uji campuran aspal untuk menerima beban hingga terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam satuan Kilogram atau KiloNewton. Nilai Stabilitas yang didapat dari hasil penelitian seperti tercantum pada Gambar 7.1 berikut ini.



Pada Gambar 7.1 tampak bahwa nilai Stabilitas pada kadar aspal 5% - 7% untuk campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus mengalami naik turun, demikian juga dengan campuran yang menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus pada kadar aspal 6% - 8% mengalami hal yang sama pula. Hal ini menunjukkan bahwa nilai Stabilitas akan naik sampai kadar aspal tertentu dan akan menurun lagi jika kadar aspal berlebihan. Pada kadar aspal 6% - 6,5% nilai stabilitas dari kedua campuran sama-sama terus meningkat meskipun nilai stabilitas limbah keramik kasongan lebih rendah karena sifat dari bahan limbah keramik kasongan sendiri yang lebih lunak. Tetapi pada saat kadar aspal 7% nilai stabilitas batu pecah menurun tajam, nilai Stabilitas pada campuran limbah keramik justru terus meningkat dan baru pada kadar aspal 7,5% dan 8% menurun. Hal ini dikarenakan pada campuran batu pecah, jumlah aspal yang diberikan sudah melebihi batas yang dibutuhkan, sehingga jumlah aspal efektif yang menyelimuti terlalu tebal yang mengakibatkan

aspal sudah tidak efektif lagi sebagai pengikat. Bahkan karena aspal terlalu tebal menyelimuti sehingga jarak antara satu agregat dengan agregat lainnya menjadi jauh dan sulit untuk saling mengunci. Akibatnya, kekuatan berkurang dan apabila diberi beban akan membuat ikatan tersebut semakin lepas. Berbeda dengan campuran agregat limbah keramik kasongan, pada kadar aspal 7% justru masih memenuhi kebutuhan, karena daya serap agregat limbah keramik yang tinggi sehingga sebagian aspal mengisi pori-pori agregat itu sendiri. Tetapi pada kadar aspal 7,5% dan 8% pori-pori agregat menjadi jenuh dan tidak dapat menyerap lagi, sehingga aspal yang diberikan sudah terlalu berlebih dan akhirnya mengalami hal yang sama dengan campuran agregat batu pecah.

Nilai stabilitas secara keseluruhan untuk campuran agregat halus batu pecah lebih tinggi daripada campuran agregat halus limbah keramik kasongan, ini disebabkan oleh beberapa hal seperti berikut ini.

1. Agregat halus batu pecah mempunyai butiran yang bersudut tajam menyerupai kubus ("cubical") sehingga mempunyai sifat saling mengunci ("interlocking") yang lebih besar dibandingkan dengan agregat halus limbah keramik kasongan yang mempunyai bentuk butiran yang bersudut tajam namun pipih sehingga tidak mempunyai sifat saling mengunci ("interlocking") yang baik dan mudah pecah sewaktu dilakukan pemadatan.
2. Agregat halus batu pecah mempunyai daya tahan terhadap degradasi (pecahnya agregat menjadi butir-butir yang lebih kecil), dibandingkan dengan agregat halus limbah keramik kasongan, hal ini ditandai dengan nilai

test abrasi dengan mesin Los Angeles sebesar 30% dibandingkan dengan agregat limbah keramik kasongan yang sebesar 40%.

3. Agregat halus batu pecah mempunyai kelekatan terhadap aspal yang lebih baik dibandingkan dengan agregat halus limbah keramik kasongan, ini ditandai dengan nilai kelekatan agregat terhadap aspal yang sebesar 100% dibandingkan agregat limbah keramik kasongan yang hanya sebesar 80% sehingga ikatan antar agregat menjadi lemah. Hal ini juga dipengaruhi oleh penyerapan agregat limbah keramik kasongan yang cukup tinggi yaitu sebesar 8,8139% dibandingkan dengan batu pecah yang sebesar 1,2146%.

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai Stabilitas terdiri dari ketahanan terhadap gesekan antar agregat yang ditentukan oleh bentuk permukaan agregat, kemampuan saling mengunci antar agregat yang ditentukan oleh bentuk agregat, ikatan aspal dan kepadatan.

Campuran dengan menggunakan batu pecah ataupun limbah keramik kasongan sebagai agregat halus memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk nilai Stabilitas yaitu minimal 450 kg/cm.

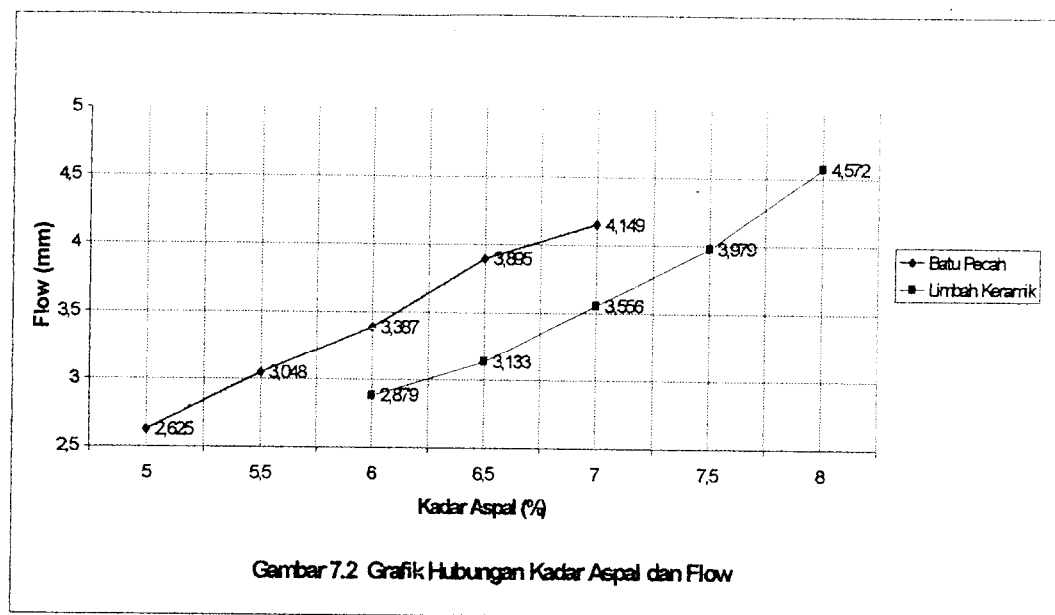
7.2. Evaluasi Terhadap Flow

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

Flow menunjukkan besarnya deformasi campuran panas yaitu benda uji beton aspal akibat beban yang bekerja padanya. Campuran yang memiliki Flow

yang rendah dan Stabilitas Marshall yang tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut bersifat kaku. Sebaliknya nilai Flow yang tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalulintas.

Nilai Flow pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.2 berikut ini.



Pada Gambar 7.2. tampak bahwa untuk campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus maupun limbah keramik kasongan sebagai agregat halus, nilai Flow meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai Flow untuk campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus memenuhi spesifikasi Bina Marga sebesar pada kadar aspal 5% - 7%. Nilai Flow untuk campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 6% - 7,5%.

Nilai Flow dipengaruhi oleh nilai penyerapan air. Nilai penyerapan air pada agregat menunjukkan nilai penyerapan aspal. Nilai penyerapan agregat halus limbah keramik terhadap aspal lebih tinggi daripada agregat batu pecah. Hal

tersebut menyebabkan aspal dapat masuk lebih jauh ke dalam pori agregat. Aspal yang lebih banyak terserap ke dalam pori agregat menyebabkan aspal yang menyelimuti agregat menjadi tipis. Tipisnya aspal yang menyelimuti permukaan agregat menyebabkan nilai Flow pada campuran agregat halus limbah keramik kasongan lebih rendah dari campuran agregat halus batu pecah. Pembebanan pada benda uji menimbulkan tekanan pada susunan agregat yang menyebabkan terjadinya gerakan antar agregat dan menimbulkan deformasi. Gerakan agregat dipengaruhi oleh adanya lapisan aspal yang meliputi agregat itu sendiri. Semakin tebal lapisan aspal yang menyelimuti permukaan aspal, semakin besar deformasi yang terjadi.

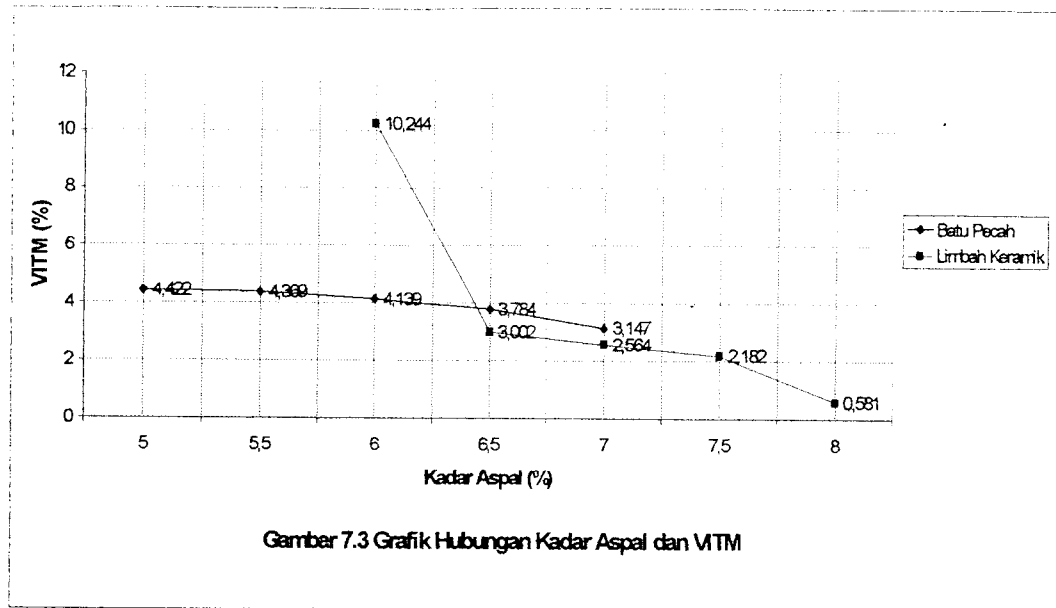
Nilai spesifikasi Bina Marga untuk Flow adalah sebesar 2 – 4,5 mm.

7.3. Evaluasi Terhadap VITM

Rongga di dalam campuran (VITM) adalah perbandingan volume persen rongga terhadap volume total campuran padat, yang dinyatakan dalam persen (%).

Persen rongga yang disyaratkan untuk campuran Laston adalah 3 – 5 %. Lapis keras yang mempunyai VITM kurang dari 3% akan memperbesar kemungkinan terjadinya bleeding. Akibat tingginya temperatur, perkerasan aspal akan mencair sehingga pada saat perkerasan menerima beban aspal akan mengalir di antara rongga agregat. Sebaliknya nilai VITM yang lebih besar dari 5 % menunjukkan banyak terjadi rongga dalam campuran, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, sehingga aspal mudah teroksidasi yang berakibat melemahnya ikatan aspal terhadap agregat yang selanjutnya aspal

tidak lagi menjadi bahan ikat yang baik dan batuan akan lepas dari ikatan. Nilai VITM dari hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.3 berikut ini.



Pada Gambar 7.3 tampak bahwa nilai VITM berkurang seiring dengan meningkatnya kadar aspal dalam campuran. Tinjauan terhadap variasi agregat halus dari Gambar 7.3 menunjukkan bahwa semakin banyak agregat halus yang digunakan dalam campuran akan mengakibatkan nilai VITM menjadi lebih rendah, ini diakibatkan karena pori terisi oleh agregat halus. Sebaliknya jika agregat halus yang digunakan sedikit, maka nilai VITM yang terjadi akan semakin tinggi karena banyak terjadi rongga dalam campuran yang berakibat kurang kedapnya campuran terhadap air dan udara.

Berdasarkan dari hasil penelitian ini, nilai VITM untuk campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan memenuhi spesifikasi Bina Marga hanya pada kadar aspal 6,5%. Hal ini disebabkan struktur fisik dari limbah keramik

kasongan yang mempunyai nilai penyerapan sangat besar yaitu 8,8139%, sedangkan batuan mempunyai nilai penyerapan 1,2146%. Dengan demikian maka aspal akan lebih banyak diserap oleh limbah keramik kasongan sebagai agregat halus pada batuan sebagai agregat kasar. Sedangkan pada campuran dengan menggunakan batuan sebagai agregat halus, VITM-nya memenuhi spesifikasi Bina Marga karena nilai penyerapan relatif sama besar maka dengan sendirinya penyerapan akan terbagi merata.

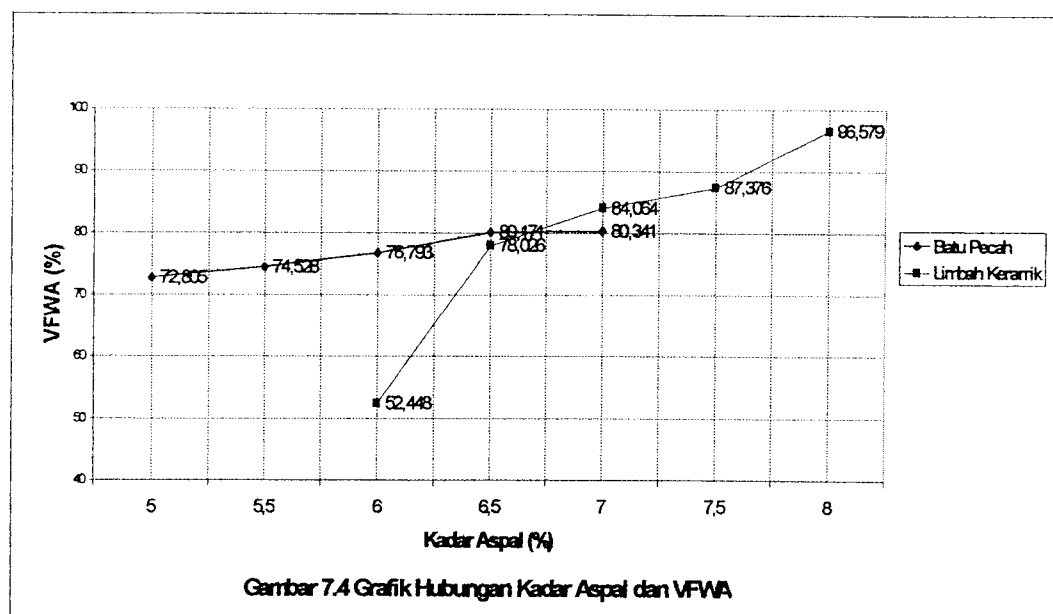
Pada kadar aspal 6%, nilai VITM campuran agregat limbah keramik kasongan jauh di atas nilai VITM batu pecah, hal ini menunjukkan prosentase rongga yang besar dalam campuran yang disebabkan aspal yang diberikan pada campuran limbah keramik kasongan banyak terserap ke dalam pori butiran itu sendiri sehingga yang tersisa di luar tinggal sedikit yang akhirnya mengakibatkan rongga antar butiran tidak terisi dengan baik. Pada kadar aspal 6,5% dan 7% nilai VITM limbah keramik kasongan justru berada di bawah nilai VITM campuran agregat batu pecah dan terus menurun pada kadar aspal 7,5% dan 8%. Hal ini karena setelah pori butiran menjadi jenuh, aspal tidak dapat masuk lagi, sehingga sisa aspal banyak terisi pada rongga antar agregat pada campuran. Hal ini juga dipengaruhi oleh sifat bahan dari limbah keramik kasongan itu sendiri yang halus, sehingga bila diberi beban butiran yang halus akan lebih mudah masuk ke dalam rongga-rongga campuran dan saling mengunci, sehingga setelah pada kadar aspal tertentu akan jenuh menyerap aspal, sedangkan rongga antar campuran begitu rapat, akhirnya aspal banyak mengisi rongga campuran yang membutuhkan.

7.4. Evaluasi Terhadap VFWA

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

Nilai VFWA menunjukkan prosentase rongga yang terisi aspal. Nilai VFWA menentukan keawetan suatu perkerasan dan nilai ini dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan. Jika kadar aspal relatif banyak, maka rongga udara yang tersisa semakin kecil.

Nilai VFWA yang dihasilkan pada penelitian ini tercantum dalam Gambar 7.4. berikut ini.



Pada Gambar 7.4. tampak bahwa nilai VFWA meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal dalam campuran. Bertambahnya kadar aspal dalam campuran menyebabkan rongga udara antar agregat terisi oleh aspal. Dari Gambar 7.4. tampak bahwa nilai VFWA dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus memenuhi persyaratan Bina Marga hanya pada kadar aspal

6,5%, sedangkan campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus memenuhi spesifikasi Bina Marga pada semua kadar aspal.

Nilai VFWA berhubungan erat dengan VITM. Dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran maka nilai VITM akan semakin menurun, sebaliknya dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran maka nilai VFWA akan semakin naik.

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

Pada kadar aspal 6% dan 6,5 % nilai VFWA pada campuran limbah keramik kasongan lebih rendah karena aspal banyak terserap ke dalam pori butiran sendiri dan hal ini mengakibatkan prosentase rongga dalam campuran menjadi lebih besar. Tetapi pada kadar aspal 7%, nilai VFWA campuran agregat limbah keramik kasongan justru berada di atas campuran agregat batu pecah dan terus naik pada kadar aspal 7,5% dan 8%. Hal ini dikarenakan sifat agregat limbah keramik kasongan yang mempunyai daya serap tinggi, yang pada saat tertentu menjadi jenuh dan tidak dapat menyerap lagi, dan karena butiran limbah keramik kasongan sendiri yang lebih halus sehingga mudah masuk di antara pori-pori antar

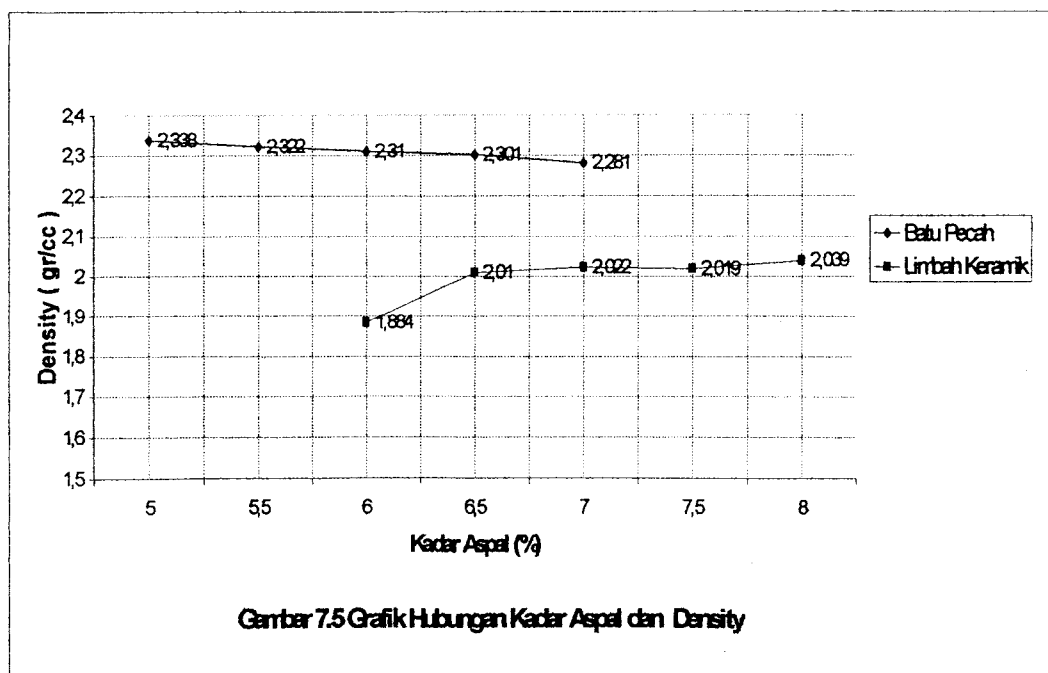
agregat dan saling mengunci sehingga dengan sendirinya menggantikan posisi aspal yang seharusnya masuk ke daerah tersebut. Aspal yang tersisa tadi akhirnya mengisi rongga lain yang masih membutuhkan.

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

7.5. Evaluasi Terhadap Density

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

Nilai Density yang dihasilkan pada penelitian tercantum pada Gambar 7.5 berikut ini.



Hasil pengujian pada Gambar 7.5 menunjukkan nilai kepadatan pada campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan dan batu pecah sebagai agregat halus mempunyai nilai yang berbeda. Pada campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus, nilai kepadatan bertambah seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hal ini disebabkan sifat material bahannya yang mempunyai daya serap tinggi sehingga aspal yang diberikan masuk ke pori-pori agregat dan semakin banyak aspal yang diberikan, pori-pori semakin terisi oleh aspal, begitu pula dengan rongga pada campuran. Dan walaupun pada kadar tertentu pori-pori agregat menjadi jenuh dan tidak dapat menyerap lagi, tetapi aspal yang tersisa tidak terlalu banyak, sehingga kepadatan tetap terjaga. Sedangkan untuk batu pecah, nilai density semakin menurun karena semakin banyak aspal, campuran akan semakin lembek. Hal ini terjadi karena aspal yang diberikan tidak lagi sebagai pengikat, tetapi sudah berlebihan sehingga daya ikat sudah menjadi berkurang.

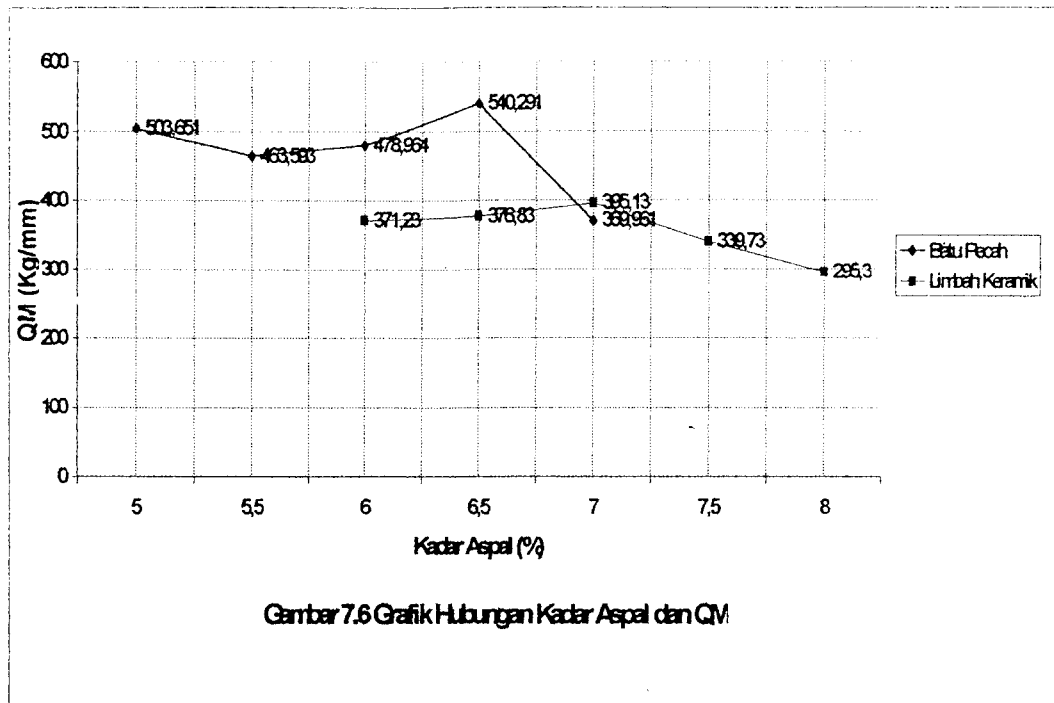
Nilai density juga dipengaruhi oleh kualitas bahan dan cara pemadatan campuran tersebut. Campuran akan memiliki kepadatan yang tinggi apabila bentuk agregat tidak beraturan, porositas agregat rendah, kadar aspal cukup untuk menyelimuti permukaan agregat, pemadatan pada suhu tinggi dan cara pengerjaan yang benar. Nilai density campuran dengan menggunakan agregat batu pecah lebih tinggi daripada campuran dengan agregat limbah keramik kasongan. Nilai density lebih dominan disebabkan oleh berat jenis agregat. Hal itu dapat ditinjau pada hasil pemeriksaan agregat halus. Pada pemeriksaan agregat halus, berat jenis agregat halus limbah keramik kasongan lebih rendah daripada agregat halus batu

pecah yaitu masing-masing sebesar 2,0066 dan 2,656. Selain itu porositas dari agregat limbah keramik kasongan juga lebih tinggi daripada porositas agregat batu pecah yang ditandai dengan nilai penyerapan agregat limbah keramik kasongan sebesar 8,8139% dibandingkan dengan agregat batu pecah sebesar 1,2146%.

7.6. Evaluasi Terhadap Quotient Marshall

Quotient Marshall merupakan hasil bagi dari stabilitas dan kelelehan yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan suatu campuran. Stabilitas tinggi yang disertai dengan kelelehan rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga campuran yang terjadi akan bersifat getas, sebaliknya stabilitas yang rendah dengan kelelehan yang tinggi akan menghasilkan campuran terlalu plastis yang berakibat perkerasan akan mengalami deformasi yang besar jika menerima beban lalu lintas.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai Quotient Marshall dapat dilihat pada Gambar 7.6. berikut ini.



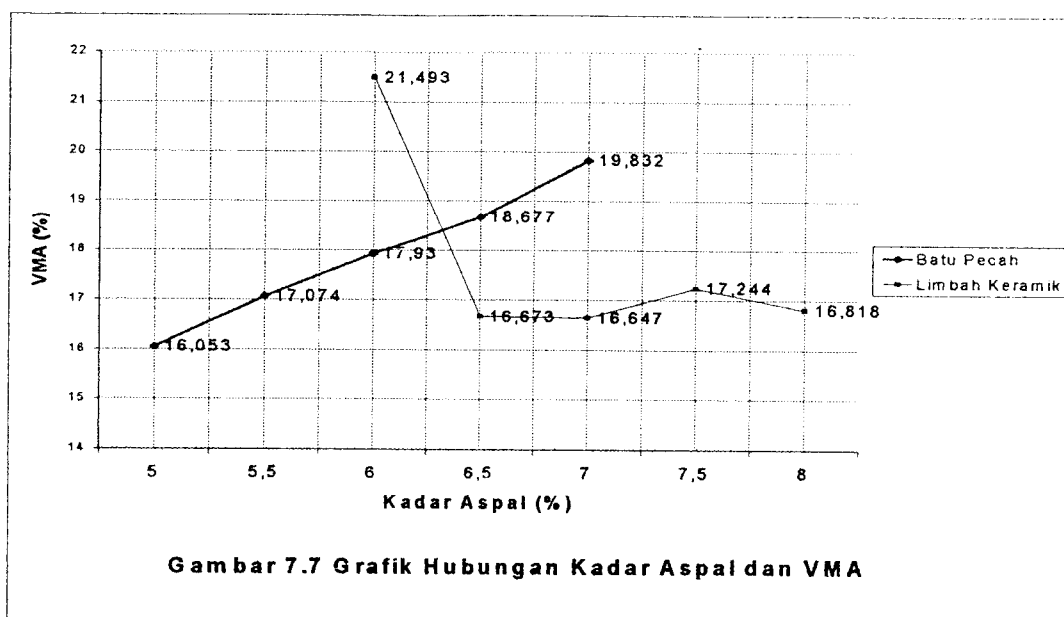
Dari Gambar 7.6 terlihat bahwa nilai QM untuk campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus terletak di atas spesifikasi yang ditentukan. Hal ini disebabkan nilai stabilitas dari campuran yang tinggi. Sedangkan nilai QM untuk campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus memenuhi spesifikasi Bina Marga hanya pada kadar aspal 7,5%. Nilai QM yang tinggi dari kedua campuran menyebabkan kedua campuran menjadi sangat kaku dan mudah terjadi retak-retak akibat beban yang berulang-ulang.

Nilai Quotient Marshall berdasarkan spesifikasi Laston adalah 200 – 350 kg/mm.

7.7. Evaluasi Terhadap VMA

Rongga di dalam agregat (VMA) adalah volume rongga yang terdapat di antara butir-butir agregat suatu campuran beraspal padat, termasuk rongga yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam prosen (%) volume.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai VMA yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 7.7 berikut ini.



Pada gambar di atas terlihat bahwa nilai VMA pada campuran agregat batu pecah terus meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal dari 5% - 7%. Hal ini disebabkan karena sifat material batu pecah yang mempunyai daya serap rendah sehingga aspal yang tersisa di luar agregat masih banyak, maka aspal yang menyelimuti semakin tebal seiring dengan bertambahnya kadar aspal dan mengakibatkan rongga antar agregat semakin besar. Sedangkan untuk campuran limbah keramik kasongan pada kadar aspal 6% - 8%, karena sifat material bahannya mempunyai daya serap yang tinggi, maka aspal yang menyelimuti

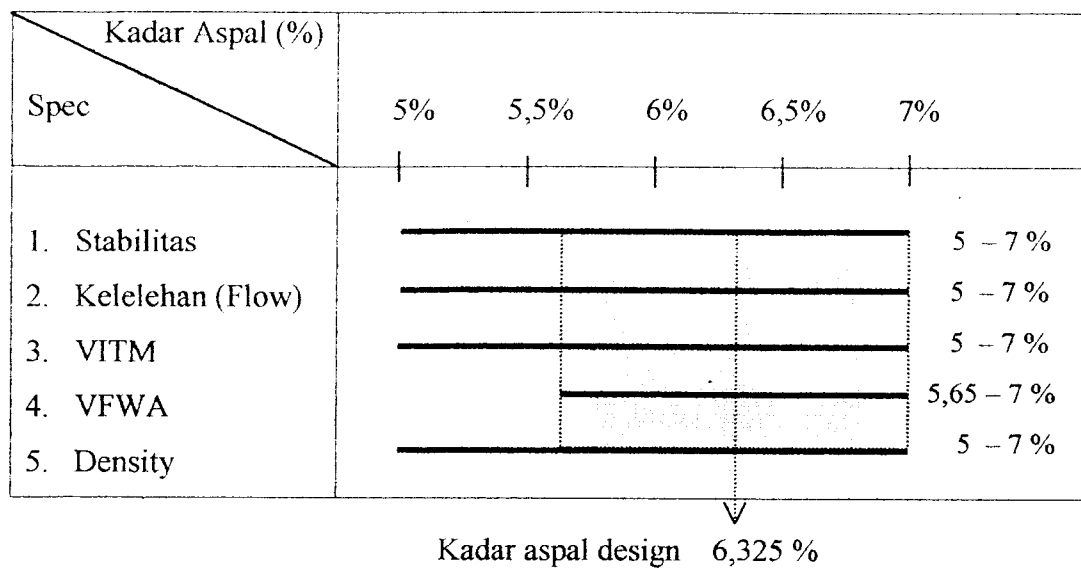
agregat lebih tipis dari campuran dengan menggunakan batu pecah. Pada gambar grafik terlihat ketidakstabilan / naik turun, tetapi mempunyai kecenderungan terus menurun, hal ini dikarenakan semakin tipisnya aspal yang menyelimuti sehingga jarak antar agregat semakin rapat dan rongga yang terjadi semakin kecil.

7.8. Evaluasi Hasil Penelitian Terhadap Spesifikasi

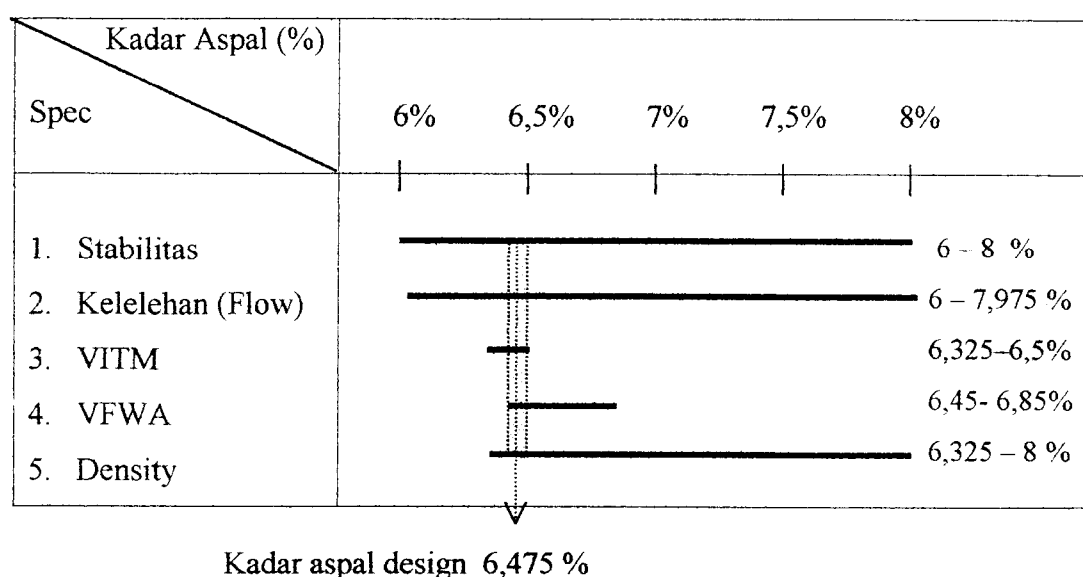
Dari hasil pengujian Marshall yang terdiri dari lima variasi kadar aspal tersebut kemudian ditentukan kadar aspal yang akan menghasilkan campuran yang memenuhi persyaratan-persyaratan Bina Marga. Hal ini dapat dilakukan dengan bantuan grafik-grafik yang memuat hubungan kadar aspal dengan nilai-nilai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

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

Tabel 7.7. Koridor Kadar Aspal Campuran Dengan Agregat Dari Batu Pecah



Tabel 7.8. Koridor Kadar Aspal Campuran Dengan Agregat Dari Limbah Keramik Kasongan



Berdasarkan hasil evaluasi, diperoleh kadar aspal design untuk mendapatkan kadar aspal campuran yang akan menghasilkan campuran yang memenuhi standar spesifikasi Bina Marga sebagai berikut ini.

1. Untuk campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus, diperoleh kadar aspal design sebesar 6,325 %, sedangkan kadar aspal terhadap campuran adalah :

$$\text{Kadar aspal terhadap campuran} = \frac{6,325}{100 + 6,325} \times 100\% = 5,95 \%$$

2. Untuk campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus, diperoleh kadar aspal design sebesar 6,475 %, sedangkan kadar aspal terhadap campuran adalah :

$$\text{Kadar aspal terhadap campuran} = \frac{6,475}{100 + 6,475} \times 100\% = 6,08 \%$$

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa seperti yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Nilai Stabilitas campuran dengan menggunakan batu pecah maupun limbah keramik kasongan sebagai agregat halus pada semua kadar aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu diatas 450 kg.
2. Nilai Flow untuk campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan memenuhi spesifikasi Bina Marga (2 – 4,5 mm) kecuali pada kadar aspal 8% tidak memenuhi dengan nilai sebesar 4,572 mm. Sedangkan campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk semua kadar aspal.
3. Nilai VITM untuk campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus adalah 0,581% - 10,244% . Nilai VITM yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (3% - 5%) hanya pada kadar aspal 6,5% yaitu sebesar 3,002%. Nilai VITM untuk campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk semua kadar aspal yaitu dengan nilai sebesar 3,147% - 4,422%.

4. Nilai VFWA untuk campuran dengan menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus adalah 52,448% - 96,579%. Nilai VFWA yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (75% - 82%) hanya pada kadar aspal 6,5% yaitu dengan nilai 78,026%. Nilai VFWA dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus adalah 72,805% - 80,341%. Nilai VFWA yang memenuhi spesifikasi Bina Marga hanya pada kadar aspal 6% - 7%.
5. Nilai QM yang disyaratkan Bina Marga untuk Laston pada beban lalu lintas sedang adalah 200 – 350 kg/mm. Pada penelitian ini nilai QM yang menggunakan batu pecah sebagai agregat halus tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk semua kadar aspal yang digunakan. Untuk campuran yang menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus, nilai QM yang memenuhi spesifikasi Bina Marga hanya pada kadar aspal 7,5% dan 8%.
6. Campuran beton aspal yang menggunakan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus membutuhkan kadar aspal yang lebih tinggi daripada yang menggunakan agregat dari batu pecah. Hal ini karena agregat dari limbah keramik kasongan yang digunakan tersebut mempunyai ikatan yang rendah terhadap aspal yaitu sebesar 80% serta penyerapan yang cukup tinggi yaitu sebesar 8,8139%, sehingga jumlah aspal yang digunakan menjadi lebih banyak agar menghasilkan campuran yang solid.
7. Untuk menghasilkan campuran beton aspal yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, maka untuk campuran dengan menggunakan batu pecah sebagai agregat halus digunakan kadar aspal sebesar 5,95% terhadap campuran,

sedangkan untuk campuran dengan limbah keramik kasongan sebagai agregat halus digunakan kadar aspal sebesar 6,08% terhadap campuran.

8. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa limbah keramik kasongan dapat dipakai sebagai agregat halus yang memenuhi standar spesifikasi Bina Marga meskipun kekuatannya masih dibawah batu pecah. Dengan demikian hipotesa sebelumnya dapat diterima.

8.2. Saran

Setelah melakukan penelitian, dapat kami kemukakan saran-saran sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini, tidak diteliti nilai indeks perendaman, karena itu pada penelitian-penelitian selanjutnya nilai indek perendaman hendaknya juga diteliti.
2. Pada penelitian ini pemeriksaan ekstraksi terhadap campuran aspal setelah pemadatan tidak dilakukan, karena itu pada penelitian-penelitian selanjutnya jenis pemeriksaan ini hendaknya juga dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perubahan bentuk atau pecahnya agregat setelah dilakukan pemadatan.
3. Limbah keramik kasongan sebaiknya tidak digunakan sebagai bahan untuk perkerasan jalan sebagai agregat halus karena berdasarkan dari hasil pemeriksaan bahan, ada persyaratan yang tidak terpenuhi. Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba sebagai filler.

DAFTAR PUSTAKA

1. _____, 1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)**, No.13/PT/B/1983, Badan Penerbit Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Dinas Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.
2. _____, 1983, The Asphalt Institute, **Asphalt Technology and Construction Practices Instructor's Guide**.
3. Kerbs R. D. and Walker R.D., 1971, **Highway Material**, Mc Graw Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
4. Silvia Sukirman, 1992, **Perkerasan Lentur Jalan Raya**, Bandung.
5. Kardiyo Tjokrodimujo, 1992, **Teknologi Beton**, Penerbit Universitas Gajah Mada.
6. Soeprapto TM, 1994, **Bahan dan Struktur Jalan Raya**, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
7. Indrasurya B. dan Sudjanarko, 1987, **Jalan Raya II**, Penerbit ITS Surabaya.

LAMPIRAN



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir
Jenis Campuran : Laston Agregat Limbah Keramik
Tanggal : 10 – 10 – 1999

Dikerjakan Oleh : Darma S dan Yessy F
Diperiksa Oleh : Sukamto

HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p(kg)	q	r	QM
1	64,50	7,192	6	897	927	448	497	1,873	2,099	11,180	78,027	10,793	21,973	50,881	10,793	326	1117,2	1056,9	3,048	346,8
2	65,17	7,192	6	970	987	480	507	1,913	2,099	11,422	79,717	8,861	20,283	56,315	8,861	335	1148,1	1065,4	2,794	381,3
3	64,60	7,192	6	896	930	450	480	1,867	2,099	11,144	77,778	11,078	22,222	50,149	11,078	333	1141,2	1077,3	2,794	385,6
Rata ²								1,884					21,493	52,448	10,244			1066,5	2,879	371,23
1	63,47	8,617	6,5	957	981	507,5	473,5	2,021	2,087	13,072	83,765	3,163	16,235	80,519	3,163	343	1175,5	1176,7	3,302	356,4
2	62,37	8,617	6,5	955	980	504	476	2,006	2,087	12,976	83,151	3,873	16,849	77,015	1,873	339	1161,8	1194,3	3,048	391,8
3	63,50	8,617	6,5	950	980	506	474	2,004	2,087	12,963	83,065	3,972	16,935	76,543	3,972	340	1165,2	1165,2	3,048	382,3
Rata ²								2,010					16,673	78,026	3,002			1178,7	3,133	378,83
1	59,18	9,3300	7	957	976	502,5	473,5	2,021	2,075	14,077	83,317	2,605	16,683	84,384	2,605	365	1250,9	1407,3	3,810	369,4
2	59,43	9,3300	7	947	965	497,5	467,5	2,026	2,075	14,109	83,505	2,386	16,495	85,536	2,386	362	1240,2	1385,3	3,302	419,5
3	59,20	9,3300	7	949	972	502	470	2,019	2,075	14,064	83,236	2,700	16,764	83,893	2,700	366	1254,3	1409,8	3,556	396,5
Rata ²								2,022					16,647	84,604	2,564			1400,8	3,556	395,961
1	59,11	10,051	7,5	956	973	497,5	475,5	2,011	2,064	15,004	82,435	2,561	17,565	85,417	2,561	357	1223,4	1373,9	3,810	360,604
2	59,26	10,051	7,5	955	971	500	471	2,028	2,064	15,131	83,135	1,733	16,865	89,722	1,733	353	1209,7	1325,8	4,064	326,230
3	59,30	10,051	7,5	954	970	497	473	2,017	2,064	15,052	82,697	2,251	17,303	86,988	2,251	351	1202,9	1355,7	4,064	333,588
Rata ²								2,019					17,244	87,376	2,182			1351,8	3,979	339,73
1	58,55	10,779	8	959	975	504,5	470,5	2,038	2,052	16,225	83,120	0,655	16,880	96,122	0,655	345	1182,3	1345,5	4,572	294,3
2	58,75	10,779	8	957	971,5	504,5	467	2,049	2,052	16,312	83,569	0,119	16,431	99,277	0,119	344	1178,9	1349,8	4,826	279,7
3	58,61	10,779	8	959	977	505	472	2,032	2,052	16,173	82,856	0,970	17,144	94,340	0,970	346	1185,6	1355,1	4,318	313,826
Rata ²								2,039					16,818	96,579	0,581			1350,1	4,572	295,3



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

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir

Jenis Campuran : Laston Agregat Batu Pecah

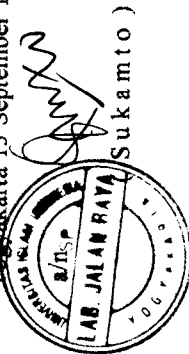
Tanggal : 13 - 09 - 1999

Dikerjakan Oleh : Darma S dan Yessy F
Diperiksa Oleh : Sukanto

HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p(kg)	q	r	QM
1	67,90	5,263	5	1184	1193	693	500	2,368	2,446	11,781	85,032	3,187	14,968	78,707	3,187	370	1268	1100	2,54	433,071
2	64,22	5,263	5	1185	1194	689	505	2,347	2,446	11,674	84,261	4,065	15,739	74,174	4,065	472	1617,5	1543,1	2,794	552,291
3	67,50	5,263	5	1177	1183	671	512	2,299	2,446	11,437	82,548	6,015	17,452	65,533	6,015	445	1525,7	1335	2,54	525,591
Rata ²								2,338					16,053	72,805	4,422			1326,03	2,625	503,651
1	68,93	5,820	5,5	1183	1192	687	505	2,343	2,428	12,820	83,676	3,504	16,324	78,535	3,504	444	1521,5	1299,4	2,794	465,068
2	67,55	5,820	5,5	1184	1190	680	510	2,322	2,428	12,705	82,926	4,369	17,074	74,411	4,369	478	1638,1	1431,7	3,302	433,586
3	68,30	5,820	5,5	1171	1180	671	509	2,301	2,428	12,590	82,176	5,233	17,824	70,638	5,233	509	1744,5	1500	3,048	492,126
Rata ²								2,322					17,074	74,528	4,369			1410,37	3,048	463,593
1	67,22	6,383	6	1186	1199	686	513	2,312	2,410	13,802	82,143	4,055	17,857	77,294	4,055	495	1696,3	1492,7	3,048	489,731
2	64,92	6,383	6	1185	1190	677	513	2,310	2,410	13,791	82,074	4,135	17,926	76,930	4,135	544	1864,2	1743,1	3,556	490,186
3	68,50	6,383	6	1170	1180	673	507	2,308	2,410	13,777	81,994	4,229	18,006	75,514	4,229	553	1893,9	1625	3,556	456,974
Rata ²								2,310					17,930	76,793	4,139			1620,27	3,387	478,964
1	64,13	6,952	6,5	1183	1194	668	526	2,249	2,391	14,546	79,484	5,970	20,516	70,900	5,938	665	2279	2182	3,81	572,703
2	67,43	6,952	6,5	1183	1186	680	506	2,338	2,391	15,121	82,627	2,252	17,373	87,037	2,252	680	2330,3	2029,7	4,084	496,988
3	67,60	6,952	6,5	1172	1180	674	506	2,316	2,391	14,980	81,859	3,161	18,141	82,576	3,161	702	2405,5	2100	3,81	551,181
Rata ²								2,301					18,677	80,171	3,784			2103,9	3,895	540,291
1	63,20	7,527	7	1173	1185	664	521	2,251	2,374	15,682	79,144	5,174	20,856	75,191	5,174	418	1432,4	1300,6	4,064	320,030
2	65,97	7,527	7	1175	1190	673	517	2,273	2,374	15,830	79,893	4,278	20,107	78,727	4,278	615	2107,5	1835,6	4,318	425,104
3	65,43	7,527	7	1175	1182	675	507	2,318	2,374	16,142	81,468	2,390	18,532	87,106	2,390	472	1618,8	1478	4,064	363,680
Rata ²								2,281					19,832	80,341	3,147			1538,1	4,149	369,961

Yogyakarta 13 September 1999



PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Contoh dari PT. Pervita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 4 September 1999
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
Darma S
Yessy F
Diperiksa Oleh : Sukanto

No.	URUTAN PEMERIKSAAN	BERAT
1	BERAT VICNOMETER KOSONG	26,4 gram
2	BERAT VICNOMETER + AQUADEST	76,7 gram
3	BERAT AIR (2 - 1)	50,3 gram
4	BERAT VICNOMETER + ASPAL	28,4 gram
5	BERAT ASPAL (4 - 1)	2 gram
6	BERAT VICNOMETER + ASPAL + AQUADEST	76,71 gram
7	BERAT AIRNYA SAJA (6 - 4)	48,4 gram
8	VOLUME ASPAL (3 - 7)	1,99 gram
9	BERAT JENIS ASPAL (5/8)	1,005 gram

Yogyakarta, 4 September 1999



Sukanto)

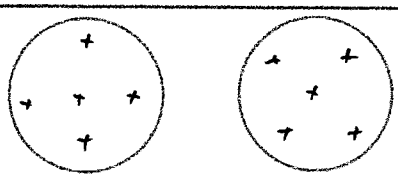
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 4 September 1999
Untuk Proyek Tugas Akhir

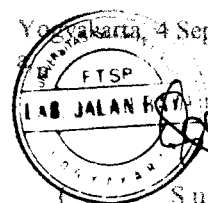
Dikerjakan Oleh :
Darma S dan Yessy F
Diperiksa Oleh :
Sukanto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU	
Mulai pemanasan	26° C	10.23	WIB
Selesai pemanasan	138° C	10.30	WIB
Didiamkan pada suhu 25° C			
Mulai	138° C	10.35	WIB
Selesai	26° C	11.35	WIB
Direndam air dengan suhu 25° C			
Mulai	26° C	11.55	WIB
Selesai		12.55	WIB
Diperiksa			
Mulai	26° C		WIB
Selesai			WIB

HASIL PENGAMATAN

No.	CAWAN - I	CAWAN - II	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1	74	68	
2	74	75	
3	74	77	
4	63	70	
5	70	74	

Yogyakarta, 4 September 1999



Sukanto)

PEMERIKSAAN
TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL
(PA - 0303 - 76)

Contoh dari	PT. Perwita Karya	Dikerjakan Oleh :
Jenis Aspal	AC 60-70	Darma S
Diuji tgl.	4 September 1999	Yessy F
Untuk Proyek	Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Sukanto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU ("C)	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	27	10.15
Selesai pemanasan	150	10.40
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	150	10.40
Selesai	118	10.45
Diperiksa		
Mulai	112	10.46
Selesai	349	11.10

HASIL PENGAMATAN

C A W A N	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	320	350
II		
RATA-RATA		

Yogyakarta, 4 September 1999



 Sukanto

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

(PA - 0302 - 76)

Contoh dari PT Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 4 September 1999
Untuk Proyek Tugas Akhir

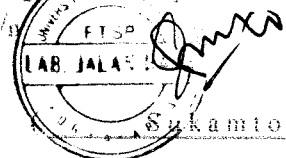
Dikerjakan Oleh :
Darama S
Yessy F
Diperiksa Oleh : Sukanto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU (°C)	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	26° C	
Selesai pemanasan	138° C	
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	138° C	
Selesai	26° C	
Diperiksa		
Mulai		
Selesai		

HASIL PENGAMATAN

No	SUHU YANG DIAMATI (°C)	WAKTU (dt)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1	5	0	0	50	48,5
2	10	120	120		
3	15	184	184		
4	20	70	70		
5	25	65	65		
6	30	54	54		
7	35	35	35		
8	40	45	45		
9	45	69	69		
10	50	70	70		
11	55				

Yogyakarta, 4 September 1999

a/ 
Sukanto

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

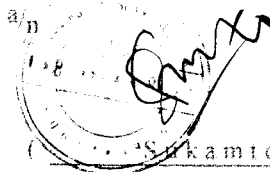
Contoh dari	PT. Pervita Karya	Dikerjakan Oleh :
Jenis Bahan	AC & Batu Pecah/Keramik	Darma S
Diuji tgl.	3 September 1999	Yessy F
Untuk Proyek	Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Sukanto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	26° C	16.10
Selesai pemanasan	170° C	16.14
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	170° C	16.16
Selesai	25° C	16.40
Diperiksa		
Mulai	26° C	16.45
Selesai	26° C	1650

HASIL PENGAMATAN

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI ASPAL
Keramik Kasongan	80 %
Batu Pecah	100%
RATA-RATA	

Yogyakarta 3 September 1999

a/n

 (..... Sukanto)

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDU
(PA - 0306 - 76)

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 4 September 1999
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
Darma S
Yessy F
Diperiksa Oleh : Sukanto

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	30 menit	Pembacaan suhu Water Bath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Daktilitas pada 25°C , 5 cm per menit	20 menit	Pembacaan suhu alat $\pm$ 25°C

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

Yogyakarta, 4 September 1999



Sukanto

PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCl₄ (SOLUBILITY)

(PA - 0305 - 76)

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Aspal AC 60-70
Diuji tgl. 3 September 1999
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
Darma S dan Yessy F
Diperiksa Oleh :
Sukanto

Pembukaan contoh	DIPANASKAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai	Jam		
	Selesai	Jam		
PEMERIKSAAN				
1. Penimbangan	Mulai	Jam	14.10	26° C
2. Pelarutan	Mulai	Jam	14.18	26° C
3. Penyaringan	Mulai	Jam	15.20	26° C
	Selesai	Jam	15.25	26° C
4. Di oven	Mulai	Jam	15.25	90° C
5. Penimbangan	Selesai	Jam	15.29	26° C

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	=	74,15	gr
2. Berat erlenmeyer + aspal	=	76,15	gr
3. Berat aspal (2-1)	=	2,0	gr
4. Berat kertas saringan bersih	=	0,6	gr
5. Berat kertas saringan + endapan	=	0,62	gr
6. Berat endapan saja (5-4)	=	0,02	gr
7. Persentase endapan ($6/3 \times 100\%$)	=	1	%
8. Bitumen yang larut ($100\% - 7$)	=	99	%

Yogyakarta 3 Septemener 1999

a. 
(Sukanto)

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari PT Perwita Karya

Dikerjakan Oleh :

Jenis Contoh Batu Pecah

Darma S

Diuji tgl. 4 September 1999

Yessy F

Untuk Proyek Tugas Akhir

Diperiksa Oleh : Sukanto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD) $\longrightarrow$ (BJ)	2081	
BERAT BENDA UJI DALAM AIR $\longrightarrow$ (BA)	1301	
BERAT SAMPEL KERING OVEN (BK)	2049,5	
BERAT JENIS (BULK) BK = _____ (BJ - BA)	2,63	
BERAT SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,67	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,74	
PENYERAPAN = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	1,537	

Yogyakarta, 4 September 1999

a/n


 (Sukanto)

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari	Clereng Kulonprogo	Dikerjakan Oleh :
Jenis Contoh	Batu Pecah/Keramik	Darma S
Diuji tgl.	4 September 1999	Yessy F
Untuk Proyek	Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Sukanto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	BATU PECAH	KERAMIK
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500	500
BERAT VICNOMETER + AIR (B)	668	668
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	982	939
BERAT SAMPEL KERING OVEN (BK)	494	459,5
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,6560	2,0066
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,6881	2,1834
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2,7444	2,4377
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	1,2146 %	8,8139 %

Yogyakarta, 4 September 1999


 (_____)
 Sukanto

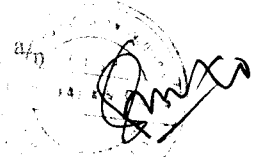
SAND EQUIVALENT DATA

Contoh dari Clereng Kulonprogo
Jenis Agregat Batu dan Keramik
Diuji tgl. 3 September 1999
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
Darma S dan Yessy F
Diperiksa Oleh :
Sukanto

TRIAL NUMBER		Keramik Kasongan	Batu Pecah
seaking (10,1 min)	Start	12.40	12.40
	Stop	12.45	12.46
Sedimentation Time (20 min - 15 sec)	Start	12.45	12.46
	Stop	13.05	13.06
Clay Reading		5,25	5.05
Sand Reading		3,6	3.4
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100\%$		68,57	67,33
Average Sand Equivalent		67,95	
Remark :			
Nilai Sand Equivalent = 67,95% > 50%, memenuhi syarat			
*) Sumber : SKBI 2.4.26.1987			

Yogyakarta 3 September 1999


 (Sukanto)

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

Contoh dari PT. Perwita Karya
Jenis Bahan AC & Batu Pecah/Keramik
Diuji tgl. 6 September 1999
Untuk Proyek Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
Darma S
Yessy F
Diperiksa Oleh : Sukanto

JENIS GRADASI		BENDA UJI	
SARINGAN			
LOLOS	TERTAHAN	BATU PECAH	KERAMIK
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4 mm (1")	19,0 mm (¾")		
19,0 mm (¾")	12,5 mm (0,5")	2500 gr	2500 gr
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500 gr	2500 gr
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (¼")		
06,3 mm (¼")	4,75 mm (No.4)		
4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No.8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	5000 gr
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3500 gr	3000gr
$\text{KEAUSAN} = \frac{(A - B)}{A} \times 100\%$		30 %	40 %

Yogyakarta 6 September 1999




 Sukanto