

6. Segenap staf Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

7. Semua pihak yang telah memberi masukan dan saran dalam rangka penyelesaian Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini dirasakan masih banyak kekurangan karena terbatasnya kemampuan dan waktu yang dimiliki. Demi kesempurnaan dan kemajuan ilmu pengetahuan tentang manfaat limbah gergajian batu Andesit di lingkungan masyarakat luas diharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun.

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

Billahittaufiq walhidayah

Wassalamu`allaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Desember 2002

Penulis,

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1.	Grafik Stabilitas	51
Gambar 5.2.	Grafik <i>Flow</i>	54
Gambar 5.3.	Grafik VITM	56
Gambar 5.4.	Grafik VFWA	58
Gambar 5.2.	Grafik <i>Density</i>	59
Gambar 5.3.	Grafik Marshall Quotient.....	59

dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat.

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat : (Sukirman, 1992)

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

3.2 Pengujian *Marshall*

Pertama kali pengujian *Marshall* dilakukan oleh Bruce Marshall pada tahun 1933 dari Mississippi Highway Departement, lalu disempurnakan oleh Insinyur dari Waterway Experiment Stations (WES) pada tahun 1943. Pengujian *Marshall* menghasilkan parameter-parameter yang disebut *Marshall Properties* yang terdiri dari :

3. *Density*

Density atau kepadatan adalah suatu kepadatan campuran yang diukur tiap satuan volume. *Density* dipengaruhi beberapa faktor yaitu kadar dan kekentalan aspal. Semakin tinggi kadar aspal sampai nilai tertentu dapat meningkatkan nilai *density* untuk kemudian menurun. Pengaruh kekentalan aspal semakin cair aspal maka semakin tinggi nilai *density*-nya. Nilai *density* yang tinggi menunjukkan campuran yang kompak dan rongga yang ada sedikit.

4. *Void In The Mix* (VITM)

VITM adalah prosentase rongga udara yang ada terhadap volume padat suatu campuran. Nilai VITM akan berkurang seiring dengan timbulnya kadar aspal dalam campuran, karena rongga yang terjadi antar agregat akan terisi oleh aspal. Faktor yang mempengaruhi adalah suhu pemadatan, gradasi, energi pemadatan, dan kadar aspal

5. *Void Filled With Asphalt* (VFWA)

VFWA adalah prosentase rongga dalam agregat padat yang terisi oleh aspal. Nilai VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi, sedangkan VFWA yang terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.

3.3 Uji Perendaman Marshall (Immersion Test)

Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Prinsip dari pengujian ini adalah sama dengan uji *Marshall* hanya waktu perendaman dalam suhu yang konstan 60° C

selama 24 jam (1 hari). Indeks Tahanan Kerusakan (*Index Of Retained Strength*) akibat dari gangguan air dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam (S2) dan nilai stabilitas campuran biasa yang direndam selama 30 menit (S1). Uji rendaman ini mengacu pada *AASHTO T. 165-82* atau *ASTM. D. 1075-76*.

Hasil perhitungan indek tahanan campuran aspal adalah persentasi perbandingan nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas campuran yang direndam 30 menit (S1).

$$\text{Index Of Retained Strength} : \frac{S2}{S1} \times 100\%$$

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

3.4 Kadar Aspal Dalam Campuran

Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat, memberi ikatan yang kuat antar aspal dengan agregat dan sebagai bahan pengisi antar rongga pada butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Aspal peka terhadap temperatur, untuk kadar aspal yang sangat berlebihan pada suatu temperatur tinggi akan berakibat fungsi aspal dalam campuran berubah menjadi pelicin sehingga perlu diupayakan pemakaian aspal pada kadar aspal optimum. (*Silvia S., 1992*)

Setiap gradasi agregat yang diberikan mempunyai kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum tersebut akan menghasilkan campuran yang memuaskan.

3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang aman dan nyaman, dipengaruhi :

- a. Tahanan geser(*skid resistance*)
- b. Campuran yang memberi kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*)

Keserasian agregat yang digunakan dalam konstruksi aspal dibagi didasarkan atas syarat-syarat (*The Asphalt Institute, 1983*) sebagai berikut ini.

1. Ukuran dan gradasi

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Semua lapisan lentur membutuhkan agregat yang terdistribusi dari besar sampai kecil. Semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang digunakan semakin banyak variasi ukuran dari besar sampai kecil yang dibutuhkan. Batasan ukuran maksimum yang digunakan dibatasi oleh tebal lapisan yang diharapkan.

2. Kekuatan ketahanan

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanisme ataupun kimia. Agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan haruslah mempunyai daya tahan terhadap degradasi (pemecahan) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi beban lalu lintas dan disintegrasi (penghancuran) yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut. Ketahanan agregat terhadap degradasi diperiksa menggunakan

Tabel 4.3 Persyaratan Aspal AC 60-70

No	Pengujian	Syarat	Satuan
1	Penetrasi (25°C)	60-70	0.1 mm
2	Titik lembek	45-58	°C
3	Titik nyala	Min.200	°C
4	Kehilangan berat	Maks. 0,8	%berat
5	Kelarutan dalam CCL ₄	Min. 99	%berat
6	Daktilitas	Min. 100	Cm
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	Min. 54	%semula
8	Berat jenis	Min. 1	

Sumber SKBI-2.4.26.1987

Tabel 4.4. Gradasi spesifikasi saringan yang dipergunakan

No. Saringan	Prosentase Lolos Saringan (%)	
	Spesifikasi	Gradasi Ideal
3 / 4 " (19.1mm)	100	100
1 / 2" (12.7mm)	80-100	90
3 / 8" (9.022 mm)	70-90	80
no.4 (4.76mm)	50-70	60
no.8 (2.387mm)	35-50	42,5
no.30 (0.59mm)	18-29	23,5
no.50 (0.279mm)	13-23	18
no.100 (0.149mm)	8-16	12
no.200 (0.079mm)	4-10	7
pan		

Sumber SKBI-2.4.26.1987

4.2.2.2 Pemeriksaan Bahan

a. Pemeriksaan Agregat

Salah satu komponen utama dari lapis perkerasan jalan adalah agregat. Daya dukung, kualitas, dan keawetan suatu perkerasan jalan ditentukan juga oleh agregat. Untuk mengetahui kualitas dari agregat yang akan digunakan dilakukan serangkaian pemeriksaan sebagai berikut ini.

berkurang, dan dengan adanya lumpung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah.

5. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal

Pemeriksaan tersebut dilakukan untuk mengetahui kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap luas permukaan keseluruhan.

b. Pemeriksaan Aspal

Kualitas aspal yang digunakan harus sesuai dengan yang telah disyaratkan oleh Bina Marga 1987. Untuk mengetahui kualitas dari aspal yang akan digunakan maka dilakukan pemeriksaan-pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan penetrasi

Pemeriksaan ini mempunyai tujuan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek dengan menggunakan jarum yang dibebani dengan berat tertentu dalam waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76 dan besarnya angka penetrasi yang disyaratkan dalam spesifikasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60-70.

2. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan suhu pada saat terjadi nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Sedangkan pemeriksaan titik bakar untuk menentukan suhu pada saat aspal terlihat

tertentu. Prosedur yang diikuti adalah PA-0307-76. Berat jenis yang diisyaratkan minimal 0.

6. Pemeriksaan kelarutan dalam CCL₄

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan jumlah bitumen yang dapat larut dalam *carbon chlorid*. Nilai bitumen yang dapat larut diisyaratkan oleh prosedur PA-0305-76 adalah $\geq 99\%$.

4.3 Alat Yang Digunakan

Pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium jalan raya, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Tiga buah cetakan benda uji dengan diameter 10 cm (4 inch) dan tinggi 7,5 cm (3 inch) bersama plat atas dan leher sambung.
2. Ejektor yaitu alat yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
3. Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 pound), dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inch).
4. Landasan pemadat yang terdiri dari balok kayu (jati atau sejenisnya), berukuran kurang lebih (20 x 20 x 45) cm atau (8 x 8 x 18) inch yang dilapisi dengan plat baja dengan ukuran (30 x 30 x 2.5) cm atau (12 x 12 x 1) inch yang dikaitkan pada lantai beton dengan empat bagian siku.
5. Silinder cetakan benda uji.

Jumlah berat campuran untuk masing-masing benda uji seberat ± 1200 gram. Aspal yang digunakan penetrasi 60-70, gradasi spesifikasi saringan yang dipergunakan berdasarkan tabel II, No Campuran IV, SKBI-2.4.26.1987 terdapat pada Tabel 4.4.

Sebelum pembuatan campuran dilakukan beberapa persiapan sebagai berikut ini.

a. Persiapan benda uji

Agregat dikeringkan sampai beratnya tetap pada suhu $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Agregat dipisah-pisah dengan cara penyaringan kering kedalam fraksi-fraksi yang ditentukan perbandingannya.

b. Persiapan campuran

Untuk membuat satu benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji sekitar $6.25 \text{ cm} \pm 0.125 \text{ cm}$ ($2.5 \text{ inch} \pm 0.05$). Panci pencampur beserta agregat dipanaskan sekitar 28°C diatas suhu pencampur untuk aspal panas dan aduk sampai merata, untuk aspal dingin pemanasan sampai 14°C di atas suhu pencampuran.

Sementara itu aspal dipanaskan sampai suhu pencampuran. Aspal dituangkan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut. Kemudian diaduk dengan cepat pada suhu sesuai yang ditentukan sampai agregat terlapis merata.

c. Pemasakan benda uji

Perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dibersihkan dan kertas alas yang sudah digunting menurut ukuran cetakan diletakkan ke dalam dasar

pembebanan tercapai maksimum dan dicatat nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelahan.

4.4.2.2 Pengujian Rendaman *Marshall* (*Immersion Test*)

Uji yang dilakukan hampir sama dengan uji *Marshall*, yang membedakan hanya pada waktu perendaman yang lebih singkat yaitu 24 jam dengan suhu perendaman 60°C. Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut ini.

1. Membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel.
2. Pemberian kode pada masing-masing benda uji.
3. Pengukuran tinggi benda uji dengan ketelitian 0,01 mm.
4. Penimbangan berat benda uji untuk mengetahui berat kering.
5. Direndam dalam air selama 18 - 20 jam supaya benda uji menjadi jenuh air.
6. Ditimbang dalam air untuk mendapatkan isi.
7. Timbang benda uji dalam kondisi permukaan jenuh.
8. Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama 24 menit dengan suhu tetap (60 ± 1)°C. Batang penuntun (*guide rod*) dibersihkan dan permukaan dalam dari kepala penekan (*test head*) yang atas dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu antara (21-38)°C. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan diletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan. Segmen atas dipasang di atas benda uji dan diletakkan ke dalam mesin uji. Kemudian dipasang arloji kelelahan (*flow meter*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan diatur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara itu selubung tangkai arloji (*sleeve*) di pegang secara

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

Dihitung berat jenis maksimum teoritis :

$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{BJ \text{ aspal}}} \dots\dots\dots 5.9$$

$$k = (100 - i - j) \dots\dots\dots 5.10$$

$$n = 100 - (100 \times \frac{g}{h}) \dots\dots\dots 5.11$$

dengan :

k = jumlah kandungan rongga

n = rongga yang terisi campuran (VITM)

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 digunakan dengan bantuan tabel koreksi benda uji. Nilai stabilitas diperoleh dengan rumus :

$$\text{Nilai stabilitas} = q \times p \dots\dots\dots 5.12$$

dengan :

q = koreksi tinggi/tebal benda uji

p = nilai pembacaan arloji stabilitas

4. Nilai Kelelahan (*flow*)

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban batas).

Nilai ini langsung terbaca pada arloji *flow* pada saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan inch, maka harus dikonversi dalam milimeter.

5. Nilai *Marshall Quotient*

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

$$MQ = \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} \dots\dots\dots 5.13$$

6. Nilai Indeks Tahanan Kerusakan (*Index Of Retained Strength*)

Nilai ini untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

$$\text{Index Of Retained Strength} = \frac{S2}{S1} \times 100\% \dots\dots\dots 5.14$$

dengan :

S1 = stabilitas pada rendaman 30 menit

S2 = stabilitas pada rendaman 24 jam

4.6. Rencana Jadwal Penulisan Tugas Akhir

Penelitian akan dilaksanakan sesuai dengan jadwal penulisan tugas akhir sebagai berikut:

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian di laboratorium diperoleh hasil pemeriksaan terhadap agregat dan aspal sebagai berikut ini.

Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	15.16	Maks. 40	Memenuhi
2.	Kelekatan terhadap aspal (%)	99	Min. 95	Memenuhi
3.	Penyerapan air (%)	1.62	Maks. 3	Memenuhi
4.	Berat jenis semu	2.688	Min 2.5	Memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya Uli

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	<i>Sand equivalent</i> (%)	80.4	Min.50	Memenuhi
2.	Penyerapan air (%)	2.67	< 3	Memenuhi
3.	Berat jenis semu	2.74	> 2.5	Memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya Uli

Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60/70

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik) (0.1 mm)	61.5	60-70	Memenuhi
2.	Titik lembek (<i>Ring and Ball</i>) (°C)	50	48-58	Memenuhi
3.	Titik nyala (<i>Cleve Open Cup</i>) (°C)	334	≥ 200	Memenuhi
4.	Daktalitas (25° C, 5 cm) (cm)	350	≥ 100	Memenuhi
5.	Berat Jenis	1.034	≥ 1.03	Memenuhi
6.	Kelarutan dalam larutan CCL ₄ (%)	99.107	≥ 99.00	Memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya Uli



$$\begin{aligned}
 h = \text{berat jenis maksimum (teoritis)} &= \frac{100}{\frac{\%agregat}{B_{jagregat}} + \frac{\%aspal}{B_{jaspal}}} \\
 &= \frac{100}{\frac{(100 - 4.5)}{2.688} + \frac{4.5}{1.034}} \\
 &= 2.508
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{bxg}{B_{jaspal}} = \frac{4.5 \times 2.245}{1.034} \\
 &= 9.771
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 j &= \frac{(100 - b) \times g}{B_{jagregat}} = \frac{(100 - 4.5) \times 2.245}{1.034} \\
 &= 79.768
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k = \text{jumlah kandungan rongga (\%)} &= (100 - i - j) \\
 &= (100 - 9.771 - 79.768) \\
 &= 10.460
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l = \% \text{ rongga terhadap agregat} &= (100 - j) \\
 &= (100 - 79.768) \\
 &= 20.232
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m = \% \text{ rongga yang terisi aspal (VFWA)} &= \left(100 \times \frac{i}{l}\right) \\
 &= \left(100 \times \frac{9.771}{20.232}\right) \\
 &= 48.297
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n = \% \text{ rongga dalam campuran (VITM)} &= 100 - \left(100 \times \frac{g}{h}\right) \\
 &= 100 - \left(100 \times \frac{2.245}{2.508}\right) \\
 &= 10.460 \\
 o = \text{pembacaan arloji stabilitas} &= 520 \text{ kg} \\
 p = o \times \text{kalibrasi } \textit{proving ring} &= 520 \times 3.425 \\
 &= 1781.00 \text{ kg} \\
 q = \text{stabilitas} = p \times \text{koreksi tebal benda uji} &= 1781.00 \times 0.952 \\
 &= 1695.512 \text{ kg} \\
 r = \text{kelelahan plastis (Flow)} &= 3.30 \text{ mm} \\
 s = \textit{Marshall Quotien} &= \frac{q}{r} \\
 &= \frac{1803.26}{3.30} \\
 &= 546.443 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

Dari grafik pengujian *Marshall* (lampiran 19) diperoleh kadar aspal campuran sebesar 6.125%, yang selanjutnya digunakan pada campuran beton aspal yang menggunakan *filler* abu batu dan limbah gergajian batu *Andesit*.

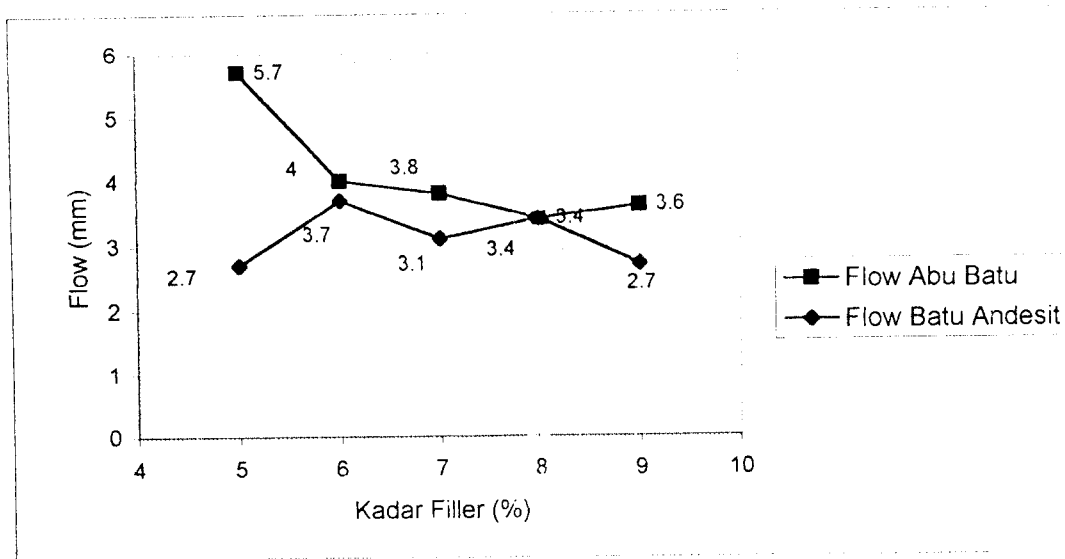
Hasil pengujian *Marshall* pada campuran yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* dengan kadar aspal optimum (6.125%) dan variasi kadar *filler* 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9 % adalah seperti yang terdapat pada Tabel 5.5 berikut.

menyebabkan rongga akibat terdesaknya butiran-butiran agregat oleh tambahan *filler* tersebut.

Volume yang terbentuk tersebut diperkirakan kepadatannya kurang karena banyaknya rongga yang terjadi, hal tersebut menyebabkan nilai stabilitas turun sampai pada penambahan kadar *filler* 6% dan 7%, kemudian naik pada penambahan kadar *filler* 8%, dan 9%. Hal tersebut dapat terjadi karena rongga yang terjadi pada volume yang baru terbentuk tersebut terisi oleh penambahan *filler* dan pemadatan yang cukup.

Dari grafik tersebut juga terlihat bahwa nilai stabilitas campuran yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* naik pada penambahan kadar *filler* 6%, hal tersebut dikarenakan penambahan *filler* mengakibatkan campuran semakin rapat dan sifat saling mengunci bertambah, selain itu hal tersebut juga disebabkan karena penggunaan kadar aspal yang tetap (optimum sebesar 6.125%) aspal masih mampu mengikat batuan. Sedangkan pada penambahan kadar *filler* 7% nilai stabilitas campuran yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* turun, hal tersebut dikarenakan campuran yang telah padat rongga-rongganya oleh *filler* mendapatkan penambahan *filler* lagi, yang kemudian kelebihan *filler* tersebut mengakibatkan volumenya mengembang dan menjadi kurang padat karena terbentuk rongga-rongga baru.

Pada penambahan kadar *filler* 8% dan 9% nilai stabilitas kembali naik, hal tersebut dikarenakan volume yang baru terbentuk tadi mendapatkan tambahan *filler*, dan pemadatan yang cukup. Hal tersebut mengakibatkan campuran menjadi semakin rapat sehingga nilai stabilitasnya meningkat.



Grafik 5.2 Flow

Pada Grafik 5.2 tersebut terlihat pada campuran yang menggunakan *filler* abu batu nilai *flow*nya turun sampai pada penggunaan kadar *filler* 8%. Hal tersebut disebabkan campuran semakin padat karena rongga yang terjadi terisi oleh *filler*. Sedangkan pada kadar *filler* 9% nilai *flow* meningkat hal tersebut diakibatkan karena terjadi kelebihan *filler* pada campuran yang rongganya telah terisi semua oleh *filler*. Kemudian kelebihan *filler* tersebut mengakibatkan volume campuran mengembang dengan kepadatan yang kurang.

Sedangkan pada campuran yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* nilai *flow* mengalami peningkatan sampai pada kadar *filler* 6% hal tersebut terjadi karena pada penggunaan kadar *filler* 5% rongga yang terdapat dalam campuran telah terisi keseluruhan oleh *filler* sehingga ketika ditambah lagi jumlah *filler* (penggunaan kadar *filler* 6%) maka campuran yang telah padat tersebut volumenya mengembang dengan kepadatan yang kurang karena banyaknya rongga

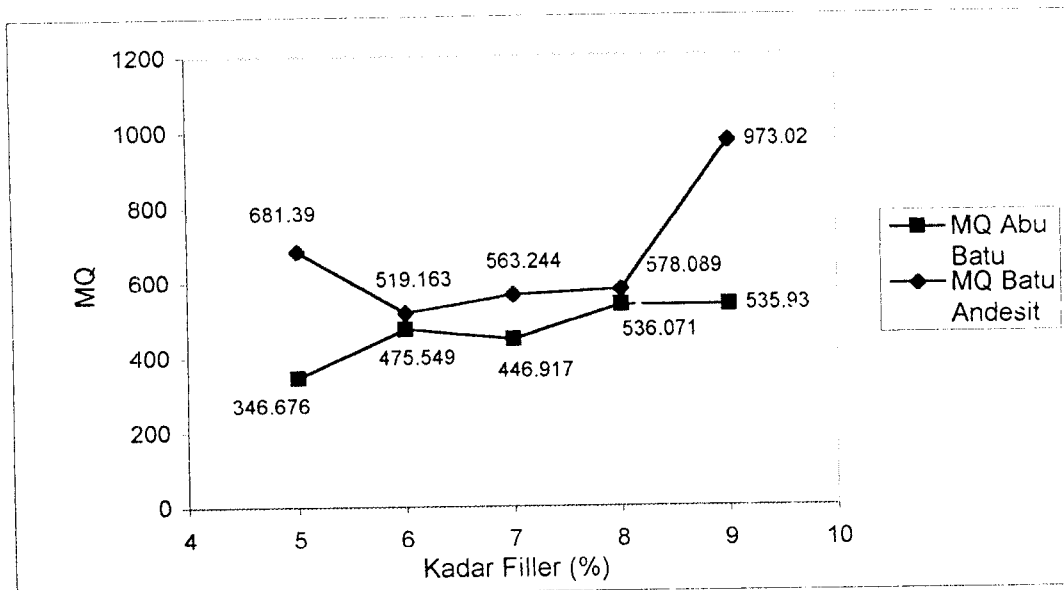
yang terjadi pada volume yang baru terbentuk akibat kelebihan jumlah *filler* tersebut. Kemudian nilai *flow* kembali turun pada penggunaan kadar *filler* 7%, hal tersebut dikarenakan dengan adanya penambahan jumlah *filler* maka rongga yang terjadi akan terisi sehingga campuran akan menjadi semakin padat. Akan tetapi apabila penambahan terus dilakukan maka akan terjadi lagi kelebihan *filler* yang menyebabkan nilai *flow* meningkat sampai batas penggunaan kadar *filler* 8% kemudian nilai *flow*nya turun kembali pada penggunaan kadar *filler* 9%.

Secara keseluruhan nilai *flow* hasil penelitian ini masih memenuhi persyaratan petunjuk pelaksanaan lapis beton aspal dari Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga 1987 (SKBI-2.4.26.1987), yang menyatakan bahwa nilai *flow* pada beton aspal untuk lalu-lintas sedang adalah 2 - 4.5 mm.

5.2.3 VITM (*Void In The Mix*)

Definisi VITM adalah perbandingan volume persen rongga terhadap total campuran padat, dinyatakan dalam persen (%), sedangkan persen yang disyaratkan untuk beton aspal lalu-lintas sedang adalah 3% - 5%. Lapis keras yang mempunyai VITM yang kurang dari 3% besar kemungkinannya akan terjadi *bleeding*. *Bleeding* terjadi karena tingginya temperatur yang mengakibatkan aspal dalam campuran mencair sehingga ketika perkerasan menerima beban aspal tersebut akan mengalir ke luar melewati rongga antar agregat. Apabila VITM terlalu tinggi atau lebih besar dari 5% menunjukkan rongga yang terjadi pada campuran terlalu banyak yang menyebabkan campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, hal tersebut mengakibatkan aspal mudah teroksidasi yang menyebabkan berkurangnya daya ikat aspal terhadap agregat.

apabila menerima beban lalu-lintas. Nilai *Marshall Quotient* dari penelitian ini dapat dilihat pada grafik 5.6 sebagai berikut ini.



Grafik 5.6 Marshall Quotient

Dari grafik 5.6 diatas dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* untuk campuran dengan *filler* abu batu mengalami kecenderungan naik kecuali pada kadar *filler* 7%. Hal tersebut dikarenakan nilai stabilitas dan nilai *flow* campuran yang menggunakan *filler* abu batu pada kadar *filler* 7% mengalami penurunan.

Sedangkan pada campuran yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* hasilnya sama dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu hanya saja penurunannya terjadi pada pada kadar *filler* 6%

Nilai *Marshall Quotient* paling tinggi menunjukkan stabilitas yang tinggi dan fleksibilitasnya rendah, sedangkan nilai *Marshall Quotient* paling rendah menunjukkan campuran ini mempunyai stabilitas yang rendah dengan *flow* yang tinggi, campuran ini mempunyai sifat terlalu plastis dan mudah mengalami

deformasi. Jika dibandingkan secara keseluruhan maka *Marshall Quotient* campuran yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* lebih tinggi dari campuran yang menggunakan *filler* abu batu. Kedua campuran yang menggunakan kedua jenis *filler* tersebut memenuhi persyaratan *MQ* untuk beton aspal menurut Bina Marga 1987 sebesar 200-350 Kg/mm dan Bina Marga 1983 tidak ada batasannya.

5.2.7 Pengujian Rendaman atau Immersion Test

Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Prinsip dari pengujian ini adalah sama dengan uji *Marshall* hanya waktu perendaman dalam suhu yang konstan 60° C selama 24 jam (1 hari). Indeks Tahanan Kerusakan (*Index Of Retained Strength*) akibat dari gangguan air dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam (S2) dan nilai stabilitas campuran biasa yang direndam selama 30 menit (S1).

Dari penelitian ini, hasil uji *Marshall* campuran yang menggunakan kadar *filler* abu batu optimum (7%) pada perendaman 30 menit (S1) adalah 1680.58 Kg, dan hasil uji *Immersion* (S2) adalah 1473.09 Kg. Sedangkan hasil perhitungan indeks tahanan campuran beton aspal atau *Index of Retained Strength*nya adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Index of Retained Strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% = \frac{1473.09}{1680.58} \times 100\% \\ &= 87.653\% > 75\% \end{aligned}$$

Sedangkan pada pengujian *Marshall* untuk campuran beton aspal yang menggunakan kadar *filler* limbah gergajian batu *Andesit* optimum (7.75 %) dengan perendaman 30 menit (S1) menghasilkan nilai sebesar 1737.76 Kg, dan hasil uji

Sedangkan pada kadar *filler* 8%, dan 9% nilai *density* campuran yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* lebih besar dari campuran yang menggunakan *filler* abu batu.

- f. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* campuran beton aspal yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* secara keseluruhan lebih besar dari campuran beton aspal yang menggunakan *filler* abu batu. Kedua macam campuran beton aspal tersebut secara keseluruhan juga memenuhi persyaratan *Marshall Quotient* untuk beton aspal menurut Bina Marga 1987 ialah antara 200-350 Kg/mm, dan bina Marga 1983 yang tidak ada batasannya.
- g. Berdasarkan hasil uji perendaman (*Immersion Test*), campuran beton aspal yang menggunakan *filler* limbah gergajian batu *Andesit* memiliki ketahanan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air, suhu, dan udara sedikit lebih baik dibanding dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu. Karena kedua campuran tersebut memiliki indeks tahanan kekuatan yang lebih besar dari 75% maka dapat dikatakan bahwa kedua campuran tersebut memiliki tahanan kekuatan yang memenuhi syarat.

6.2 Saran

- a. diperlukan penelitian lebih lanjut dengan sampel benda uji yang lebih banyak dan lebih teliti dalam pelaksanaan pembuatannya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik untuk mengetahui pengaruh penggunaan *filler* limbah gergajian batu *andesit*.