

**TUGAS AKHIR**  
**PENELITIAN LABORATORIUM**  
**EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK**  
**SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA**  
**PADA CAMPURAN BETON ASPAL**



Disusun Oleh :

1. Nama : *M. Baried Imron*  
No. Mhs. : 85310207  
NIRM : 855014330207
2. Nama : *Bugi Triambodo*  
No. Mhs. : 86310032  
NIRM : 865014330027

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1 9 9 5**

**TUGAS AKHIR**  
**PENELITIAN LABORATORIUM**  
**EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK**  
**SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA**  
**PADA CAMPURAN BETON ASPAL**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta**  
**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh**  
**Derajat Sarjana Teknik Sipil**

**Disusun Oleh :**

- 1. Nama : *M. Baried Imron***  
**No. Mhs. : 85310207**  
**NIRM : 855014330207**
- 2. Nama : *Bugi Triambodo***  
**No. Mhs. : 86310032**  
**NIRM : 865014330027**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1 9 9 5**

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr Wb,

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas segala bimbingan dan rahmatnya, maka selesailah Tugas Akhir yang berjudul Evaluasi Penggunaan Limbah Genteng Keramik sebagai F2 terhadap Spesifikasi Bina Marga pada Campuran Beton Aspal, yang merupakan syarat terakhir yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Islam Indonesia guna memperoleh derajat kesarjanaannya.

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

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

1. Bapak Ir. Susastrawan MS, selaku Dekan Fakultas

Teknik dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Ketua Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Djoko Murwono, MSC, selaku Dosen Pembimbing I yang telah berkenan memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun.
4. Bapak Ir. H. Balya Umar, MSC, selaku Dosen Pembimbing II yang telah berkenan memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun.
5. Kepada Base Camp beserta Karyawan Laboratorium Jalan Raya PT. Trikarsa Nusantara Yogyakarta.
6. Bapak karyawan Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.
7. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya laporan Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu.

Semoga amal kebajikan Bapak dan rekan-rekan semua mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Amin.  
Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir

ini masih terdapat banyak kekurangan, karena keterbatasan kemampuan penyusun. Oleh karena itu kritik dan saran sangat penyusun harapkan. Akhirnya, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penyusun khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Agustus 1995

Penyusun



## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
INTISARI .....	x
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	3
C. Faedah Penelitian .....	4
D. Lingkup Penelitian .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
A. Aspal .....	5
B. Agregat .....	6
C. Filler .....	7
D. Beton Aspal.....	7
BAB III. LANDASAN TEORI .....	13
A. Perkerasan Jalan .....	13
1. Perkerasan Lentur .....	13

	2. Perkerasan Tegar .....	14
	B. Bahan Perkerasan .....	16
	1. Agregat .....	17
	2. Aspal .....	26
	C. Kadar Aspal Dalam Campuran .....	30
BAB	IV. HIPOTESIS .....	34
BAB	V. METODE PENELITIAN .....	35
	A. Bahan .....	35
	1. Asal Bahan .....	35
	2. Spesifikasi dan Pemeriksaan Bahan ..	36
	B. Alat yang digunakan.....	43
	C. Jalannya Penelitian .....	45
	1. Persiapan .....	45
	2. Cara Melakukan Tes Benda Uji .....	48
	D. Anggapan Dasar .....	49
	E. Cara Analitis .....	50
	1. Nilai VFWA .....	51
	2. Nilai VITM .....	53
	3. Nilai Stabilitas .....	53
	4. Nilai Flow/Kelelehan .....	54
	5. Nilai Marshall Qoutient .....	54
BAB	VI. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	56
	A. Hasil Penelitian .....	56

B. Pembahasan .....	57
1. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Stabilitas.....	58
2. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Flow .....	60
3. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal Terhadap VITM .....	63
4. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal Terhadap VFWA.....	65
5. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Marshall Qoutient .....	68
6. Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	69
BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN .....	72
A. Kesimpulan .....	72
B. Saran .....	74
BAB VIII. PENUTUP .....	75
DAFTAR PUSTAKA .....	77
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

1. Tabel 3.1. Spesifikasi Gradasi menerus beton aspal.
2. Tabel 3.2. Klasifikasi bentuk batuan berdasarkan hasil *descriptive test*.
3. Tabel 5.1. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan agregat kasar Batu Pecah.
4. Tabel 5.2. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan agregat kasar Pecahan Genteng Keramik.
5. Tabel 5.3. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan agregat halus Batu Pecah.
6. Tabel 5.4. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan agregat halus Pecahan Genteng Keramik.
7. Tabel 5.5. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan aspal.
8. Tabel 5.4. Variasi campuran.
9. Tabel 5.5. Angka Koreksi Stabilitas.
10. Tabel 6.1. Hasil tes Marshall dengan variasi F2 pada campuran beton aspal AC 60-70.
11. Tabel 6.2. Persyaratan Marshall Test untuk LASTON.
12. Tabel 6.8. Kadar Aspal Optimum masing-masing campuran.

## DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 3.1. Susunan lapis keras pada perkerasan lentur.
2. Gambar 3.2. Bentuk-bentuk kurva Gradasi.
3. Gambar 3.3. Hubungan antara kadar aspal dan kekakuan.
4. Gambar 6.1. Grafik Hubungan antara kadar aspal dengan Stabilitas.
5. Gambar 6.2. Grafik Hubungan antara kadar aspal dengan Flow.
6. Gambar 6.3. Grafik Hubungan antara kadar aspal dengan VITM.
7. Gambar 6.4. Grafik Hubungan antara kadar aspal dengan VFWA.
8. Gambar 6.5. Grafik Hubungan antara kadar aspal dengan Q. Marshall.
9. Gambar 6.6. Penentuan kadar aspal Optimum campuran Batu Pecah (AB).
10. Gambar 6.6. Penentuan kadar aspal Optimum campuran Limbah Genteng Keramik (AG).

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Pemeriksaan Keausan (Abrasi) Batu Pecah + Genteng.
2. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal.
3. Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan Silica.
4. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal.
5. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah.
6. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Genteng Keramik.
7. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Batu Pecah.
8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Genteng Keramik.
9. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal.
10. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal.
11. Pemeriksaan Penetrasi Aspal.
12. Pemeriksaan Kelarutan Dalam  $CCL_4$ .
13. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal.
14. Pemeriksaan Daktilitas (Ductility).
15. Pemeriksaan Sand Equivalent.
16. Tabel Perhitungan Tes Marshall campuran Batu Pecah.
17. Tabel Perhitungan Tes Marshall campuran limbah Genteng Keramik.

## INTISARI

Beton aspal merupakan suatu campuran agregat dan aspal yang sering digunakan sebagai lapis permukaan suatu perkerasan lentur. Karakteristik lapis permukaan tersebut banyak dipengaruhi oleh bahan susun campuran dan cara pelaksanaan pembuatannya, yaitu pada saat pencampuran, penghamparan dan pemadatan.

Dalam penelitian ini campuran Beton Aspal digunakan agregat Fraksi I (agregat kasar) dan Fraksi III (Filler/ bahan pengisi) dari batu pecah, sedang untuk Fraksi II (agregat halus) digunakan limbah genteng keramik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah cara pemeriksaan dengan alat *Marshall* dan hasilnya dibandingkan dengan persyaratan spesifikasi Bina Marga.

Dari hasil penelitian untuk lalulintas sedang dengan jumlah tumbukan 2 x 50, untuk gradasi nilai tengah spesifikasi Bina Marga dimana F II dipakai limbah genteng dan jenis aspal yang digunakan AC 60-70 dengan rentang kadar aspal 5 % - 7 % ternyata tidak ada yang memenuhi persyaratan Bina Marga.

BAB I  
PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Konstruksi jalan yang dibangun oleh pemerintah dewasa ini kebanyakan menggunakan lapis lentur. Konstruksi jalan yang menggunakan lapis permukaan dari campuran beton aspal, karakteristik lapis permukaan tersebut banyak dipengaruhi oleh bahan susun campuran dan cara pelaksanaan pembuatannya, yaitu pada saat pencampuran, penghamparan serta pemadatan.

Banyak ragam lapis perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia, salah satu diantaranya adalah perkerasan *lapis beton aspal* (LASTON) yang merupakan komponen lapis keras yang terbuat dari campuran antara agregat bergradasi menerus dan aspal keras dengan perbandingan tertentu.

Bahan perkerasan beton aspal merupakan campuran merata antara agregat dan aspal. 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 Beton Aspal. Agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus serta filler. Agregat yang lebih kecil mengisi ruang antara agregat yang lebih besar akan membentuk susunan gradasi yang rapat dengan rongga pori yang sangat kecil. Aspal menyelimuti permukaan

butir-butir agregat sebagai lapisan tipis dan sebagian lagi mengisi rongga pori antara agregat. Penggunaan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan kelenturan (*Fleksibilitas*) dan *Durabilitas* yang baik tetapi tidak demikian dengan Stabilitas dan Kekesatan (*Skid Resistance*). Dengan demikian haruslah ditentukan suatu campuran antara agregat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan lapisan beton aspal dengan kualitas yang sesuai dengan persyaratan teknis/spesifikasi.

Faktor yang sangat mempengaruhi nilai Stabilitas dari beton aspal adalah gaya gesek dalam (*Internal Friction*), sifat saling mengunci dan kohesi dari agregat tersebut. Gaya gesek dalam merupakan gabungan dari bentuk partikel, tekstur permukaan partikel, ukuran partikel, dan gradasi.

Pada masa pembangunan saat ini, khususnya dibidang infrastruktur telah menunjukkan peningkatan yang luarbiasa sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap ketersediaan bahan/ material, yang dalam hal ini bahan batuan sebagai bahan susun lapis perkerasan. Bertitik tolak dari masalah ini, maka akan dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan limbah genteng keramik sebagai agregat halus Fraksi II (F2) pada campuran Beton Aspal dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga. Dari sudut ini, akan diamati toleransi yang dapat diambil dari limbah genteng sebagai pengganti batuan.

## B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana penggunaan limbah genteng sebagai agregat halus terhadap persyaratan Bina Marga untuk campuran Beton Aspal, serta mengetahui nilai-nilai dari :

1. Stabilitas
2. Kelelehan (*Flow*)
3. Marshall Quotient (*QM*)
4. Prosentase rongga didalam campuran  
(*Void In The Mix*)
5. Prosentase rongga terisi aspal  
(*Void Filled With Asphalt*)

Dengan mengetahui besar nilai-nilai diatas tersebut untuk setiap benda uji, maka dapat diketahui pengaruh penggunaan limbah genteng keramik sebagai pengganti agregat halus (F2) terhadap perilaku campuran Beton Aspal.

## C. Faedah Penelitian

Faedah dari penelitian ini adalah memberikan gambaran awal tentang perencanaan campuran perkerasan Beton Aspal, masing-masing untuk campuran dengan menggunakan limbah genteng keramik sebagai agregat halus dan campuran dengan batuan hasil sampingan *Stone Crusher* dari PT. TRI KARSA NUSANTARA dengan jenis aspal AC 60-70, agar campuran dengan agregat halus (F2) baik dari batuan maupun

Fraksi 2 daripada limbah genteng keramik tersebut mencapai nilai stabilitas yang optimal.

#### D. Lingkup Penelitian

Penelitian ini hanya terbatas pada pengaruh agregat hasil samping Stone Crusher dan limbah genteng keramik sebagai agregat halus (F2) yang lolos saringan 3/8 " dan tertahan pada saringan # 30 untuk benda uji Laston, dengan jenis aspal keras AC 60-70.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap agak hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *Asphaltenese*, *resin*, dan *oils*. *Asphaltenese* 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 dari pada kekuatan masing-masing agregat. Aspal keras atau asphalt cement (AC) adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan dan kualitas khusus. (*Kerb and Walker, 1971*).

Mengenai sifat dan jenis aspal yang digunakan adalah AC 60-70 yang mempunyai nilai penetrasi antara 60 - 79 (0,1 mm), titik lembek berkisar antara 48°C- 58°C, titik nyalanya minimal 200°C, kehilangan berat maksimum 0,8 % berat maupun kelarutan terhadap CCL<sub>4</sub> sebesar 99% berat dan daktilitas/ batas ulur mempunyai nilai > 100 cm.

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya prosentase aspal adalah suatu campuran perkerasan hanya

4%-10% berdasarkan berat atau 10%-15% berdasar volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal.

### B. Agregat

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

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 (Kerb and Walker, 1971). Agregat bentuk 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 berbentuk pecah ini paling baik untuk digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

Butir yang berbentuk bulat kurang dapat saling mengunci dikarenakan bidang singgungnya berupa titik, Sedangkan agregat berbentuk pipih atau gepeng akan mudah patah oleh pemadatan ditambah bahwa butir yang lebih halus akan sukar untuk didorong kebawah butir besar yang terletak pada sisi panjang butir tersebut.

### C. Filler

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan No. 200. Filler/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 Beton Aspal. *(Heukelon, 1965)*

### D. Beton Aspal

Menurut Bina Marga pada Petunjuk Pelaksanaan Laston

No.13/PT/B/1983, beton aspal adalah campuran antara agregat bergradasi menerus (*Well graded*) dan aspal keras yang dicampur, dihampar, dan dipadatkan secara panas dalam suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan butiran pengisi (*Filler*) sedangkan aspal yang digunakan biasanya jenis aspal keras AC 60-70 dan AC 80-100. Pembuatan lapis aspal beton (*LASTON*) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya.

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh suatu campuran beton aspal adalah :

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 (*interparticle friction*) serta daya lekat (*mass viscosity*) dari aspalnya.

Gaya gesek dalam antar partikel dari batuan merupakan gabungan dari faktor-faktor yang terdapat pada batuan itu, yaitu bentuk permukaan partikel, bentuk partikel, porositas, gradasi partikel dan mineraloginya. Kohesi dipengaruhi oleh faktor-faktor sifat *rheology* gradasi agregat, kepadatan, adhesi antar aspal dan batuan. Sifat *rheology* yaitu sifat aspal tersebut dipengaruhi oleh jangka waktu pembebanan (*time of loading*). Apabila mendapatkan pembebanan dengan jangka waktu yang cepat, akan bersifat elastis, tetapi jika jangka waktu pembebanan lambat akan bersifat *viscous*. Sedang adhesi antara aspal dan batuan dipengaruhi oleh porositas, reaktivitas kimiawi. Menurut *Kerb and Walker, 1971, (6)* kekuatan kohesi bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat, tetapi apabila telah mencapai nilai aspal optimum, maka penambahan jumlah aspal akan berakibat menurunnya angka stabilitas. Inersia merupakan daya tahan terhadap pemindahan tempat. Inersia dipengaruhi oleh besarnya beban, jangka waktu pembebanan dan campuran perkerasan itu sendiri. Besarnya stabilitas dari suatu jenis perkerasan kemudian distandarisasi dengan cara *Marshall Test*.

2) Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas dari 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 (12)* ).

3) Fleksibelitas (*Flexibility*)

Fleksibelitas dari suatu campuran perkerasan menunjukkan kemampuan untuk menahan lendutan/tekukan misalnya dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan kecil dari lapisan dibawahnya terutama tanah dasar (*Subgrade*), tanpa mengalami keretakan. Untuk meningkatkan kelenturan, pemakaian agregat dengan gradasi terbuka sangat sesuai, tetapi dengan pemakaian tersebut akan didapatkan stabilitas yang tidak sebaik dengan menggunakan gradasi rapat. Sifat aspal terutama daktilitasnya sangat menentukan kelenturan perkerasan. Aspal yang mempunyai daktilitas rendah, maka dalam campuran perkerasan akan menghasilkan suatu perkerasan yang fleksibelitasnya rendah pula.

4) Kekesatan (*Skid Resistance*)

Yang dimaksudkan disini adalah kemampuan dari per-

mukaan 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 daripada permukaan jalan yang halus. Permukaan yang terlalu kasar menimbulkan gangguan kenyamanan akibat bunyi yang timbul pada gesekan antara ban dengan permukaan jalan, serta ban menjadi mudah aus. *Skid Resistance* yang baik diperoleh dengan *surface texture* yang kasar. Permukaan perkerasan jalan yang mengalami *bleeding*, *skid resistance*-nya 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 83*).

#### 5) Ketahanan kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis Beton Aspal dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

1. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan menyebabkan kelelahan yang lebih cepat.
2. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan lapis perkerasan menjadi lebih fleksibel.

(Perkerasan lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman, 93).

6) Kemudahan pekerjaan (*Workability*)

Yang dimaksud dengan kemudahan pekerjaan adalah kemudahan suatu campuran perkerasan untuk dicampur, dihamparkan dan dipadatkan. Sifat kemudahan ini penting, artinya karena pada pekerjaan pencampuran, penghamparan dan pemadatan dituntut waktu yang cepat dan tepat, mengingat sangat pentingnya suhu minimum pada saat pemadatan. Apabila pemilihan bahan dan pencampurannya sesuai dengan rencana, biasanya pekerjaan penghamparan dan pemadatan akan berjalan dengan lancar. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan, adalah :

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



BAB III  
LANDASAN TEORI

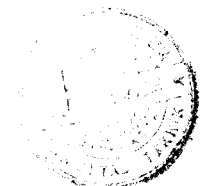
A. Perkerasan Jalan

Pengertian perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah mendapatkan pemadatan, yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas kemudian menyebarkan beban, baik kearah horisontal maupun arah vertikal dan akhirnya meneruskan beban ketanah dasar (*Subgrade*) sehingga beban pada tanah dasar tidak melampaui daya dukung tanah dasar yang diijinkan. Lapis perkerasan suatu jalan terdiri dari satu ataupun beberapa lapis material batuan dan bahan ikat. Bahan batuan dapat terdiri dari berbagai fraksi batuan yang direncanakan sedemikian sehingga memenuhi persyaratan yang dituntut.

Secara umum konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu :

1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur terbuat dari bahan batuan dari berbagai fraksi membentuk gradasi batuan yang sesuai dengan persyaratan dan diikat oleh bahan pengikat aspal. Perkerasan lentur umumnya mempunyai kelenturan yang cukup tinggi kalau dibandingkan dengan lapis keras kaku, sehingga sangat baik digunakan pada konstruksi jalan yang mengalami lendutan yang relatif besar akibat beban lalu lintas.



## 2. Perkerasan tegar (*Rigid Pavement*)

Perkerasan tegar adalah perkerasan yang terdiri dari komponen batuan (*aggregate*), kerikil, dan pasir yang dicampur dan diikat oleh bahan pengikat semen portland (PC). Perkerasan ini terdiri dari plat beton semen yang diletakkan langsung ditanah dasar yang telah dipersiapkan ataupun diatas pondasi (*Base*) Agregat klas A/B.

Perbedaan utama dari perkerasan lentur dan perkerasan kaku adalah bagaimana cara struktur tersebut melimpahkan beban lalulintas ketanah dasar (*Subgrade*). Perkerasan kaku mampu menyebarkan beban pada tanah dasar dengan daerah penyebaran yang luas, sehingga tekanan yang diterima tanah dasar per-satuan luas akibat beban lalulintas menjadi sangat kecil. Kekakuan yang dimiliki oleh perkerasan tegar dapat ditingkatkan dengan memperbaiki mutu bahan penyusunnya yang berarti menaikkan mutu beton semennya. Berbeda dengan perkerasan kaku, pada perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis, sehingga kemampuan untuk melimpahkan beban lalulintas ke tanah dasar tergantung dari sifat-sifat penyebaran beban oleh masing-masing lapisan. Berdasarkan kenyataan diatas maka kekuatan dari jenis perkerasan lentur ini terutama ditentukan oleh kekuatan relatif masing-masing lapisan yang ditentukan

oleh kekuatan bahan penyusunnya, tebal masing-masing lapisan, dan kekuatan tanah dasarnya.

Dalam penelitian tugas akhir ini hanya akan dibahas untuk perkerasan lentur saja, khususnya beton aspal. Ditinjau dari kualitas konstruksi, lapis keras beton aspal merupakan konstruksi lapis keras paling bagus. Untuk mendapatkan kualitas ini, persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi pada pembuatan konstruksi beton aspal juga paling ketat.

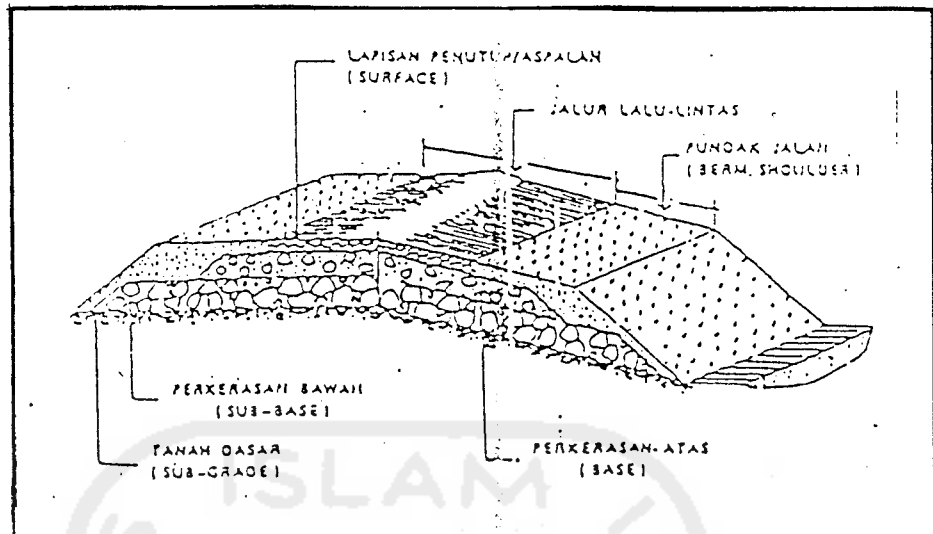
Fungsi dari lapis permukaan adalah :

1. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
2. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
3. Sebagai lapisan aus.
4. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Pada prinsipnya lapis perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) tersusun atas 3 (tiga) bagian, yaitu :

1. Lapis pondasi bawah (*Sub-base Course*)
2. Lapis pondasi atas (*base Course*)
3. Lapis permukaan (*Surface Course*)

Pada gambar 3.1. dibawah ini dapat dilihat susunan lapis perkerasan lentur tersebut.



Gambar 3.1. Susunan lapis keras pada perkerasan lentur  
 Sumber : Konstruksi Jalan Raya, Ir.Djoko Untung S., Badan penerbit Pekerjaan Umum (1984).

Lapis perkerasan bawah (*Subbase*) terletak langsung di atas permukaan tanah dasar (*Subgrade*) yang telah dipersiapkan, kemudian diantaranya adalah lapis perkerasan atas (*Base*). Lapisan yang langsung berhubungan dengan roda kendaraan dan terletak paling atas adalah lapis permukaan (*Surface*) yang berupa campuran aspal dan agregat dengan ketebalan yang relatif tipis.

## B. Bahan Perkerasan

Secara prinsip bahan penyusun suatu perkerasan lentur adalah agregat, filler, dan aspal. Bahan-bahan tersebut harus memenuhi kriteria/syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kegagalan konstruksi yang disebabkan

oleh bahan.

### 1. Agregat

Agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik berupa hasil alam, hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang digunakan sebagai bahan penyusun utama perkeran jalan.

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi beberapa faktor, (Kerb and Walker. 1971). Faktor yang mempengaruhinya yaitu : ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, bentuk, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal, kebersihan, dan sifat kimiawi.

#### a. Ukuran dan Gradasi

The Asphalt Institute (ES-I, 1983) mengelompokkan agregat menjadi 4 (empat) fraksi, yaitu :

1. Agregat kasar, batuan yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm).
2. Agregat halus, batuan yang lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.30 (0,60 mm).
3. Mineral pengisi (*filler*), batuan yang lolos saringan No. 30 (0,60 mm).
4. Mineral debu (*dust*), fraksi dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 (0,074 mm).

Untuk mendapatkan komposisi yang tepat sesuai dengan persyaratan yang ada, maka untuk beton aspal saringan yang digunakan adalah : 1", 3/4 ", 1/2 ", 3/8 ", # 4, # 8, # 30 # 50, # 100, # 200.

Gradasi adalah prosentase pembagian ukuran butir batu yang dipakai dalam suatu konstruksi perkerasan jalan maupun konstruksi beton. Gradasi batuan dapat dinyatakan dengan suatu tabel ataupun grafik gradasi. Tabel gradasi sekurang-kurangnya harus membuat ukuran atau nomor saringan dan prosentase berat lolos saringan tersebut. Grafik gradasi mempunyai dua sumbu. Sumbu horisontal menyatakan ukuran saringan dalam skala logaritma, sumbu vertikal menyatakan persen berat lolos saringan tersebut. Pemakaian skala logaritma bertujuan agar diameter yang kecil masih dapat digambarkan.

Gradasi dibedakan menjadi 3 (tiga) macam (Kerb and Walker, 1971), yaitu :

1. *Well graded*, disebut juga gradasi menerus atau gradasi rapat, ialah gradasi yang mempunyai ukuran butir dari ukuran yang terbesar sampai ukuran butir yang terkecil dengan tujuan untuk menghasilkan suatu campuran perkerasan dengan bahan pengikat aspal yang mempunyai nilai stabilitas tinggi.
2. *Gap graded*, disebut juga gradasi terbuka/gradasi timpang, ialah gradasi yang dalam distribusi ukuran butirnya tidak mempunyai salah satu ataupun beberapa

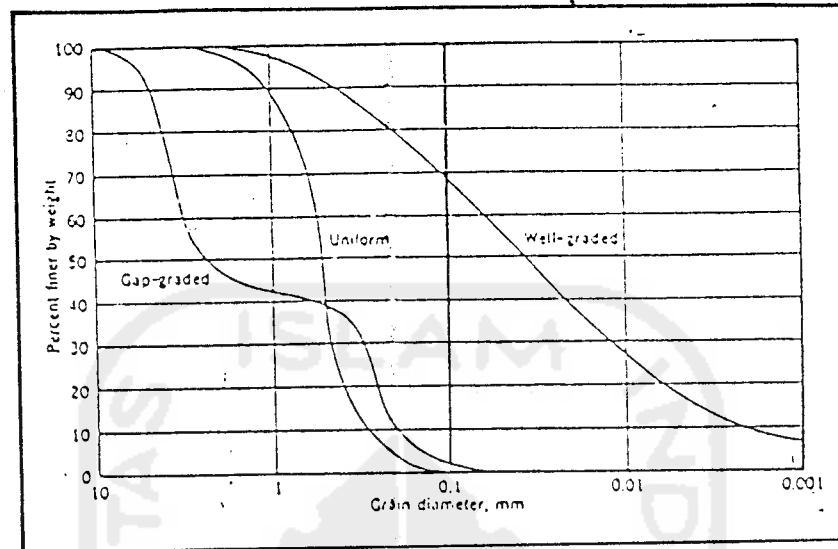
butiran dengan ukuran tertentu (tidak menerus).

3. *Uniform* atau *One Size*, disebut juga gradasi seragam, ialah gradasi yang dalam ukuran butirnya mengandung butiran yang ukurannya hampir sama.

Pada gambar 3.2. terlihat bahwa *Well graded*/gradasi menerus grafiknya relatif datar dengan kelengkungan yang teratur. Untuk *Uniform graded*/gradasi seragam grafiknya curam, sedangkan *Gap graded*/gradasi terbuka kelengkungannya tidak teratur (ada perubahan mendadak).



Pada gambar 3.2. di bawah ini dapat dilihat bentuk-bentuk kurva gradasi.



Gambar 3.2. Bentuk-bentuk kurva Gradasi

Sumber : Highway Material, (Kerb and Walker, 1971)

Untuk beton aspal, gradasi yang digunakan adalah gradasi menerus (*well graded*). Spesifikasi yang digunakan berpedoman pada Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/83. Didalam peraturan ini juga disebutkan bahwa, bahan pengisi untuk beton aspal 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 3.1. di bawah ini.





Tabel 3.1. Spesifikasi Gradasi menerus beton aspal

No. Saringan (mm)	Spesifikasi%
1" (25,4)	100
3/4" (19,1)	85 - 100
1/2" (12,7)	---
3/8" (9,52)	65 - 85
# 4 (4,76)	45 - 65
# 8 (2,38)	34 - 54
# 30 (0,59)	20 - 35
# 50 (0,279)	16 - 26
# 100 (0,149)	10 - 18
# 200 (0,074)	5 - 10

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1983.

**b. Kekerasan/ Kekuatan batuan (Toughness)**

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

1. agregat yang lunak mengalami *degradasi* yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.
2. gradasi terbuka mempunyai tingkat *degradasi* yang lebih besar daripada gradasi menerus.
3. partikel bulat akan mengalami *degradasi* yang lebih kecil daripada partikel besar.

4. energi pemadatan yang lebih besar mengalami *degradasi* yang besar pula.

Untuk menguji kekuatan/kekerasan batuan digunakan dengan *Los Angeles Abrasion Test*, yaitu metode pengujian ketahanan batuan terhadap benturan (*impact*) dan keausan (*abrasion*). Persyaratan nilai keausan batuan untuk *surface course* maksimum 40% (Buku Petunjuk Pelaksanaan *Laston* No.13/PT/B/1983), sedangkan untuk menguji ketahanan terhadap cuaca/penghancuran (*disintegrasi*) digunakan *soundness test*, Agregat dengan *soundness* lebih kecil 12% menunjukkan agregat yang cukup tahan terhadap cuaca dan dapat digunakan untuk lapis perkerasan.

#### c. Bentuk (Shape)

Bentuk butiran merupakan faktor yang sangat penting untuk memperoleh gaya geser antara batuan dan perkerasan, disamping itu bentuk butiran juga berpengaruh terhadap stabilitas konstruksi perkerasan jalan. Bentuk butiran yang kasar (*rough*) akan menghasilkan sudut geser dalam yang besar daripada bentuk butiran yang permukaannya halus (*smooth*) dan juga butiran yang kasar lebih mampu menahan deformasi yang timbul dengan menghasilkan ikatan antar partikel yang lebih kuat.

Agregat yang berbentuk kubus/ *angular* memiliki sifat saling mengunci antar butirnya, sehingga memberikan sudut gesek dalam antar partikel batuan yang tinggi. Tabel di bawah ini merupakan klasifikasi bentuk batuan berdasarkan *descriptive test*.

Tabel 3.3. Klasifikasi bentuk batuan berdasarkan hasil pengamatan langsung (*descriptive test*).

Klasifikasi	Penggambaran/Description
<i>bulat/rounded</i>	halus karena teraus air atau permukaannya licin karena teraus, contoh krikil sungai atau krikil pantai.
<i>tak beraturan (irregular)</i>	tak beraturan asli atau sebagian teraus dan mempunyai sudut-sudut bulat.
<i>bersudut-sudut (angular)</i>	memiliki sudut-sudut bagus yang tegas terbentuk pada irisan dari permukaan kasar. contoh : batu pecah.
<i>elongated</i>	biasanya bersudut-sudut bagus yang bagian panjangnya sangat besar dibandingkan dengan kedua dimensi yang lain.
<i>flaky</i>	batuan yang mempunyai bagian tipis lebih kecil dibandingkan dengan dua dimensi yang lain, misal : batuan yang berlapis-lapis.
<i>flaky and elongated</i>	material yang mempunyai bagian panjang sangat besar dibandingkan dengan kelebarnya, dan kelebarnya lebih besar daripada bagian tipisnya.

Sumber : Wiryawan Purboyo, 1989  
Batuan sebagai bahan jalan.

#### d. Tekstur Permukaan

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

1. Batuan kasar (*rough*), memberikan *internal friction*, *skid resistance*, serta kelekatan aspal yang baik pada campuran perkerasan. Biasanya batu pecah mempunyai *surface texture* yang kasar.
2. Batuan halus (*smooth*), mudah dilapisi aspal, tetapi *internal friction* dan kekekatannya kurang baik dibandingkan dengan batuan kasar.
3. Batuan mengkilat (*polished*), memberikan *internal friction* yang rendah sekali dan sulit dilekati aspal.

**e. Porositas**

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

**f. Kelekatan terhadap aspal**

Faktor-faktor yang berpengaruh adalah *surface texture*, *surface coating*, *surface area*, porositas dan reaktivitas kimiawi. Lekatan aspal pada batuan akan merupakan ikatan yang kuat jika aspal mengandung asam tertentu dan

batuannya merupakan basa/lime stone (Suprpto, TM, catatan kuliah Jalan Raya IV).

#### g. Kebersihan

Kebersihan permukaan batuan dari bahan-bahan yang dapat menghalangi melekatnya aspal sangatlah penting. Agregat harus bersih dari substansi asing, seperti lumpur sisa tumbuh-tumbuhan, partikel lempung dan sebagainya, karena substansi asing tersebut dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan.

#### h. Sifat kimiawi permukaan

Keadaan ini dipengaruhi oleh jenis batuannya. Agregat yang bersifat basa biasanya akan lebih mudah dibasahi dengan aspal daripada air. Agregat jenis ini disebut sebagai *hidrophobic* (bersifat menolak air). Muatan listrik pada permukaannya adalah positif (elektro positif). Agregat yang bersifat asam akan lebih mudah dibasahi oleh air daripada oleh aspal, atau disebut dengan istilah lain *hidrophillic* (bersifat suka air). Permukaannya dimuati oleh listrik negatif (elektro negatif). Pengenalan jenis muatan pada permukaan agregat ini penting karena sekarang tersedia jenis aspal baik yang *kationik* (+) maupun yang *anionik* (-) yang dapat dipilih sesuai dengan jenis agregatnya.

## 2. Aspal

*Hydrocarbon* adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut *bitumen*, sehingga aspal sering juga disebut *bitumen*. Pada aspal beton, aspal yang digunakan adalah hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering disebut aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran beton aspal dan memberikan lapisan kedap air, dan tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam. Untuk menghasilkan lapis keras berkualitas baik, maka bahan pembentuknya pun harus berkualitas baik pula. Beberapa sifat fisik aspal, antara lain :

- a. Sifat *rheologic*, maksudnya adalah hubungan antara tegangan dan regangan dipengaruhi oleh waktu.
- b. Sifat *thermoplastic*, maksudnya adalah *viscositas* aspal berubah-ubah dengan berubahnya temperatur pada suhu yang tinggi *viscositas*-nya rendah, aspal akan dapat menyelimuti batuan dengan baik dan rata. Tetapi apabila pemanasan berlebihan akan membuat molekul-molekul yang ringan menguap, sehingga dapat merusak sifat aspal, yaitu aspal cepat mengeras/getas. Sebaliknya dengan pemanasan yang kurang, viskositasnya aspal tinggi (kental), aspal tidak mampu menyelimuti batuan secara merata sehingga daya ikat (*adhesi*)-nya dengan batuan menjadi

kurang dan penyerapan (*absorption*) oleh batuan juga kurang. Hal ini memudahkan *stripping process*, yaitu lepasnya lapis aspal dari agregat akibat pengaruh dari air. (*Silvia Sukirman (57), Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993*)

Untuk menghasilkan lapis keras yang baik, maka fase-fase konsistensi saat pelaksanaan Laston No. 13/PT/B/1983, masing-masing adalah sebagai berikut :

1. Agregat dipanaskan maksimum 175 °C.
  2. Temperatur aspal  $\leq$  temperatur agregat, dengan perbedaan maksimum 15 °C.
  3. Temperatur pencampuran ditentukan oleh jenis aspal, untuk AC 60-70 : 130 °C - 165 °C.
  4. Temperatur pemadatan awal minimum : 110 °C.
  5. Temperatur pemadatan akhir minimum : 60 °C.
  6. Temperatur penghamparan minimum : 115 °C.
- c. Sifat *Durability*, maksudnya adalah daya tahan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya terhadap perubahan yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca maupun karena *processing*. Hal ini semua dapat dilihat dari daya tahannya menjadi keras sesuai dengan jalannya waktu (*resistance to hardening with time*). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan aspal mengeras sesuai dengan jalannya waktu, adalah :

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

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



titik nyala, serta proses pencampuran tidak terlalu lama.

3. *Polymerisasi*, adalah penggabungan dari molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar. Menurut penelitian didapatkan bahwa, *resins* adalah bagian yang paling mudah berubah-ubah, baik berubah menjadi *asphaltenese* atau *oils*. Sifat polimerisasi ini menyebabkan aspal menjadi getas, sehingga berakibat jalan mudah retak (*cracking*).

4. *Thixotropy*, adalah kenaikan viskositas aspal seiring dengan bertambahnya umur aspal. Tetapi dengan suatu pembebanan yang cukup, sifat ini dapat dikurangi pengaruhnya.

5. *Separation*, adalah pemindahan bagian-bagian *oils*, *resins* atau *asphaltenese* sebagai akibat proses penyerapan (*absorption*) selektif atau pada bagian-bagian tertentu oleh batuan sehingga berakibat semakin keras atau lunaknya aspal. Jadi bila yang diserap *resins* atau *oils*-nya aspal yang tertinggal akan mengeras, sebaliknya bila yang diserap *asphaltenese*-nya aspal akan bertambah lunak.

6. *Synerisis*, adalah istilah yang menunjukkan adanya kenampakan noda-noda pada permukaan aspal. Noda ini disebabkan oleh terjadinya suatu pembentukan baru dalam aspal, dan srtuktur baru ter-

sebut di-*expose* dipermukaan aspal. Struktur yang baru itu umumnya merupakan bagian yang memiliki berat molekul yang besar, dan bagian ini menyebabkan aspal yang dipermukaan menjadi keras. *Synerisis* terjadi dengan ditandai dengan noda-noda pada permukaan aspal dengan warna yang tidak *homogen*.

### C. Kadar Aspal Dalam Campuran

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

Kadar aspal dalam campuran dapat dibedakan dalam beberapa keadaan, yaitu :

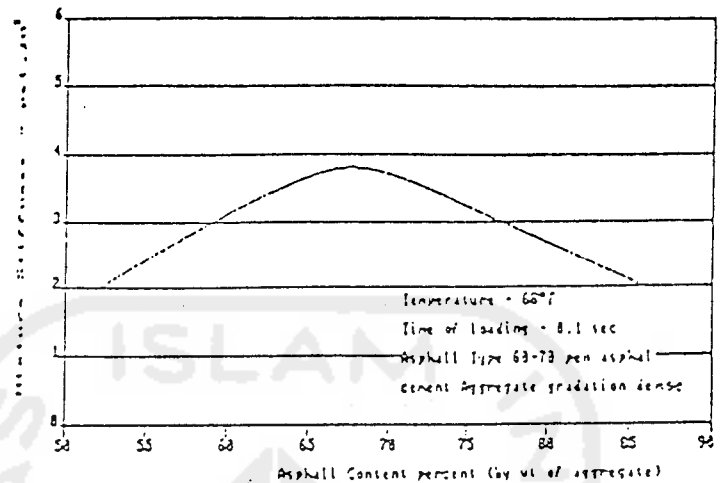
- a. Keadaan pertama, aspal hanya sekedar menyelimuti permukaan butir saja, sehingga daya lekatnya kurang kuat. Bila ada gaya geser maka konstruksi akan mudah terlepas dan menjadi retak-retak.
- b. Keadaan kedua, selain menyelimuti butir-butir batuan aspal juga masih mempunyai cadangan yang berguna apa bila konstruksi terkena gaya geser, maka masih ada aspal yang dapat menahannya sehingga susunan butiran tidak akan mudah terlepas satu sama lain.

- c. Keadaan ketiga, aspal mengisi penuh seluruh rongga-rongga, keadaan ini tidak menguntungkan karena jalan akan menjadi licin. Hal ini disebabkan karena naiknya sebagian aspal ke permukaan jalan apabila jalan tersebut terkena roda kendaraan atau akibat panas sinar matahari.
- d. Keadaan empat, kadar aspal melebihi dari kebutuhan sehingga batuannya seolah-olah terapung dalam massa aspal. Keadaan ini menyebabkan kedudukan butiran menjadi tidak stabil dan mudah tergeser sehingga apabila ada gaya vertikal maupun gaya horisontal, konstruksi akan mudah bergelombang.

Pemakaian aspal yang banyak juga akan mempertinggi *durability*. Tetapi kadar aspal yang berlebihan akan berakibat aspal menjadi pelicin pada suhu tinggi. Untuk itulah perlu dicari suatu *kadar aspal optimum* untuk lapisan keras Beton Aspal.

Setelah berpengaruh terhadap kekedapan, kadar aspal berpengaruh juga terhadap kekakuan campuran. Hal ini dapat ditunjukkan dalam gambar 3.3. dibawah ini. Mula-mula kekakuan meningkat dengan bertambahnya jumlah aspal, kekakuan menurun. Kekakuan campuran maksimum cenderung terjadi pada kondisi kadar aspal optimum

Pada gambar 3.3. di bawah ini dapat dilihat hubungan antara kadar aspal dan stiffness.



Gambar 3.3. Hubungan antara kadar aspal dan stiffness.

Sumber : *Influence of Shape, Size and Surface Texture on Stiffness and Fatigue Response of Asphalt Mixture*, C .L . Monismith, 1968.

Dalam penelitiannya, *Griffth & Kallas, 1958* menarik kesimpulan bahwa :

1. Dengan meningkatnya derajat *angularitas*, nilai *Marshall stability* dari beton aspal meningkat pada kadar aspal optimum.
2. Dengan meningkatnya derajat *angularitas* dari *Fine aggregate*, menurunkan proses rongga antar batuan.
3. Dengan meningkatnya derajat *angularitas* dari *Fine aggregate*, meningkatkan kadar aspal optimum.

Dalam bukunya Konstruksi Jalan Raya, Ir. Djoko U. S. yang diterbitkan D.P U. 1984, besarnya kandungan aspal pada suatu lapis Beton Aspal dipengaruhi oleh :

1. Luas permukaan butir.
2. Kekasaran permukaan butir.
3. Penyerapan (*absorption*) tiap-tiap butir.
4. Keenceran atau sifat penetrasi dari bahan pengikat (aspal)-nya.
5. Cadangan aspal dalam rongga yang dibutuhkan.

Jumlah aspal yang dibutuhkan didalam campuran, dapat dicari antara lain dengan :

1. Teori Luas Permukaan Butir dan Kekasaran Permukaan Butir (*surface area*).
2. Metode Marshall.

Dalam penelitian ini, digunakan metode Marshall, yaitu penelitian dilaboratorium.

## BAB IV

### HIPOTESIS

Campuran Beton Aspal tersusun dari agregat dan aspal dimana agregat yang umum digunakan adalah merupakan gradasi menerus, dan komponen suatu campuran beton aspal tersebut mempunyai proporsi tertentu serta dicampur secara panas pada suhu tertentu pula.

Pada penelitian ini, dihipotesiskan bahwa limbah genteng keramik mempunyai tingkat kekerasan tertentu dapat dipergunakan sebagai komponen agregat halus (*Fraksi II*) dalam campuran beton aspal dengan gradasi batu ideal yang memenuhi persyaratan Bina Marga.

BAB V  
METODE PENELITIAN

A. Bahan

Pada penelitian ini dilakukan serangkaian pengujian yang meliputi :

- a. Pengujian bahan yang terdiri dari :
  1. Pengujian agregat kasar
  2. Pengujian agregat halus
  3. pengujian bitumen (aspal)
- b. Pengujian benda uji campuran beton aspal dengan agregat halus (F2) dari hasil samping *Stone crusher* dan limbah genteng keramik yang setelah dicampur dengan aspal dan dipadatkan, dilakukan penggetesan dengan *Marshall method*.

**1. Asal Bahan**

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini, adalah agregat dan aspal. Agregat pecah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan batuan hasil samping dari produksi *Stone Crusher* dari PT. TRIKARSA NUSANTARA, yang diambil dari *quarry* Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Sedang pecahan genteng keramik berasal dari CV. ABADI ber-alamat di jalan Magelang KM 5, Yogyakarta . Pada penelitan ini aspal yang digunakan adalah jenis aspal keras

yaitu AC 60-70 produksi Pertamina.

## **2. Spesifikasi dan Pemeriksaan Bahan**

Persyaratan teknis bahan menggunakan spesifikasi Bina Marga, seperti tertuang dalam Buku Petunjuk Pelaksanaan LASTON No. 13/PT/B/1983, yang diterbitkan oleh Dirjen Bina Marga.

Adapun pengujian yang dilakukan sebelumnya adalah :

### **a. Pemeriksaan Agregat**

Agregat atau batuan merupakan komponen utama dari suatu lapis perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan prosentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lainnya. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan-pemeriksaan sebagai berikut :

1. Pemeriksaan Keausan agregat dengan mesin Los-Angeles, Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan 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, satuannya dalam %.

2. Pemeriksaan Berat Jenis (Specific Gravity).

Pemeriksaan ini adalah perbandingan antara berat volume agregat dengan berat volume air. Adapun pemeriksaan Berat Jenis ini mengikuti prosedur PB 0202-76 atau AASHTO T85-81 dengan persyaratan minimum 2,5 gr/cc. Besarnya Berat Jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal karena umumnya lapisan perkerasan direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.

3. Pemeriksaan Peresapan Agregat terhadap air.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya peresapan air terhadap agregat yang diijinkan sebesar  $\leq 3\%$ . Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan, sehingga hal ini akan berpengaruh pada daya lekat aspal dengan agregat. (*Silvia Sukirman (57) Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993*).

4. Pemeriksaan Kelekatan terhadap Aspal.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal ialah prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap

keseluruhan luas permukaan.

5. Pemeriksaan Sand Equivalent Test.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus atau pasir. Sand Equivalent test dilakukan untuk partikel agregat lolos saringan No.4 sesuai prosedur AASHTO T176-73. Nilai yang disyaratkan se besar  $\geq 50\%$  . Lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dengan aspal berkurang juga adanya lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah.

**b. Pemeriksaan Bahan Ikat Aspal**

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

1. Pemeriksaan Penetrasi.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu

tu, beban dan waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu pula.

2. Pemeriksaan Titik Lembek (Softening Point Test).

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara  $30^{\circ}\text{C}$  sampai  $200^{\circ}\text{C}$ . Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun kesuatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin pada ketinggian tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

3. Pemeriksaan Titik Nyala.

Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala open cup kurang dari  $79^{\circ}\text{C}$ . Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik diatas permukaan aspal.

4. Pemeriksaan Daktilitas.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai ke-elastisitas aspal, yang diukur dari

jarak terpanjang, apabila antara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25 °C dan dengan kecepatan 50 mm/ menit.

5. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat Jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi/volume yang sama pada suhu tertentu.

6. Pemeriksaan Kelarutan dalam  $\text{CCL}_4$  (*Solubility Test*).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam *carbon tetra chloroid*, jika semua bitumen yang diuji larut dalam  $\text{CCL}_4$  maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan ini, mengikuti PA-0305-76 atau AASHTO T44-81, dengan persyaratan  $\geq 99\%$ .

Spesifikasi didalam LASTON No.13/PT/B/1983 dan hasil pemeriksaan yang dilakukan dilaboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dicantumkan pada tabel : 5.1, 5.2., 5.3, 5.4, tabel 5.5.

Sedangkan hasil perhitungan pemeriksaan laboratorium dapat dilihat pada lampiran No.1 s/d No 17.

Tabel 5.1. Spesifikasi dan hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Batu Pecah.

NO	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1.	Keausan dengan mesin Los Angeles.	$\leq 40 \%$	39,50 %
2.	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95 \%$	100 %
3.	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3 \%$	2,207 %
4.	Berat Jenis Semu	$\geq 2,5 \text{ gr/cc}$	2,527 $\text{gr/cc}$

Sumber : LASTON No.13PT/B/1983 dan hasil penelitian di-Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan - UII.

Tabel 5.2. Spesifikasi dan hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Pecahan Genteng Keramik.

NO	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1.	Keausan dengan mesin Los Angeles.	$\leq 40 \%$	29,28 %
2.	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95 \%$	96,0 %
3.	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3 \%$	5,670 %
4.	Berat Jenis Semu	$\geq 2,5 \text{ gr/cc}$	2,350 $\text{gr/cc}$

Sumber : LASTON No.13PT/B/1983 dan hasil penelitian di-Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan - UII.

Tabel 5.3. Spesifikasi dan hasil Pemeriksaan Agregat Halus Batu Pecah.

NO	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1.	Nilai Sand Equivalent	$\geq 50 \%$	85,70 %
2.	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3 \%$	2,46 %
3.	Berat Jenis	$\geq 2,5 \text{ gr/cc}$	2,54

Sumber : LASTON No.13PT/B/1983 dan hasil penelitian di-Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan - UII.

Tabel 5.4. Spesifikasi dan hasil Pemeriksaan Agregat Halus Pecahan Genteng Keramik.

NO	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1.	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3 \%$	9,409 %
2.	Berat Jenis	$\geq 2,5 \text{ gr/cc}$	2,368 gr/cc

Sumber : LASTON No.13PT/B/1983 dan hasil penelitian di-Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan - UII.

Tabel 5.5. Spesifikasi dan hasil Pemeriksaan Aspal AC 60-70.

Jenis Pemeriksaan	Min	Max	Satuan	Hasil
1. Penetrasi (25°C, 5 detik)	60	79	0,1 mm	77
2. Titik Lembek	40	58	° C	51
3. Titik Nyala	200	-	° C	349
4. Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	-	0,4	% berat	--
5. Kelarutan (CCL 4 atau CS 2)	99	-	% berat	98,06
6. Daktilitas	100	-	Cm	> 170
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	75	-	% semula	--
8. Berat Jenis	1	-	grm/cc	1,08

Sumber : LASTON No.13/PT/B/1983 dan hasil penelitian di Lab. Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil UII.

#### B. Alat yang digunakan

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

1. Alat tekan Marshall yang terdiri dari :
  - a. Kepala penekan yang berbentuk silinder.
  - b. Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 - pound) dengan ketelitian 12,5 Kg (25 pound),

dengan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001").

c. Arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.

2. Cetakan benda uji berbentuk silinder, berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
3. Ejektor, untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah dipadatkan.
4. Oven, untuk memanaskan bahan sampai suhu yang diinginkan.
5. Alat penumbuk (*Compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 pound), dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18").
6. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi pengatur suhu minimum 20 °C dan maksimum 200 °C.
7. Perlengkapan-perlengkapan lain, seperti :
  - a. Panci untuk memanaskan bahan dan campuran.
  - b. Kompor pemanas dengan kapasitas 600 watt.
  - c. Termometer berkapasitas 400 °C.
  - d. Sendok pengaduk.
  - e. Spatula.
  - f. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr.
  - g. Sarung tangan karet.
  - h. Kipas angin dan perlengkapan lainnya.



## C. Jalannya Penelitian

### 1. Persiapan

Bahan-bahan untuk penelitian ini yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus (baik yang berupa batuan maupun pecahan/serpihan genteng keramik) serta aspal, sebelum digunakan untuk campuran, dilakukan pengujian awal terlebih dahulu untuk mengetahui sifat-sifat bahan, apakah memenuhi syarat seperti yang ditetapkan atau tidak. Pengujian ini dilakukan mengacu/menurut metode AASHTO dan ASTM.

Hasil dari pengujian bahan-bahan tersebut seperti pada tabel 5.1 sampai dengan tabel 5.3. Setelah pengujian awal selesai, dilakukan penyaringan setiap jenis agregat dengan menggunakan saringan dengan No.IX dalam Petunjuk Pelaksanaan *Laston*, No.13/PT/B/1983, yaitu seperti yang tertuang dalam tabel 3.1. Dari penyaringan ini, ditimbang berat tertahan untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan gradasi yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini dibuat beberapa campuran dengan variasi penggunaan agregat batuan sebagai F2, dan agregat dari limbah genteng sebagai F2 juga. Aspal yang digunakan mempunyai angka penetrasi 60-70. Tiap-tiap variasi gradasi ditambah uji dengan aspal dengan kadar mulai dari 5 % sampai dengan kadar aspal 7%, dengan interval 0,5 % . Tiap-tiap benda uji dibuat dua (*duplo*), sehingga dalam penelitian ini jumlah sampel keseluruhannya menjadi :

2 (2 X 5) = 20 buah benda uji (sampel). Variasi-variasi tersebut dapat dilihat pada tabel 5.4. dibawah ini.

Tabel 5.4. Variasi campuran

Aspal AC 60-70	Kadar Aspal ( % )				
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Agregat batuan (Fraksi 2)	A B1	A B2	A B3	A B4	A B5
Agregat genteng (Fraksi 2)	A G1	A G2	A G3	A G4	A G5

Jumlah berat campuran untuk masing-masing benda uji adalah 1200 gram. Sedangkan aspal yang dibutuhkan untuk tiap-tiap benda uji adalah sebagai berikut :

- a. kadar aspal 5% dibutuhkan aspal 5% X 1200 = 60 gram.
- b. kadar aspal 5,5% dibutuhkan aspal 5,5% X 1200= 66 gram.
- c. kadar aspal 6 % dibutuhkan aspal 6% X 1200 = 72 gram.
- d. kadar aspal 6,5% dibutuhkan aspal 6,5% X 1200= 78 gram.
- e. kadar aspal 7 % dibutuhkan aspal 7 % X 1200 = 84 gram.

Selanjutnya, agregat sebanyak 1200 gram tersebut dipanaskan diatas kompor sambil diaduk-aduk hingga suhu mencapai 165 °C, demikian juga aspalnya dipanaskan hingga suhu 155 °C, kemudian disatukan dalam suatu tempat pencampur yang beratnya telah ditentukan. Agregat dicampur dengan aspal dengan suhu pencampuran 160 °C dalam 2 menit.

Pada waktu pencampuran diusahakan campurannya homogen. Sementara itu disiapkan cetakan benda uji yang sebelumnya dibersihkan dari kotoran, diberi sedikit paselin dan dipanaskan menggunakan open dengan maksud agar penurunan suhu campurannya tidak terlalu cepat. Bagian alas cetakan diberi selembar kertas sebagai tanda. Setelah campuran benar-benar homogen, dituang kedalam cetakan benda uji sampel ditusuk-tusuk dengan pisau spatula sebanyak 10 kali pada bagian tengah dan 15 kali pada bagian tepi, dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berrongga. Selanjutnya benda uji didiamkan agar suhu turun mencapai suhu pemadatan yang diinginkan dan bagian atas diberi selembar kertas juga. Kemudian baru dilakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 50 kali. Kedudukan benda uji dibalik dan dilakukan penumbukan lagi sebanyak 50 kali, sehingga untuk 1 (satu) benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 100 kali.

Setelah pemadatan selesai, benda uji masih didalam cetakan didiamkan beberapa saat agar berangsur dingin, kemudian benda uji dikeluarkan dari alat penumbuk lalu didinginkan dengan bantuan kipas angin, hal ini dimaksudkan agar pendinginan dapat lebih cepat. Kemudian benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan alat bantu yang disebut *ejector*.

## 2. Cara melakukan test benda uji

- a. Benda uji dibersihkan dari bahan yang mudah lepas.
- b. Benda uji diberi tanda pengenal.
- c. Setiap benda uji diukur tingginya sebanyak 3 kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-ratakan dengan ketelitian pengukur 0,1 mm.
- d. Benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya.
- e. Direndam selama 16-24 jam didalam air agar benda uji menjadi jenuh.
- f. Setelah benda uji menjadi jenuh, kemudian ditimbang didalam air guna mendapatkan isi.
- g. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, dilap agar kering permukaan pada seluruh permukaannya, kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD).
- h. Benda uji direndam dalam *water batch* pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit.
- i. Kepala penekan alat Marshall dibersihkan dahulu dan permukaan diberi *vaselin* atau oli untuk memudahkan melepas benda uji.
- j. Arloji kelelehan (*Flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun.
- k. Kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
- l. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm per

menit hingga pembebanan maksimum tercapai pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun. Pada saat itu dibaca arloji kelelehannya.

- m. Setelah pembebanan selesai, segmen atas diangkat dan benda uji diambil dari kepala penekan. Benda uji selanjutnya siap dilakukan pengetesan.

#### **D. Anggapan Dasar**

Pada saat penelitian ini akan dilihat pengaruh penggunaan agregat halus (F2) batu pecah dan agregat dari serpihan genteng keramik terhadap perilaku campuran beton aspal. Yang dimaksud dengan perilaku disini adalah pengaruh terhadap nilai-nilai VFWA, VITM, Stabilitas, Flow, Marshall Quoitent dan koefesien kekuatan relatif.

Dalam pelaksanaan penelitian ini, dianggap bahwa peralatan yang digunakan selama berlangsungnya penelitian pengerjaan pembuatan benda uji (sampel) dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan, sedangkan bahan-bahan untuk penelitian seperti agregat dan aspal dalam keadaan yang sama, maksudnya bahwa kualitas bahan dianggap baik.

## E. Cara Analitis

Data yang akan digunakan langsung dalam analisis dan diperoleh dari hasil percobaan dilaboratorium adalah sebagai berikut :

1. Titik lembek aspal ( $^{\circ}\text{C}$ )
2. Nilai penetrasi aspal
3. Berat campuran sebelum direndam air (gram)
4. Berat dalam keadaan jenuh air (gram)
5. Berat dalam air (gram)
6. Tebal benda uji (mm)
7. Pembacaan arloji stabilitas (lbs)
8. Kelelehan atau *flow* (mm)

Untuk memperoleh nilai-nilai VIM (Prosen rongga dalam campuran), VFWA (Prosen rongga terisi aspal), Stabilitas, Flow (kelelehan), diperlukan data antara lain seperti :

### a. Berat Jenis Aspal

$$\text{BJ aspal} = \text{Berat} / \text{Volume}$$

### b. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar dan berat jenis agregat halus yang sesuai dengan prosentase fraksi-fraksi dalam campuran. Fraksi I merupakan agregat kasar, Fraksi II merupakan agregat sedang, sedang Fraksi III adalah agregat halus dan

filler, sehingga BJ agregat dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{BJ agregat} = \frac{X (\text{BJ FI}) + Y (\text{BJ FII})}{100}$$

dengan :

X = prosentase Fraksi I dalam campuran

Y = prosentase Fraksi II dalam campuran

FI = BJ agregat kasar

FII = BJ agregat halus

Kemudian nilai-nilai VFWA, VIM, Stabilitas, dan Flow dapat dihitung berdasarkan data tersebut diatas, dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

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

VFWA didapatkan dengan terlebih dahulu menghitung nilai-nilai dari :

a. Prosentase aspal terhadap campuran dengan rumus :

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

dengan :

a = prosen aspal terhadap batuan

b = prosen aspal terhadap campuran

b. Isi benda uji dengan rumus :

$$f = d - e$$

dengan :

d = berat dalam keadaan jenuh (gram)

e = berat dala air (gram)

f = isi (ml)

c. Berat isi benda uji dengan rumus :

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

dengan :

c = berat benda uji (gram) sebelum direndam

f = isi (ml)

g = berat ici benda uji

d. Prosen rongga terhadap agregat dengan rumus :

$$l = 100 - j$$

dengan :

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

Dari data diatas maka dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut:

$$VFWA = 100 \times \frac{i}{1}$$

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

l = prosentase rongga terhadap agregat



## 2. Nilai VIM (Void In Mix)

Dihitung berat jenis maksimum teoritis :

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

$$\text{VIM} = 100 - 100 \times g/h$$

dengan :

g = berat isi benda uji

h = berat jenis maksimum teoritis

## 3. Nilai Stabilitas

Angka stabilitas benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall. Angka stabilitas ini masih harus dikoreksi untuk memasukkan nilai kalibrasi alat dan koreksi ketebalan benda uji. Untuk ini dipergunakan dengan bantuan tabel koreksi benda uji seperti pada tabel 5.5 . Nilai stabilitas diperoleh dengan rumus :

$$P = Q \times O$$

dengan :

P = harga stabilitas

Q = koreksi tinggi/tebal benda uji

O = koreksi pembacaan arloji stabilitas

#### 4. Nilai Kelelehan (Flow)

Nilai kelelehan (Flow) didapat dari pembacaan arloji kelelehan (flow meter) yang menyatakan besarnya *deformasi* benda uji dalam satuan 0,01 mm.

#### 5. Nilai (Marshall Quotient)

Nilai Marshall Quotient didapat dengan membandingkan antara nilai stabilitas dengan *flow*.

$$QM = q / r$$

dengan :

QM = nilai Marshall Quotient (kN/mm)

q = nilai Stabilitas terpakai (kg)

r = nilai kelelehan (mm)

Tabel 5.5. Angka Koreksi Stabilitas

Isi Benda Uji ( cm <sup>3</sup> )	Tabel Benda Uji	
	( mm )	Angka Koreksi
200 - 213	25,4	5,56
214 - 225	27,0	5,00
226 - 237	28,6	4,55
238 - 250	30,0	4,17
251 - 264	31,8	3,85
265 - 276	33,3	3,57
277 - 289	34,9	3,33
290 - 301	36,5	3,03
302 - 316	38,1	2,78
317 - 328	39,7	2,50
329 - 340	41,3	2,27
341 - 354	42,9	2,08
355 - 367	44,4	1,92
368 - 379	46,0	1,79
380 - 392	47,6	1,67
393 - 405	49,2	1,56
406 - 420	50,8	1,47
421 - 431	52,4	1,39
432 - 443	54,0	1,32
444 - 456	55,6	1,25
457 - 470	57,2	1,19
471 - 482	58,7	1,14
483 - 495	60,3	1,09
496 - 508	61,9	1,04
509 - 522	63,5	1,00
523 - 535	64,0	0,96
536 - 546	65,1	0,93
547 - 559	66,7	0,89
560 - 573	68,3	0,86
574 - 585	71,4	0,83
586 - 598	73,0	0,81
599 - 610	74,6	0,78
611 - 625	76,2	0,76

Sumber : Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan - UII.

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan dilaboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, diperoleh nilai-nilai antara lain : nilai *VITM*, *VFWA*, *Stabilitas*, *Flow* serta *Marshall Qoutient* seperti tercantum pada tabel 6.1 dibawah ini :

Tabel 6.1. Hasil Tes Marshall dengan variasi F2 pada campuran Beton Aspal dengan AC 60-70

Karakteristik	Kode	Kadar Aspal (%)				
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1. <i>VITM</i> (%)	AB	9,5	6,5	4,3	2,7	0,9
	AG	13,4	12,8	10,8	8,3	7,3
2. <i>VFWA</i> (%)	AB	51,6	63,7	74,6	86,1	94,2
	AG	39,9	43,5	50,2	59,5	64,3
3. <i>Stabilitas</i> (Kg)	AB	1334	1536	1838	1998	1824
	AG	1011	1065	1108	1445	1319
4. <i>Flow</i> (mm)	AB	2,54	2,79	3,05	3,43	3,81
	AG	2,92	3,18	3,56	3,94	4,19
5. <i>Qoutient Marshall</i> (Kg/mm)	AB	525,5	549,8	602,9	582,6	478,6
	AG	346,6	335,3	311,5	366,9	314,8

Sumber : Hasil penelitian dilaboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan - Universitas Islam Indonesia thn. akademi 1994/1995.

Keterangan :

AB = Agregat halus dari batuan.

AG = Agregat halus dari genteng.

Hasil penelitian yang terdapat pada tabel 6.1. dibandingkan dengan persyaratan yang harus dipenuhi untuk nilai *VITM*, *VFWA*, *Stabilitas* dan *Flow* menurut spesifikasi Bina Marga, yaitu pada Petunjuk Pelaksanaan *Laston* No. 13/PT/B/1983 Dirjen Bina Marga seperti pada tabel 6.2. berikut ini :

Tabel 6.2. Persyaratan Marshall Test untuk LASTON.

Jenis Pemeriksaan	Kepadatan lalulintas		
	Berat	Sedang	Ringan
Stabilitas (Kg)	750	650	460
Kelelehan /Flow (mm)	2 - 4	2 - 4,5	2 - 5
VITM (%)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
VFWA (%)	72 - 82	75 - 85	75 - 85

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan LASTON, No. 13/PT/B/1983.

### B. Pembahasan

Setelah mengetahui nilai-nilai *VITM*, *VFWA*, *Flow* dan *Stabilitas* dari hasil penelitian, akan dibahas mengenai pengaruh penggunaan agregat halus (F2) terhadap jenis

aspal AC 60-70, untuk mendapatkan nilai VITM, VFWA, Flow, dan Stabilitas pada lapis keras campuran Beton Aspal, sehingga nantinya dapat menentukan jumlah aspal yang diperlukan untuk masing-masing variasi campuran, serta toleransi jumlah aspal yang dapat diambil.

### 1. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal terhadap Stabilitas

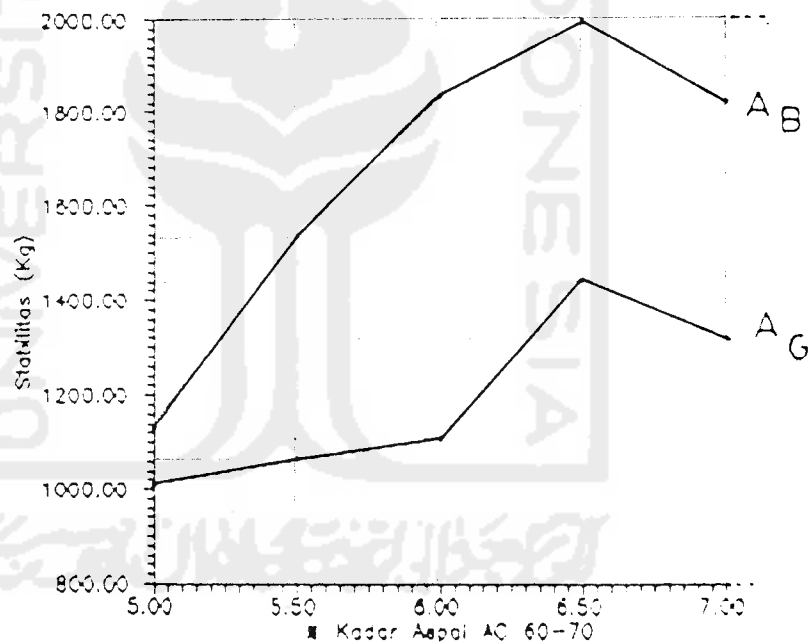
Dari hasil penelitian pada gambar 6.1. tampak bahwa nilai stabilitas semakin tinggi dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu, kemudian jika kadar aspal terus ditambah nilai stabilitas justru menurun.

- \* Limbah genteng keramik (AG), nilai maksimum stabilitas yang dicapai pada kadar aspal 6,5 % sebesar 1445 Kg.
- \* Batu pecah (AB), nilai maksimum stabilitas yang dicapai pada kadar aspal 6,5 % sebesar 1998 Kg.

Dari hasil kedua campuran tersebut diatas, terlihat bahwa campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik sebagai F2, mempunyai nilai stabilitas yang lebih rendah daripada campuran beton aspal yang menggunakan batu pecah 100 % pada kadar aspal yang sama. Hal ini disebabkan bahwa agregat dengan batu pecah (AB) mempunyai bentuk kubus, sehingga sifat saling mengunci (*inter locking*) karena bidang kontakannya lebih banyak antara butir batu yang satu dengan yang lain, maka stabilitas menjadi lebih

tinggi bila dibandingkan dengan campuran beton aspal yang menggunakan agregat bentuk butir yang pipih (AG).

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan dalam menahan terjadinya deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami retak-retak. Stabilitas perkerasan yang terlalu tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku, sehingga mudah retak saat menerima beban. Sebaliknya jika stabilitas terlalu rendah, maka perkerasan akan mudah mengalami deformasi oleh beban lalu lintas atau oleh perubahan bentuk *subgrade*.



Gambar 6.1. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas.

Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Bina Marga minimal sebesar 650 kg. Dari gambar 6.1. terlihat bahwa

semua campuran beton aspal yang menggunakan 100 % batuan maupun campuran yang menggunakan pecahan genteng keramik sebagai F2, memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga ( $> 650$  kg).

Dari gambar 6.1. diatas, dicari rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan Bina Marga. Kadar aspal yang memenuhi syarat untuk masing-masing campuran adalah :

- a. Kode A<sub>B</sub> dengan kadar aspal 5 % - 7 %
- b. Kode A<sub>G</sub> dengan kadar aspal 5 % - 7 %

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan genteng keramik memenuhi persyaratan sebagai bahan agregat halus (F2) pada perkerasan lentur jalan dengan aspal AC 60-70, dari sisi pandang nilai stabilitasnya.

## 2. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Flow

Dari hasil penelitian pada gambar 6.2. tampak bahwa dengan penambahan kadar aspal, nilai flow juga bertambah. Hal ini merupakan konsekwensi logis bahwa dengan bertambahnya kadar aspal, campuran semakin plastis.

- \* Limbah genteng keramik (AG), nilai maksimum Flow yang dicapai pada kadar aspal 7 % sebesar 2,92 mm.
- \* Batu pecah (AB), nilai maksimum Flow yang dicapai pada kadar aspal 7 % sebesar 2,72 mm.



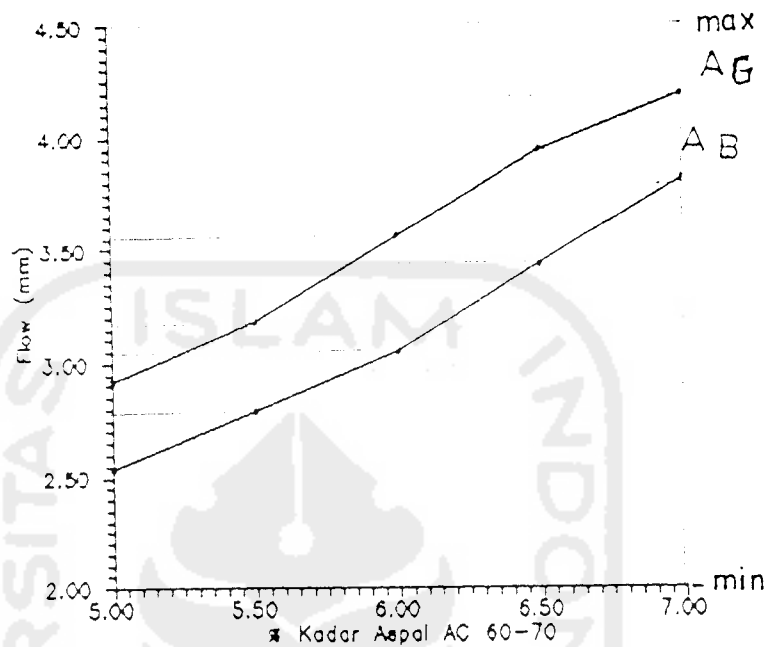
Dari kedua campuran tersebut ternyata bahwa campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik (AG) mempunyai nilai *flow* yang lebih besar dibandingkan dengan campuran beton aspal yang menggunakan batu pecah 100 % (AB). Hal ini disebabkan oleh kuat lekat aspal terhadap batuan. Kuat lekat pada batuan dipengaruhi oleh bentuk batuan dan *surface texture* batuan. Pada permukaan batuan yang kasar, daya lekat aspal lebih baik daripada permukaan yang halus. Sesuai sifat aspal sebagai bahan pengikat, semakin banyak aspal menyelimuti batuan, semakin baik aspal mengikat batuan, maka campuran beton aspal yang menggunakan pecahan genteng keramik (AG) mempunyai nilai kelelehan yang lebih tinggi.

Tingkat kelelehan (*flow*) menyatakan besarnya deformasi benda uji. Campuran beton aspal yang mempunyai angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi, cenderung kaku, sehingga mudah mengalami retak-retak (*cracking*) apabila dikenai beban lalu lintas.

Nilai *flow* ditentukan dengan beberapa faktor antara lain gradasi, kadar aspal, viskositas aspal, bentuk dan permukaan batuan.

Adapun nilai Flow/kelelehan yang disyaratkan oleh Bina Marga, untuk kepadatan lalu lintas sedang seperti yang tercantum dalam buku Petunjuk Pelaksanaan LASTON No.

13/PT/B/1983 (pada tabel 6.2) diatas yaitu : berkisar dari 2 - 4,5 mm.



Gambar 6.2. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Flow.

Dari gambar 6.2. nilai Flow/Kelelehan yang memenuhi persyaratan adalah :

- a. Kode A<sub>B</sub> dengan kadar aspal 5 % - 7 %
- b. Kode A<sub>G</sub> dengan kadar aspal 5 % - 7 %

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan genteng keramik memenuhi persyaratan sebagai bahan agregat halus (F2) pada perkerasan lentur jalan dengan aspal AC 60-70, dari sudut pandang nilai Flow/kelelehannya.

### 3. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal Terhadap VITM

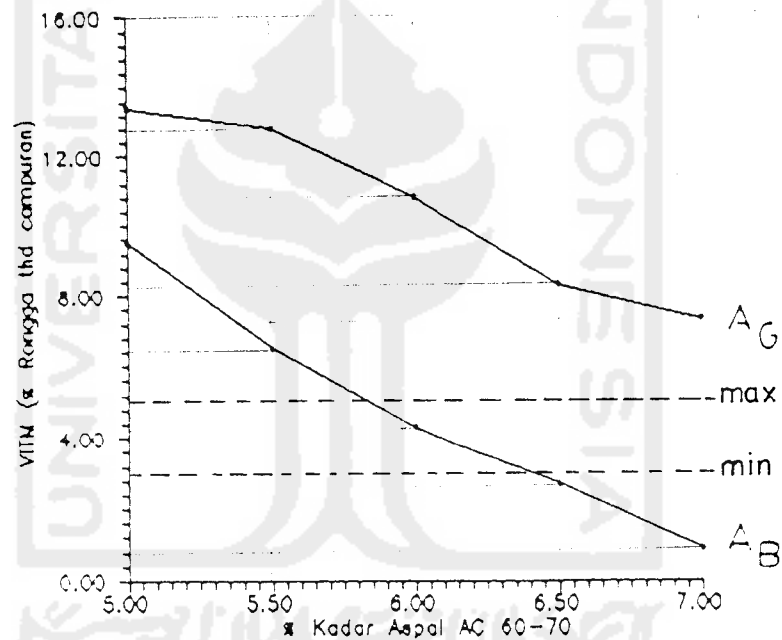
Dari hasil penelitian pada gambar 6.3. tampak bahwa nilai VITM turun dengan naiknya kadar aspal. Nilai VITM ini sangat berpengaruh terhadap kekakuan campuran.

- \* Limbah genteng keramik (AG), nilai maksimum VITM yang dicapai pada kadar aspal 5 % sebesar 13,4 %.
- \* Batu pecah (AB), nilai maksimum VITM yang dicapai pada kadar aspal 5 % sebesar 9,5 %.

Dari kedua campuran tersebut ternyata bahwa campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik (AG) mempunyai nilai VITM yang lebih tinggi daripada campuran beton aspal yang menggunakan batu pecah (AB). Hal ini disebabkan bahwa limbah genteng keramik mempunyai banyak butir yang berrongga (*porous*), sehingga nilai VITM menjadi tinggi karena nilai kekakuan terlalu rendah.

VITM (*Void in The Mix* = prosen rongga dalam campuran) menunjukkan banyaknya rongga yang ada dalam campuran. Nilai VITM dari suatu Beton Aspal dipengaruhi oleh faktor-faktor bentuk batuan, tekstur permukaan, gradasi, jumlah dan jenis aspal serta faktor pemadatan. Gradasi yang rapat (*dense graded*) mempunyai rongga yang lebih kecil daripada gradasi terbuka (*open graded*) maupun gradasi seragam (*uniform graded*). Faktor pemadatan antara lain suhu dan jumlah tumbukan.

Bina Marga memberikan batasan untuk nilai VITM pada campuran Beton Aspal ini adalah 3 - 5 %. Lapis keras dengan VITM <3 % (terlalu rapat), mempunyai nilai kekakuan yang tinggi. Lapis keras yang demikian, jika mendapat beban lalu lintas akan mudah mengalami retak-retak (*cracking*), karena tidak cukup lentur untuk menahan *deformasi*. Deformasi selain disebabkan oleh beban lalulintas, dapat pula terjadi karena penurunan dasar perkerasan (*subgrade*).



Gambar 6.3. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VITM.

Dari gambar 6.3. diatas dicari rentang kadar aspal agar nilai VITM memenuhi persyaratan yang diberikan oleh Bina Marga. Kadar aspal yang memenuhi syarat untuk masing masing campuran, adalah sebagai berikut :

- a. Kode A<sub>B</sub> dengan kadar aspal 5,85 % - 6,35 %.
- b. Kode A<sub>G</sub> tidak ada kadar aspal yang memenuhi persyaratan/spesifikasi dari Bina Marga.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan genteng keramik tidak dapat digunakan sebagai bahan agregat halus (F2) pada perkerasan lentur jalan dengan aspal AC 60-70, untuk nilai VITM-nya. Hal ini disebabkan campuran terlalu rendah nilai kekakuannya dan pada tabel 6.1. nilai VITM pada campuran ini menunjukkan nilai diatas 5 %. Lapis keras dengan nilai VITM > 5 % bersifat *porous*, mudah terjadi oksidasi karena mudah ditembus udara dan air. Proses oksidasi ini memberikan suatu lapis film aspal yang keras, yang menyebabkan aspal menjadi rapuh dan daya ikatnya kurang.

Pada lapis aspal yang teroksidasi, akan ada komponen yang larut dalam air. Bila oksidasi terjadi terus menerus dan kena air, maka kadar aspal akan berkurang, sehingga durabilitas menurun.

#### 4. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal Terhadap VFWA

Dari hasil penelitian pada gambar 6.4. tampak bahwa nilai VFWA naik dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai VFWA erat kaitannya dengan kekuatan ikatan campuran

(*adhesi*), kekedapan terhadap udara dan air serta plastisitas campuran. Dengan kata lain nilai VFWA menentukan stabilitas, durabilitas dan fleksibilitas campuran.

\* Limbah genteng keramik (AG), nilai maksimum VFWA yang dicapai pada kadar aspal 7 % sebesar 65,3 %.

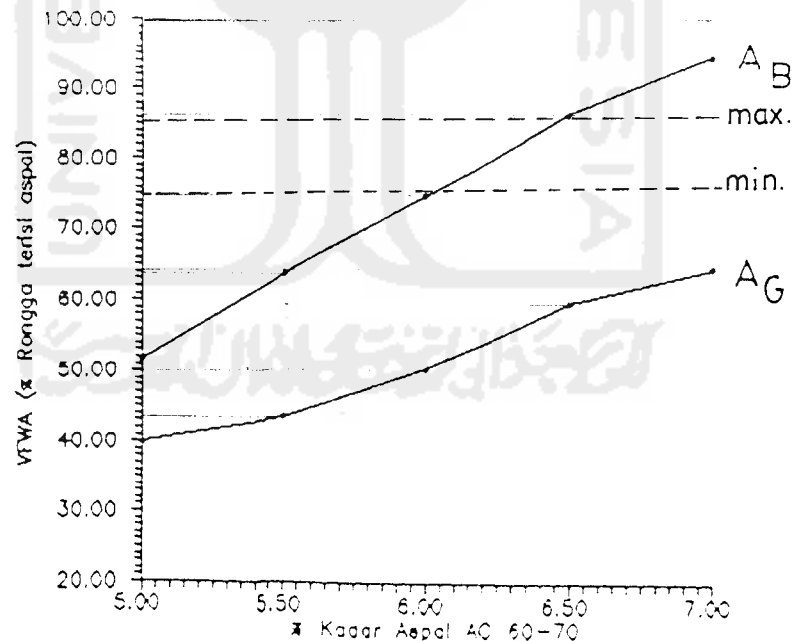
\* Batu pecah (AB), nilai maksimum VFWA yang dicapai pada kadar aspal 7 % sebesar 94,2 %.

Dari kedua campuran tersebut ternyata bahwa campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik (AG) mempunyai nilai VFWA yang lebih rendah daripada campuran beton aspal yang menggunakan batu pecah (AB) pada kadar aspal yang sama. Hal ini disebabkan bahwa limbah genteng keramik mempunyai banyak butir yang berrongga (*porous*), penyerapan terhadap bahan ikat aspal yang besar, serta daya lekat terhadap aspal kurang bila dibandingkan dengan campuran beton yang menggunakan batu pecah 100 %, sehingga nilai VFWA menjadi lebih rendah.

Nilai VFWA memperlihatkan prosentase rongga yang ada pada campuran agregat yang terisi aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi VFWA antara lain gradasi, jumlah dan jenis aspal, pemadatan dan daya serap batuan, Nilai VFWA tinggi apabila jumlah aspal banyak, gradasi rapat dan pemadatan sempurna. Disini yang ditinjau pengaruh dari bentuk batuan terhadap jenis aspal AC 60-70.

Nilai VFWA yang disyaratkan oleh Bina Marga (Petunjuk Pelaksanaan LASTON No.13/pt/b/1983), seperti yang tercantum pada tabel 6.2. yaitu: sebesar 75 % - 85 %. Beton aspal dengan VFWA terlalu rendah ( $< 75\%$ ), daya ikatnya kurang, sehingga stabilitasnya rendah.

Campuran beton aspal dengan nilai VFWA terlalu rendah bersifat porous terhadap udara dan air, sehingga mudah terjadi oksidasi dan durabilitasnya rendah. Sebaliknya apabila VFWA terlalu tinggi, fleksibilitas campuran menjadi tinggi dan menimbulkan deformasi pada saat menerima beban lalulintas. VFWA yang terlalu tinggi juga memudahkan terjadinya *bleeding*, yaitu lapisan aspal meleleh keluar.



Gambar 6.4 . Grafik Hubungan Antara.Kadar Aspal dan VFWA.

Dari gambar 6.4. dicari rentang kadar aspal agar memenuhi syarat masing-masing campuran adalah :

- a. Kode A<sub>B</sub> dengan kadar aspal 6,05 % - 6,45 %
- b. Kode A<sub>G</sub> tidak ada kadar aspal yang memenuhi persyaratan/spesifikasi dari Bina Marga.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan genteng keramik tidak dapat digunakan sebagai bahan agregat halus (F2) pada perkerasan lentur jalan dengan aspal AC 60-70, dari sisi pandang nilai VFWA-nya.

#### 5. Evaluasi Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai QM

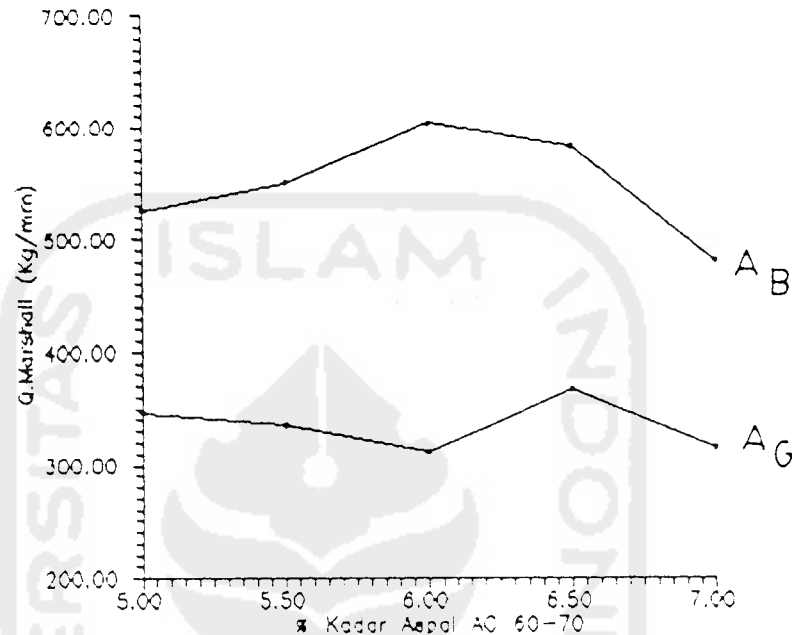
Nilai QM (*Marshall Quotient*) sangat tergantung dari stabilitas dan flow, karena nilai QM merupakan hasil bagi antara *stabilitas* dan *flow*.

Pada gambar 6.5 terlihat bahwa nilai QM pada campuran yang menggunakan batu pecah (AB) lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan pecahan genteng keramik (AG), karena beton aspal yang menggunakan batuan mempunyai stabilitas yang lebih tinggi.

Untuk nilai QM ini oleh Bina Marga tidak membatasi atau memberikan syarat. Lapis keras beton aspal dengan QM rendah, fleksibilitas terlalu tinggi, sehingga mudah mengalami deformasi apabila menerima beban lalu lintas,



sebaliknya jika QM terlalu tinggi, campuran beton aspal bersifat kaku sehingga mudah mengalami retak-retak jika menerima beban lalulintas karena tidak cukup fleksibel.

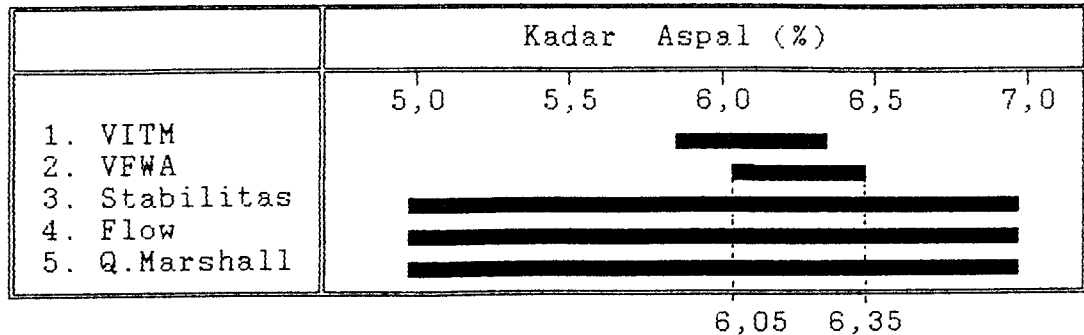


Gambar 6.5. Grafik hubungan antara Kadar aspal dan QM.

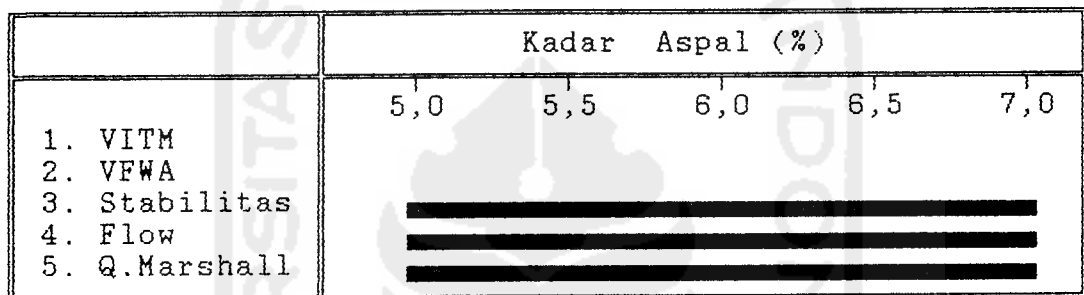
#### 6. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari gambar grafik diatas, dapat ditentukan kadar aspal yang ditentukan (kadar aspal optimum) secara grafis, yaitu dengan cara rentang kadar aspal yang memenuhi syarat dari VITM, VFWA, Stabilitas, QM dan Flow tersebut diplotkan maka diperoleh kadar aspal yang memenuhi syarat yang ditentukan.

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar 6.6 dan gambar 6.7. dibawah ini :



Gambar 6.6. Penentuan Kadar Aspal Optimum dari Agregat Batu pecah (AB).



Gambar 6.7. Penentuan Kadar Aspal Optimum Agregat dari limbah Genteng Keramik (AG).

Kadar aspal optimum diperoleh dengan mengambil nilai tengah dari rentang yang memenuhi persyaratan. Kadar aspal Optimum untuk masing-masing campuran terdapat pada tabel berikut ini :

Tabel 6.8. Kadar Aspal Optimum masing- masing campuran

Beton Aspal	Kadar Aspal (%)	
	Terhadap % berat agregat	Terhadap % total campuran
Ag.Batuan (AB)	6,20	5,838
Ag.Genteng(AG)	-----	-----

Sumber : Hasil Penelitian diLaboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil - UII.

Dari tabel 6.6. didapat bahwa kadar aspal optimum hanya terdapat pada batuan pecah (AB). Sedangkan pada campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik (AG) untuk nilai VITM maupun VFWA tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga, Sedangkan nilai Flow, Stabilitas dan Quotient Marshall memenuhi persyaratan yang dikeluarkan oleh Bina Marga.



## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada jenis perkerasan beton aspal ini beserta dengan analisa yang telah diuraikan di dalam pembahasan di muka, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai Stabilitas dengan menggunakan agregat batu pecah (AB) pada campuran beton aspal dengan kadar aspal antara 5 % - 7 % akan menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi, yaitu sebesar 1998 Kg, dibandingkan dengan campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik sebagai agregat halus F2 (AG) dengan nilai stabilitas maksimum sebesar 1445 Kg, untuk kadar aspal yang sama. Untuk nilai stabilitas kedua campuran, baik (AB) maupun (AG), kadar aspal aspal yang memenuhi syarat dengan kadar aspal antara : 5 % - 7 %.
2. Nilai *Flow* dengan menggunakan batu pecah sebagai F2 AB) pada kadar aspal 5 % - 7 % akan lebih rendah, yaitu sebesar 2,72 mm, dibandingkan dengan campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik sebagai F2 (AG) dengan nilai flow 2,92 mm, untuk kadar aspal yang sama. Untuk nilai Flow kedua campuran, baik (AB) maupun (AG),

kadar aspal yang memenuhi syarat : 5 % - 7 %.

3. Nilai VITM menurun dengan naiknya kadar aspal. Pada kadar aspal yang sama, campuran beton aspal yang menggunakan agregat batu pecah (AB) mempunyai nilai lebih kecil, yaitu sebesar 0,9 %, sedangkan agregat genteng (AG), yaitu sebesar 7,3 % untuk nilai minimum VITM-nya. Nilai VITM yang disyaratkan Bina Marga 3 % - 5 %, sehingga agregat dari limbah genteng keramik (AG) tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga.
4. Nilai VFWA naik dengan bertambahnya kadar aspal. Pada kadar aspal 5 % - 7 % , campuran beton aspal yang menggunakan agregat batu pecah (AB) mempunyai nilai VFWA maksimum yang lebih besar, yaitu 94,2 % daripada campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik (AG) sebagai F2, yaitu 65,3 %. Nilai maksimum VFWA dari Bina Marga antara 75 % - 85 %, sehingga campuran beton aspal dengan limbah genteng keramik sebagai F2 tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga.
5. Nilai Marshall Quotient (QM) dengan menggunakan campuran agregat batu pecah (AB) mempunyai nilai yang lebih tinggi yaitu sebesar 602 Kg/mm pada kadar aspal 6 %, dibandingkan campuran beton aspal yang menggunakan limbah genteng keramik (AG), sebesar 366,9 Kg/mm pada kadar aspal 6,5 %.

6. Dari evaluasi persyaratan Bina Marga, ternyata limbah genteng keramik tidak dapat digunakan sebagai bahan susun campuran beton aspal dengan AC 60-70, sehingga hipotesis tersebut diatas ditolak.

### B. Saran

Dari pengalaman melakukan penelitian di Laboratorium, dapat dikemukakan saran sebagai berikut :

1. Hendaknya diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil penelitian antara lain : penimbangan benda uji, pemeriksaan bahan, baik bahan aspal maupun batuan, suhu pencampuran, pemadatan, dan sebagainya.
2. Karena dalam pengujian bahannya baru dilaksanakan di Laboratorium, maka disarankan untuk pengkajian dalam skala penuh dilapangan.
3. Pada pemakaian alat timbangan kadang-kadang memberi hasil yang tidak sesuai. Hal ini mungkin dikarenakan alat tersebut sudah kurang memenuhi syarat. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, maka penimbangan tidak hanya dilakukan hanya sekali, karena penelitian sangat dipengaruhi oleh ketelitian penimbangan.

## BAB VIII

### PENUTUP

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT serta salawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW karena hanya atas rahmat-Nyalah penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

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

Akhir kata penyusun berharap mudah-mudahan semua yang tertuang dalam Tugas Akhir ini, paling tidak akan berguna sebagai masukan bagi rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil khususnya bidang Teknik Sipil Transportasi dan para pembaca pada umumnya.

Wabillahi taufiq wal hidayah,

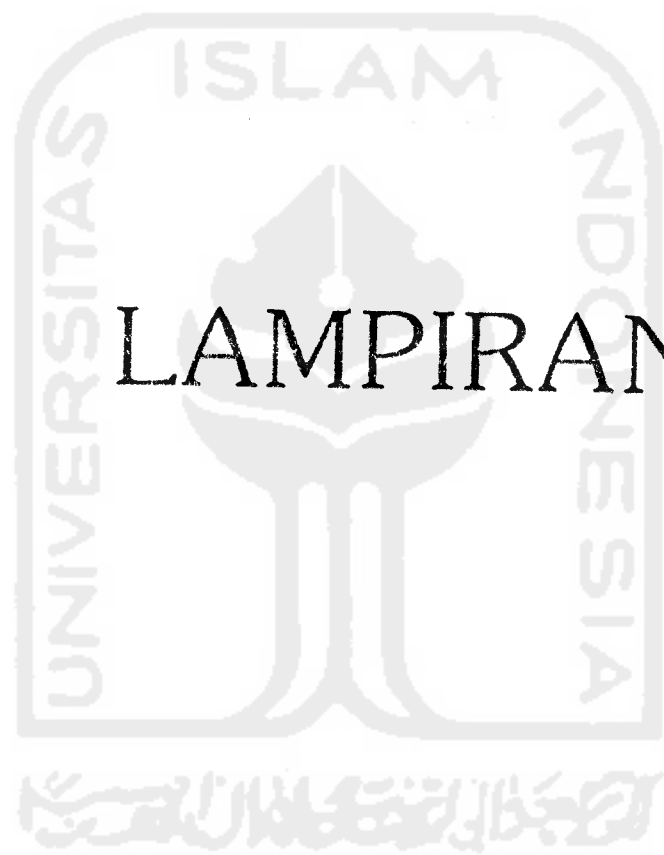
Wassalamualaikum wr wb.





## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1987, "Petunjuk Tentang LKP dan TGA", Jurusan Teknik Sipil, FT-UGM, Yogyakarta.
2. Dirjen Bina Marga DPU, Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1983, Jakarta.
3. Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993.
4. Suprpto, T.M, Catatan kuliah Jalan Raya IV, FT - UII.
5. Kerb and Walker, Highway Material, 1971.
6. Kardiono Tj, Khursus Singkat Ilmu Teknik PAU UGM 1992.
7. Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan UII, Petunjuk Praktikum Jalan Raya IV.
8. Djoko Untung S, Konstruksi Jalan Raya, 1979.
9. Fred J. Benson, Effect of Agregate Size, Shape and Surface Texture on The Properties of Bituminous Mixes, A Literature Survey, Texas A & M University, 1968.
10. The Asphalt Institute, Principle of Construction of Hot-Mix Asphalt Pavement, MS - 22 January 1983, Maryland, USA.



# LAMPIRAN

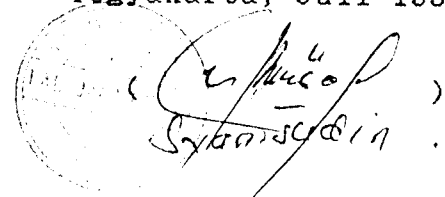
PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT

Jenis contoh : Agregat Pecah  
 Contoh dari : Asphalt Storage AMP PT. TRI KARSA NUSANTARA.  
 Diperiksa : 15 Juni 1985  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik  
 Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan- UII.

J E N I S   G R A D A S I		B E N D A   U J I	
S A R I N G A N			
L O L O S	T E R T A H A N	Agg. Batuan	Agg. Genteng
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gr	2500 gr
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500 gr	2500 gr
09,5 mm (3/8")	0,63 mm (1/4")		
0,63 mm (3/4")	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)		3025 gr	3536 gr
$\text{KEAUSAN} = \frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		39,5 %	29,28 %

Yogyakarta, Juli 1985

  
 Syamsudin

PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Batu pecah F2 + Aspal AC 60-70.  
 Diperiksa : 12 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

	Pembacaan suhu	Pembacaan waktu
PEMANASAN SAMPEL		
Mulai Pemanasan	28 °C	13.00
Selesai Pemanasan	139 °C	13.15
PEMERIKSAAN		
Mulai	28 °C	09.30
Selesai	27 °C	09.35

HASIL PENGAMATAN

Benda Uji	Persen luas permukaan yang terselimuti aspal
Batu pecah	100 %

Yogyakarta, Juli 1995

*[Handwritten Signature]*

PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP BATUAN

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Batu silica + Aspal AC 60-70.  
 Diperiksa : 12 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

	Pembacaan suhu	Pembacaan waktu
PEMANASAN SAMPEL		
Mulai Pemanasan	28 °C	13.15
Selesai Pemanasan	70 °C	13.30
PEMERIKSAAN		
Mulai	28 °C	09.35
Selesai	27 °C	09.40

HASIL PENGAMATAN

Benda Uji	Persen luas permukaan yang terselimuti aspal
Genteng Krm	40 %

Yogyakarta, Juli 1995



PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Agregat Batu pecah.  
 Diperiksa : 12 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

K E T E R A N G A N	Benda Uji	
	I	II
Berat Benda uji dalam keadaan Basah Jenuh (SSD)-----> (BJ)	1019	
Berat Benda Uji didalam Air ---> (BA)	624,5	
Berat Sampel Kering Oven -----> (BK)	997	
Berat Jenis (Bulk) = $BK / (BJ-BA)$	2,527	
Berat SSD = $BJ / (BJ-BA)$	2,580	
Berat Jenis Semu = $BK / (BK-BA)$	2,677	
Penyerapan = $(BJ-BK) / BK \times 100 \%$	2,207	

Yogyakarta, Juli 1995

*Musep*

PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Agregat Genteng Keramik  
 Diperiksa : 12 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

K E T E R A N G A N	Benda Uji	
	I	II
Berat Benda uji dalam keadaan Basah Jenuh (SSD)-----> (BJ)	1043	
Berat Benda Uji didalam Air ----> (BA)	623	
Berat Sampel Kering Oven -----> (BK)	987	
Berat Jenis (Bulk) = $BK / (BJ-BA)$	2,350	
Berat SSD = $BJ / (BJ-BA)$	2,483	
Berat Jenis Semu = $BK / (BK-BA)$	2,712	
Penyerapan = $BJ-BK / BK \times 100 \%$	5,670	

Yogyakarta, Juli 1995

( *[Signature]* )

PENELITIAN LABORATORIUM  
 EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
 SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
 PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Agregat Batu pecah  
 Diperiksa : 15 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

K E T E R A N G A N	Benda Uji	
	I	II
Berat Benda uji dalam keadaan Basah Jenuh (SSD)-----> (BJ)	500	
Berat Vicnometer + Air -----> (B)	700	
Berat Vicnometer + Air + Benda Uji,BT	1015	
Berat Sampel Kering Oven ---> (BK)	488	
Berat Jenis = $BK / (B + 500 - BT)$	2,640	
Berat SSD = $500 / (B + BK - BT)$	2,7	
Berat Jenis Semu = $BK / (B + BK - BT)$	2,82	
Penyerapan = $(500 - BK) / (BK) \times 100\%$	2,46 %	

Yogyakarta, Juli 1995



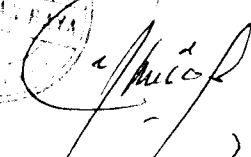
PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Agregat Genteng Keramik  
 Diperiksa : 12 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

K E T E R A N G A N	Benda Uji	
	I	II
Berat Benda uji dalam keadaan Basah Jenuh (SSD)-----> (BJ)	500	
Berat Vicnometer + Air -----> (B)	689	
Berat Vicnometer + Air + Benda Uji, BT	996	
Berat Sampel Kering Oven ---> (BK)	457	
Berat Jenis = $BK / (B + 500 - BT)$	2,3679	
Berat SSD = $500 / (B + BK - BT)$	2,3333	
Berat Jenis Semu = $BK / (B + BK - BT)$	3,0467	
Penyerapan = $(500 - BK) / (BK) \times 100\%$	9,409 %	

Yogyakarta, Juli 1995

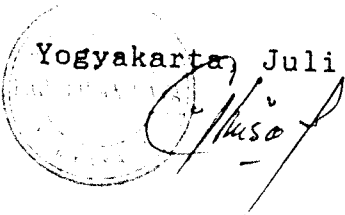
(  )

PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Aspal AC 60-70 Ex Pertamina  
 Diperiksa : 16 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

No	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat Vicnometer kosong	28,10 gram
2.	Berat Vicnometer + Aquadest	78,05 gram
3.	Berat Air ( 2 - 1 )	49,95 gram
4.	Berat Vicnometer + Aspal	31,61 gram
5.	Berat Aspal ( 4 - 1 )	3,51 gram
6.	Berat Vicnometer + Aspal + Aquadest	78,24 gram
7.	Berat Airnya saja ( 6 - 4 )	3,21 gram
8.	Volume Aspal ( 3 - 7 )	48,74 gram
9.	Berat Jenis Aspal : berat/ vol (5/8)	1,08

Yogyakarta, Juli 1995  


PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
Jenis contoh : Aspal AC 60-70 Ex Pertamina  
Diperiksa : 16 Juli 1995  
Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
& Perencanaan - UII, Yogyakarta.

		Pembacaan suhu	Pembacaan waktu
<b>PEMANASAN SAMPEL</b>			
Mulai		27 °C	13.00 WIB
Selesai		150 °C	14.00 WIB
<b>DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG</b>			
Mulai		150 °C	14.00 WIB
Selesai		27 °C	15.00 WIB
<b>DIRENDAM DALAM AIR DENGAN SUHU 5 °C</b>			
Mulai		5 °C	15.00 WIB
Selesai		55 °C	15.10 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Suhu yang diamati (°C)	Waktu (detik)		Titik Lembek	
		I	II	I	II
1	5		0		
2	10		15.30		
3	15		15.31		
4	20		15.32		
5	25		15.33		
6	30		15.34		
7	35		15.35	50	52
8	40		15.36		
9.	45		15.37		
10	50		15.38		
11	55		15.39		

PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

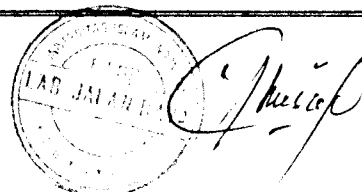
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Aspal AC 60-70 Ex Pertamina  
 Diperiksa : 12 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

	Pembacaan suhu	Pembacaan waktu
<b>PEMANASAN SAMPEL</b>		
Mulai	27 °C	
Selesai	150 °C	
<b>DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG</b>		
Mulai	150 °C	09.40 WIB
Selesai	27 °C	10.55 WIB
<b>DIRENDAM DALAM AIR DENGAN SUHU 25 °C</b>		
Mulai	27 °C	11.15 WIB
Selesai	25 °C	12.45 WIB
Diperiksa		
Mulai	25 °C	12.45 WIB
Selesai	25 °C	13.10 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	CAWAN I	CAWAN II	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1	70	72	
2	74	77	
3	75	73	
4	75	84	
5	88	82	



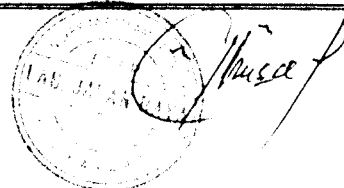
PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCL<sub>4</sub>  
(SOLUBILITY)

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
Jenis contoh : Aspal AC 60-70 Ex Pertamina  
Diperiksa : 18 Juli 1995  
Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
& Perencanaan - UII, Yogyakarta.

Pembukaan contoh	DIPANASKAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan suhu
	Mulai	Jam		
	Selesai	Jan		
<b>PEMERIKSAAN</b>				
1. Penimbangan	Mulai	Jan	13.20	
2. Pelarutan	Mulai	Jan	13.30	
3. Penyaringan	Mulai	Jan	13.50	
	Selesai	Jan	14.00	
4. Di Oven	Mulai	Jan	14.05	
5. Penimbangan	Selesai	Jan	14.35	

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	=	73,48 grm
2. Berat Erlenmeyer + aspal	=	75,54 grm
3. Berat aspal ( 2 - 1 )	=	2,06 grm
4. Berat kertas saring bersih	=	0,65 grm
5. Berat kertas saring + endapan	=	0,69 grm
6. Berat endapannya saja ( 5 - 4 )	=	0,04 grm
7. Presentase endapan ( $\frac{6}{3} \times 100\%$ )	=	1,94 grm
8. Bitumen yang larut ( 100 % - 7 )	=	98,06 grm



PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

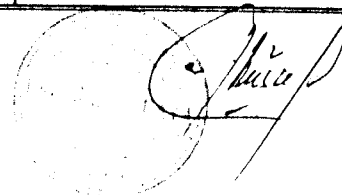
PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Aspal AC 60-70 Ex Pertamina  
 Diperiksa : 18 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN SELESAI PEMANASAN		
DIDIAMKAN PADA SUHU RUNGAN		
MULAI SELESAI		
DIPERIKSA		
MULAI SELESAI	35 °C	

HASIL PENGAMATAN

C A W A N	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	310 °C	352 °C
II		
RATA-RATA		



PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

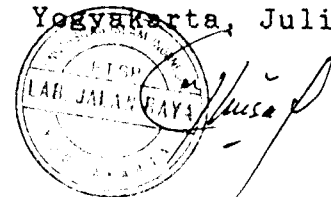
PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDUE

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Aspal AC 60-70 Ex Pertamina  
 Diperiksa : 12 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

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 Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$	60 menit	Pembacaan suhu Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Daktilitas pada $25^{\circ}\text{C}$ , 5 cm/menit	20 menit	Pembacaan suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

Daktilitas pada $25^{\circ}\text{C}$ 5 cm per menit	Pembacaan pengukur pada alat
Pengamatan I	+ 170 cm
Pengamatan II	+ 170 cm
RATA-RATA ( I + II )	+ 170 cm

Yogyakarta, Juli 1995

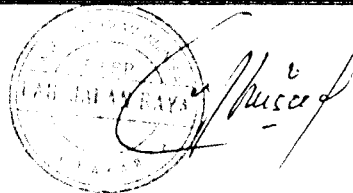


PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Aspal AC 60-70 Ex Pertamina  
 Diperiksa : 22 Juli 1985  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

TRIAL NUMBER		1	2
Seaking	Start	11.00	
	Stop	11.10	
Sedimentation Time (20 Min - 15 Sec)	Start	11.15	
	Stop	11.35	
Clay Reading		3,5"	
Sand Reading		3,0"	
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100 \%$		85,70 %	
Average Sand Equivalent		14,30 %	
Remark			





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

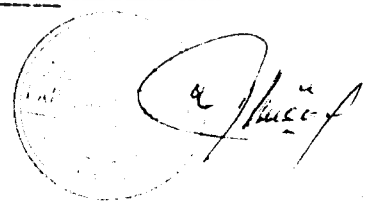
Pekerjaan : Tugas Akhir  
 Pengirim sampel : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis Campuran : Batu Pecah + AC 60 - 70

**PERHITUNGAN TES MARSHALL**

	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1	67,45	5,263	5,0	1177	1188	651	537	2,192	2,415	10,147	80,597	9,256	19,404	52,296	9,258	419	1493	1307,77	2,540	350,172
2	67,35	5,263	5,0	1175	1187	648	539	2,180	2,415	10,093	80,163	9,745	19,837	50,877	9,746	424	1511	1361,48	2,540	321,936
1	67,65	5,820	5,5	1186	1200	672	528	2,252	2,399	11,460	82,371	6,161	17,629	51,586	6,163	485	1724	1334,63	2,540	336,054
2	66,90	5,820	5,5	1182	1195	666	528	2,234	2,399	11,378	81,731	6,891	18,270	62,284	6,892	498	1770	1503,65	2,540	468,873
1	66,93	6,383	6,0	1193	1200	678	522	2,285	2,384	12,697	83,154	4,149	16,846	63,667	4,149	641	2272	1836,16	3,048	261,494
2	67,20	6,383	6,0	1198	1205	678	526	2,278	2,384	12,053	82,869	4,477	17,130	63,667	4,475	532	1889	1837,89	3,048	365,183
1	65,42	6,952	6,5	1183	1187	672	515	2,297	2,369	13,825	83,135	3,040	16,865	81,974	3,039	559	1984	1663,50	3,302	660,394
2	65,13	6,952	6,5	1197	1198	685	513	2,333	2,369	14,043	84,445	1,512	15,555	90,279	2,413	658	2331	1837,89	3,302	595,383
1	64,15	7,527	7,0	1189	1191	681	510	2,331	2,354	15,111	83,925	0,964	16,075	86,127	0,964	502	1784	1823,53	3,556	610,358
2	64,30	7,527	7,0	1186	1188	680	508	2,335	2,354	15,132	83,954	0,915	16,046	84,003	0,828	575	2040	1911,71	3,556	694,957
														84,149	0,896			1823,53	3,810	652,658

- t = tebal benda uji
  - a = % aspal terhadap batuan
  - b = % aspal terhadap campuran
  - c = berat kering/sebelum direndam
  - d = berat dalam keadaan SSD, (gr)
  - e = berat didalam air (gr)
  - f = Volume (isi) = d - e
  - g = berat isi sampel = c/f
  - h = B.J. maksimum (teoritis)  

$$100 : \left( \frac{\% \text{ agrg}}{\text{B.J. Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J. Aspal}} \right)$$
  - i = 
$$\frac{\text{B.J. Aspal}}{(100 - b)g}$$
  - j = 
$$\frac{\text{B.J. Agregat}}{(100 - i - j)}$$
 jumlah kandungan rongga
  - k = (100 - j) rongga terhadap agregat
  - m = 
$$\left( 100 - \frac{i}{j} \right)$$
 rongga yang terisi aspal (VFWR)
  - n = 100 - 100, g/h
  - o = pembacaan arloji
  - p = o x kalibrasi proving ring
  - q = p x koreksi tebal sampel (STABILITAS)
  - r = FLOW (kelelahan plastis)
  - s = QM = q/r
- suhu pemadatan : 140 C  
 suhu waterbath : 60 C  
 B.J. Aspal : 1,08  
 B.J. Agregat : 2,5835
- Tanda tangan :



Lampiran 17

# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Pekerjaan : Tugas Akhir  
 Pengirim sampel : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis Campuran : Genteng + AC 60 - 70

### PERHITUNGAN TEST MARSHALL

	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1	78,33	5,263	5,0	1180	1198	585	613	1,825	2,228	8,912	77,503	13,586	22,498	39,613	3,584	390	1391	1015,43	2,794	363,432
2	78,42	5,263	5,0	1181	1202	591	611	1,933	2,228	8,948	77,813	13,239	22,187	40,328	3,239	387	1381	1008,13	3,048	330,751
1	78,65	5,820	5,5	1184	1208	584	614	1,828	2,215	8,820	77,227	12,953	22,773	43,121	2,965	406	1447	1056,31	3,556	297,613
2	77,53	5,820	5,5	1187	1218	605	613	1,936	2,215	8,861	77,551	12,588	22,448	43,928	2,604	412	1465	1073,62	2,794	384,259
														43,524	2,784			1064,72	3,175	335,345
1	77,52	6,383	6,0	1202	1223	606	617	1,848	2,203	0,823	77,607	11,570	22,383	48,331	1,571	430	1532	1118,36	3,810	293,533
2	77,38	6,383	6,0	1172	1188	586	602	1,880	2,203	1,001	78,882	10,118	21,118	52,081	10,118	422	1503	1087,18	3,302	332,280
														50,211	10,844			1107,75	3,556	311,516
1	75,67	6,952	6,5	1194	1207	615	582	2,031	2,181	12,227	80,463	7,318	18,547	62,554	7,317	572	2030	1515,22	4,064	372,485
2	76,83	6,952	6,5	1193	1208	608	600	1,988	2,181	11,967	78,787	8,246	21,213	56,412	8,247	530	1882	1373,86	3,810	360,593
														58,483	8,312			1444,54	3,937	366,914
1	76,72	7,527	7,0	1182	1206	610	586	2,000	2,178	12,863	78,827	8,210	21,173	61,224	8,211	468	1665	1215,45	4,318	281,485
2	75,72	7,527	7,0	1187	1200	618	582	2,038	2,178	13,218	80,384	8,307	18,616	67,388	6,388	538	1810	1422,95	3,937	361,430
														64,306	7,304			1318,20	4,181	314,770

- t = tebal benda uji
- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = berat kering/ sebelum direndam
- d = berat dalam keadaan SSD. (gr)
- e = berat didalam air (gr)
- f = Volume Gsi = d - e
- g = berat isi sampel = c/f
- h = B.J. maksimum (teoritis)

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

$$i = \frac{B.J. \text{ Aspal}}{(100 - b) g}$$

$$j = \frac{B.J. \text{ Agregat}}{(100 - j)}$$

$$k = (100 - i - j) \text{ jumlah kandungan rongga}$$

$$l = (100 - j) \text{ rongga terhadap agregat}$$

$$m = (100 \times \frac{l}{k}) \text{ rongga yang terisi aspal (VFA)}$$

$$n = 100 - 100 \times \frac{l}{k}$$

$$o = \text{pembacaan ariol}$$

$$p = o \times \text{kalibrasi proving ring}$$

$$q = p \times \text{koreksi tebal sampel (STABILITAS)}$$

$$r = \text{FLOW (kelelahan plastis)}$$

$$s = \text{GM} = q/r$$

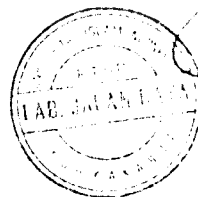
$$\text{suhu pematatan} : 140 \text{ C}$$

$$\text{suhu waterbath} : 60 \text{ C}$$

$$B.J. \text{ Aspal} : 1,08$$

$$B.J. \text{ Agregat} : 2,3596$$

Tanda tangan :



*Syamsudin*

PENELITIAN LABORATORIUM  
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG KERAMIK  
SEBAGAI F2 TERHADAP SPESIFIKASI BINA MARGA  
PADA CAMPURAN BETON ASPAL

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Contoh dari : PT. TRIKARSA NUSANTARA  
 Jenis contoh : Limbah Genteng Keramik F2 + Aspal AC 60-70.  
 Diperiksa : 12 Juli 1995  
 Tempat : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil  
 & Perencanaan - UII, Yogyakarta.

	Pembacaan suhu	Pembacaan waktu
PEMANASAN SAMPEL		
Mulai Pemanasan	28 °C	13.30
Selesai Pemanasan	138 °C	13.45
PEMERIKSAAN		
Mulai	28 °C	09.30
Selesai	27 °C	09.35

HASIL PENGAMATAN

Benda Uji	Persen luas permukaan yang terselimuti aspal
Genteng Kmk	96 %

Yogyakarta, Juli 1995

