

TUGAS AKHIR

**KAJIAN PERBANDINGAN KARAKTERISTIK
CAMPURAN AC-BC ANTARA YANG
MENGUNAKAN AGREGAT BATU PECAH
SUKADANA, LAMPUNG DAN CLERENG, DIY**

***(COMPARISON STUDY OF AC-BC MIXTURE
CHARACTERISTIC BY USING CRUSHED STONE OF
SUKADANA AND CLERENG)***

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



NORA ANGGRAINI

12511336

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2017

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etikapenulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan tugas akhir ini bukan hasil karya sayasendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 6 Desember 2016

Yang membuat pernyataan,



(12511336)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamiin, Puji syukur panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya demi usaha yang selama ini dilakukan sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul *Kajian Perbandingan Karakteristik Campuran AC BC yang Menggunakan Agregat Batu Pecah Sukadana dan Clereng*.

Berdasarkan kurikulum Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, setiap mahasiswa diwajibkan menyusun laporan tugas akhir. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai syarat memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil. Atas bantuan dan penjelasan serta petunjuk-petunjuk yang sangat bermanfaat dari berbagai pihak, karena itu dalam kesempatan yang baik ini penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing dan selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Corry Ya'cub, MT selaku Dosen Penguji
3. Ibu Prima Juanita Romadhona, ST., M.Sc selaku Dosen Penguji
4. Bapak Ir. Subarkah, MT., selaku Kepala Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sukanto HM dan Bapak Pranoto, selaku karyawan Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 24 Januari 2017

Nora Anggraini



TUGAS AKHIR

KAJIAN PERBANDINGAN KARAKTERISTIK CAMPURAN AC-BC ANTARA YANG MENGGUNAKAN AGREGAT BATU PECAH SUKADANA, LAMPUNG DAN CLERENG, DIY (COMPARISON STUDY OF AC-BC MIXTURE CHARACTERISTIC BY USING CRUSHED STONE OF SUKADANA AND CLERENG)

disusun oleh

Nora Anggraini



Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

diuji pada tanggal 24 Januari 2016

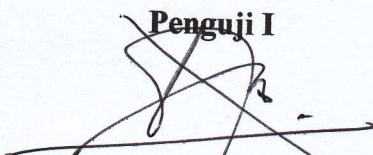
oleh Dewan Penguji:

Pembimbing



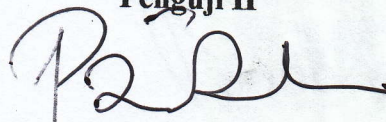
(Miftahul Fauziah, Ph.D.)

Penguji I



(Corry Yacub, M.T.)

Penguji II



(Prima Juanita Romadhona, M.Sc.)

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN PENELITIAN	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 BATU PECAH	5
2.2 PENELITIAN TENTANG PENGGUNAAN BATU ALAM	5
2.3 PERBANDINGAN PENELITIAN LAIN DAN PENELITIAN INI	8
2.4 PERSAMAAN DAN PERBEDAAN PENELITIAN LAIN DAN PENELITIAN INI	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 UMUM	12
3.2 LAPISAN ASPAL BETON	13

3.3 BAHAN PENYUSUN PERKERASAN	15
3.3.1 Agregat	16
3.3.2 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	19
3.3.3 Aspal	20
3.4 PARAMETER <i>MARSHALL TEST</i>	21
3.4.1 Stabilitas (<i>Stability</i>)	21
3.4.2 Kelelehan (<i>Flow</i>)	22
3.4.3 <i>Marshall Quotient</i>	23
3.4.4 <i>VITM (Void in the Total Mix)</i>	24
3.4.5 <i>VFWA (Void Filled With Asphalt)</i>	25
3.4.6 <i>VMA (Void in Mineral Agregate)</i>	27
3.4.7 Kepadatan (<i>Density</i>)	28
3.5 <i>IMMERSION TEST</i>	29
3.6 <i>INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST</i>	30
3.7 <i>CANTABRO TEST</i>	31
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	33
4.1 UMUM	33
4.2 BAHAN YANG DIGUNAKAN	34
4.3 ALAT YANG DIGUNAKAN	34
4.4 METODE PENGAMBILAN DATA	36
4.5 LANGKAH LANGKAH PENELITIAN	37
4.6 JUMLAH BENDA UJI	40
4.7 PERENCANAAN CAMPURAN	41
4.7.1 Pengujian <i>Marshall Standar</i>	45
4.7.2 Pengujian <i>Marshall Immersion</i>	46
4.7.3 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	47
4.7.4 Pengujian <i>Cantabro</i>	48
4.8 BAGAN ALIR PROSES PENELITIAN	48
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	50

5.1 UMUM	50
5.2 HASIL PENGUJIAN	50
5.2.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	50
5.2.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	51
5.2.3 Gradasi Agregat untuk Campuran	52
5.2.4 Hasil Pengujian Campuran <i>AC BC</i> untuk Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum	52
5.2.5 Hasil Pengujian Karakteristik Campuran <i>AC BC</i> pada Kadar Aspal Optimum	53
5.3 PEMBAHASAN	54
5.3.1 Pembahasan Karakteristik Aspal	54
5.3.2 Pembahasan Karakteristik Agregat Kasar asal Clereng dan Sukadana	56
5.3.3 Pembahasan Karakteristik Agregat Halus asal Clereng dan Sukadana	57
5.3.4 Pembahasan Karakteristik <i>Marshall Standard</i> untuk Mencari KAO Pada Campuran Agregat Clereng dan Sukadana	58
5.3.5 Pembahasan Perbandingan Karakteristik <i>Marshall Standard</i> pada KAO antara Agregat asal Clereng dengan Sukadana	72
5.3.6 Pembahasan Perbandingan Karakteristik <i>Marshall Immersion</i> pada KAO antara Agregat asal Clereng dengan Sukadana	82
5.3.7 Pembahasan Perbandingan Karakteristik <i>Cantabro</i> pada KAO antara Agregat asal Clereng dengan Sukadana	90
5.3.8 Pembahasan Perbandingan Karakteristik <i>Indirect Tensile Strength</i> pada KAO antara Agregat asal Clereng dengan Sukadana	91
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	93
6.4 SIMPULAN	93
6.2 SARAN	94
DAFTAR PUSTAKA	95

ABSTRAK

Campuran aspal beton adalah hal utama dalam pembuatan jalan raya di Indonesia. Pembangunan jalan sangat tidak lepas dari kebutuhan aspal beton. Aspal beton sendiri dalam penggunaannya sangat membutuhkan agregat. Agregat mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda beda sesuai dengan asal dan kondisi lingkungan agregat itu berasal. Sudah banyak penelitian yang dilakukan dengan menggunakan agregat yang berasal dari berbagai daerah berbeda beda. Dalam hal ini, penulis mencoba untuk melakukan penilitan mengenai anilisis karakteristik perbandingan campuran aspal beton menggunakan agregat dari Kabupaten Sukadana,Lampung Timur dengan agregat asal Clereng, Kulon Progo. Pemilihan daerah tersebut adalah karena material penyusun beton aspal seperti batu pecah mudah dijumpai di Kabupaten Sukadana, Lampung Timur dan belum pernah dilakukan penelitian untuk penggunaan aspal beton. Lapisan *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan aus (*Wearing Course*) dan lapisan pondasi (*Base Course*) sehingga harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan atau regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade* (Tanah Dasar). Oleh karena itu untuk mendapatkan mutu aspal beton yang sesuai untuk lapisan *AC - BC* dilakukan perbandingan penelitian antara agregat batu pecah asal Sukadana,Lampung Timur dengan batu pecah asal Clereng, Kulon Progo.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium Jalan Raya FTSP UII. Benda uji dalam penelitian ini adalah menggunakan agregat asal Sukadana,Lampung dan Clereng,Yogyakarta sebagai perbandingan karakteristik agregat dengan mutu yang lebih baik. Penelitian yang dilakukan adalah pengujian sifat fisik material yang terdiri dari pengujian aspal, agregat halus, dan agregat kasar. Kemudian menentukan kadar aspal optimum yang akan digunakan. Lalu melakukan uji *Marshall Standard*, *Marshall Immersion*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro*. Setelah itu melakuakn anallisis,pembahasan dan kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Hasil penelitian menunjukkan karakteristik campuran *AC BC* dengan menggunakan agregat asal Clereng dan Sukadana disimpulkan bahwa campuran mengalami perbedaan dan perubahan karakteristik. Agregat batu pecah Clereng dan Sukadana memenuhi persyaratan yang ditentukan sehingga dapat digunakan sebagai agregat kasar dan agregat halus sebagai campuran *AC BC*. . Nilai campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan agregat Clereng terdapat pada parameter *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VMA*, sedangkan nilai *VFWA* campuran Clereng lebih besar dibandingkan campuran Sukadana. Kemampuan menahan gaya tarik (*Indirect Tensile Strength*) campuran *AC BC* menggunakan agregat batu pecah Sukadana lebih besar dibandingkan menggunakan agregat batu pecah asal Clereng. Nilai *Cantabro* campuran agregat Clereng lebih besar dibandingkan agregat Sukadana.

Kata kunci : Agregat Clereng, Agregat Sukadana, *Marshall Standard*, *Marshall Immersion*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Campuran aspal beton adalah hal utama dalam pembuatan jalan raya di Indonesia. Pembangunan jalan sangat tidak lepas dari kebutuhan aspal beton. Menurut Bina Marga (2007), Aspal beton merupakan campuran yang homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi atau *filler*) dan aspal sebagai bahan pengikat yang mempunyai gradasi tertentu, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menerima beban lalu lintas yang tinggi.

Aspal beton sendiri dalam penggunaannya sangat membutuhkan agregat. Agregat mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda beda sesuai dengan asal dan kondisi lingkungan agregat itu berasal. Sudah banyak penelitian yang dilakukan dengan menggunakan agregat yang berasal dari berbagai daerah berbeda beda. Dalam hal ini, penulis mencoba untuk melakukan penilitan mengenai analisis karakteristik perbandingan campuran aspal beton menggunakan agregat dari Kabupaten Sukadana, Lampung Timur dengan agregat asal Clereng, Kulon Progo. Pemilihan daerah tersebut adalah kerana material penyusun beton aspal seperti batu pecah mudah dijumpai di Kabupaten Sukadana, Lampung Timur dan belum pernah dilakukan penelitian untuk penggunaan aspal beton. Untuk mendapatkan aspal beton yang berkualitas batu pecah perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat-sifat fisik serta sifat beton aspal yang dihasilkan yang meliputi stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, termoplastis, adhesi dan kohesi.

Aspal beton (Laston) sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya pun di Indonesia dari tahun ke tahun makin meningkat. Laston (*Asphalt Concrete, AC*) yang dibuat sebagai campuran panas (*Hot Mix*) merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dan konstruksi

perkerasan yang paling umum digunakan. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu.

Lapisan *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan aus (*Wearing Course*) dan lapisan pondasi (*Base Course*) sehingga harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan atau regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade* (Tanah Dasar). Oleh karena itu untuk mendapatkan mutu aspal beton yang sesuai untuk lapisan *AC - BC* dilakukan perbandingan penelitian antara agregat batu pecah asal Sukadana, Lampung Timur dengan batu pecah asal Clereng, Kulon Progo.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah disampaikan di awal, maka dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut ini.

1. Bagaimanakah tingkat kelayakan batuan pada quarry Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta untuk digunakan sebagai agregat dan *filler* pada campuran *AC-BC*?
2. Bagaimana perbandingan karakteristik *Marshall* campuran *AC-BC* yang menggunakan batu pecah asal Kabupaten Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta ?
3. Bagaimana perbandingan kuat tarik campuran *AC-BC* batu pecah asal Kabupaten Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta ?
4. Bagaimana perbandingan ketahanan abrasi (*Immersion Test*) campuran *AC-BC* batu pecah asal Kabupaten Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk sebagai berikut ini.

1. Mengetahui tingkat kelayakan batuan pada quarry Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta untuk digunakan sebagai agregat dan *filler* pada campuran *AC-BC*.
2. Mengetahui perbandingan karakteristik *Marshall* campuran *AC-BC* batu pecah asal Kabupaten Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta.
3. Mengetahuui perbandingan kuat tarik campuran *AC-BC* batu pecah asal Kabupaten Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta.
4. Mengetahui perbandingan ketahanan abrasi (*Cantabro Test*) campuran *AC-BC* pada batu pecah asal Kabupaten Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta.

1.4 BATASAN PENELITIAN

Penelitian ini akan diberi batasan-batasan masalah agar penelitian yang akan dilakukan lebih terarah dan tidak meluas. Batasan-batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Jenis perkerasan yang dipakai adalah perkerasan aspal beton.
2. Material yang digunakan sebagai agregat dan *filler* berasal dari Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta.
3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian campuran aspal *AC-BC*.
4. Jenis aspal yang digunakan adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70
5. Variasi kadar aspal yang dipakai adalah 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% dari berat campuran.
6. Analisis karakteristik campuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah hasil dari pengujian yang dilakukan di laboratorium dan dibahas sesuai teori serta dibandingkan dengan spesifikasi.
7. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Universitas Islam Indonesia.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Mengetahui perbandingan spesifikasi pada agregat batu pecah asal Sukadana, Lampung Timur dan Clereng, Kulon Progo dengan melakukan pengujian dan perbandingan karakteristik *Marshall*, durabilitas, kuat tarik, ketahanan abrasi dan uji *Cantabro*, sehingga mendapatkan hasil agregat yang memiliki mutu beton aspal yang lebih baik sesuai dengan ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan atau regangan akibat beban lalu lintas sehingga mendapatkan mutu beton aspal yang sesuai untuk lapisan laston AC-BC.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 BATU PECAH

Batu pecah atau sering disebut juga batu split adalah salah satu jenis batu material bangunan yang diperoleh dari alam dengan cara membelah atau memecah batu yang berukuran besar menjadi ukuran kecil-kecil. Secara umum fungsi batu pecah adalah sebagai bahan campuran untuk pembuatan aspal. Selaian batu split, bahan pembuatan beton aspal adalah aspal. Proses pembuatan beton aspal ini adalah dengan mencampur agregat kasar, agregat halus dan aspal. Setelah tercampur maka adonan ini dicetak sesuai dengan peruntukannya. Namun setelah melihat jenis ukuran batu split, ternyata fungsinya tidak hanya sebagai bahan campuran aspal beton saja tetapi juga berfungsi untuk beton cor dan keperluan yang lain.

2.2 PENELITIAN TENTANG PENGGUNAAN BATU ALAM

Untuk memperoleh gambaran penelitian tentang batu pecah, penelitian yang berkaitan dengan batu pecah dapat digunakan sebagai keterangan awal dalam penelitian ini. Adapun penelitian tersebut sebagai berikut ini.

1. Kajian Laboratorium Penggunaan Batu Tangkiling Dan Pasir Sungai Kahayan (Kalimantan Tengah) Sebagai Bahan Alternatif Campuran Beton Aspal (*AC-Wearing Course*)

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji dari tiga variasi gradasi agregat untuk campuran beton aspal yang dilaksanakan dalam dua tahap. Pada tahap pertama, masing-masing variasi dibuat 3 benda uji dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%, dilakukan pengujian dengan metode *Marshall* untuk mendapatkan kadar aspal optimum. Tahap berikutnya dibuat masing-masing 3 benda uji pada kondisi kadar aspal optimum untuk gradasi variasi I, II dan III, kemudian di uji *Marshall* untuk mengetahui tingkat stabilitas

dan durabilitas dari campuran tersebut setelah dilakukan perendaman standar (0,5 jam), perendaman 24 jam, perendaman 48 jam pada suhu 600C. Selanjutnya dilakukan uji *Cantabro* serta pengujian *refusal density*, yaitu dengan melakukan pemadatan 2x400 terhadap benda uji untuk mengetahui *VITM* sisa dari campuran tersebut.

Hasil penelitian tahap pertama diperoleh kadar aspal optimum untuk variasi I sebesar 5,9%, variasi II sebesar 5,8%, dan variasi III sebesar 5,6% terhadap total campuran. Pada kadar aspal optimum untuk masing-masing variasi gradasi diperoleh nilai stabilitas untuk perendaman standar adalah 956,4 kg, 779,4 kg dan 1019,8 kg; nilai flow sebesar 3,3 mm, 3,2 mm, dan 3,0 mm; nilai *VMA* sebesar 15,6%, 16,1%, dan 15,4 ; nilai *VITM* sebesar 3,8%, 4,8% dan 4,5%; nilai *VFWA* sebesar 75,6 kg, 71,0 kg, dan 70,8 kg. Pada perendaman 24 jam untuk masing-masing variasi diperoleh nilai stabilitas sebesar 857,1 kg, 702,3 kg, dan 898,8 kg; nilai flow sebesar 3,6%, 3,5% dan 3,5%; nilai *MQ* sebesar 238,3 kg/mm, 200,7 kg/mm dan 259,4 kg/mm. Indek perendaman masing-masing variasi diperoleh sebesar 89,6%, 90,1%, dan 88,2%. Selanjutnya dari hasil uji *Cantabro* setelah 300 putaran diperoleh nilai kehilangan berat masing-masing variasi sebesar 4,05%, 4,42%, dan 3,14%. Hasil uji *refusal density* diperoleh nilai *VITM* untuk masing-masing variasi sebesar 2,1%, 1,4%, dan 3,0%. Secara keseluruhan bahwa penggunaan batu Tangkiling dan pasir sungai Kahayan sebagai bahan campuran beton aspal adalah dapat memenuhi spesifikasi Departemen Kimpraswil (2000), untuk melayani beban lalu lintas sedang (>0,5 juta ESA dan < 1 juta ESA) terutama untuk gradasi variasi III (Damek, 2004).

2. Kajian Penggunaan Batu Granit (Kabupaten Tanjung Balai Karimun) dan Pasir Sungai Injap (Kabupaten Bengkalis) sebagai Bahan Alternatif Campuran Beton Aspal (*AC-Wearing Course*)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dan menguji kelayakan bahan agregat dari batu granit Kabupaten Tanjung Balai Karimun dan pasir

Sungai Injap Kecamatan Rupa Kabupaten Bengkalis untuk digunakan pada jenis campuran beton aspal (*AC-Wearing Course*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat campuran beton aspal lapis permukaan (*AC-Wearing Course*) dengan menggunakan pasir sungai yang berasal dari Kabupaten Bengkalis dan batu granit yang berasal dari Kabupaten Tanjung Balai Karimun memenuhi persyaratan untuk digunakan. Agregat kasar dengan nilai abrasi 33,2% dapat memenuhi ketentuan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2007 yaitu nilai abrasi maksimum sebesar 40%. Begitu juga untuk agregat halus pasir Sungai Injap, dengan nilai penyerapan air sebesar 0.603 telah memenuhi persyaratan dari nilai maksimum sebesar 3.0 yang ditetapkan. Pengujian *Marshall* dengan perendaman standar (0.5 jam), 24 jam, dan 48 jam pada suhu 60 °C dengan nilai KAO 5.725 juga menunjukkan hasil sesuai dengan persyaratan spesifikasi teknis Departemen Pekerjaan Umum tahun 2007. Secara keseluruhan, hasil studi ini menunjukkan bahwa material yang berasal dari Kabupaten Bengkalis dan Kabupaten Tanjung Balai Karimun dapat dijadikan sebagai rujukan atau alternatif bahan untuk campuran beton aspal (*AC-WC*) (Saputra, 2011).

3. Kajian dan perancangan laboratorium penggunaan agregat alam (Relatif bulat) dalam campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* (Studi kasus agregat alam asal Akah, Klungkung, Bali)

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan agregat alam (relatif bulat) sebagai bahan susun alternatif dalam campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Marshall*. Benda uji dibuat dengan memvariasikan prosentase agregat kasar pada campuran *HRS-WC*, yaitu 50,0% , 39,0% dan 28,0% dengan kadar aspal 7,0%, 7,5%, 8,0%, 8,5% dan 9,0% untuk menentukan kadar aspal optimum sementara, selanjutnya dilakukan uji *refusal density* untuk menetapkan kadar aspal optimum. Pada kadar aspal optimum, dilakukan uji perendaman untuk mendapatkan nilai Indeks Perendaman dan uji *Cantabro* untuk mendapatkan tingkat keausan atau kehilangan berat benda uji selama mendapat gaya impact.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi prosentase agregat kasar pada campuran *HRS-WC* dengan menggunakan agregat alam (relatif bulat) mempengaruhi kadar aspal optimumnya. Campuran *HRS-WC* dengan prosentase agregat kasar 50,0%, 39,0% dan 28,0% diperoleh kadar aspal optimum berturut-turut 8,0%, 8,3% dan 8,6%. Indeks Perendaman (IP) benda uji dengan prosentase agregat kasar 50,0%, 39,0% dan 28,0% diperoleh nilai IPnya berturut-turut sebesar 92,5%, 93,2% dan 94,1%. Pada pengujian *Cantabro* pada 300 putaran, nilai keausan atau kehilangan berat benda uji dengan prosentase agregat kasar 50,0%, 39,0% dan 28,0% berturut-turut sebesar 1,9%, 1,8% dan 2,1%. Nilai stabilitas setelah *Cantabro test* untuk benda uji dengan prosentase agregat kasar 50,0%, 39,0% dan 28,0% berturut-turut adalah sebesar 47,9%, 48,4% dan 53,0% (Ardika, 2005).

2.3 PERBANDINGAN PENELITIAN LAIN DAN PENELITIAN INI

Perbandingan penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan batu pecah dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Variabel Penelitian	Peneliti		
	Durma (2008)	Damek (2004)	Saputra (2011)
Judul	Pemanfaatan Pasir Sungai dan Batu Pecah Asal Sukadana, Kabupaten Lampung Timur Sebagai Bahan untuk Pembuatan Beton Normal	Kajian Laboratorium Penggunaan Batu Tangkiling Dan Pasir Sungai Kahayan (Kalimantan Tengah) Sebagai Bahan Alternatif Campuran Beton Aspal (<i>AC-Wearing Course</i>)	Kajian Penggunaan Batu Granit (Kabupaten Tanjung Karang) dan Pasir Sungai Injap (Kabupaten Bengkalis) sebagai Bahan Alternatif Campuran Beton Aspal (<i>AC-Wearing Course</i>)
KAO (%)	-	Variasi I 5,9% Variasi II 5,8% Variasi III 5,6%	5,725%
Asal Agregat	Sukadana, Kabupaten Lampung Timur	Kalimantan Tengah	Kabupaten Tanjung Karang Karimun

Sumber : Durma (2008), Damek (2004), Saputra 2011, Ardika (2005).

Tabel 2. 1 Lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu

Variabel Penelitian	Peneliti		
	Durma (2008)	Damek (2004)	Saputra (2011)
Pengujian	Kuat tekan beton	<i>Marshall Test</i> <i>Cantabro Test</i> <i>Refusal Density Test</i>	<i>Marshall Test</i> <i>ITS Test</i>
Jenis Campuran	-	<i>AC-WC</i>	<i>AC-WC</i>
Hasil	Laju kenaikan kuat tekan beton pada umur 3, 7, dan 28 hari adalah 68%, 89%	Penggunaan batu Tangkiling dan pasir sungai Kahayan memenuhi spesifikasi	Material yang berasal dari Kabupaten Bengkalis dan Kabupaten Tanjung Karang

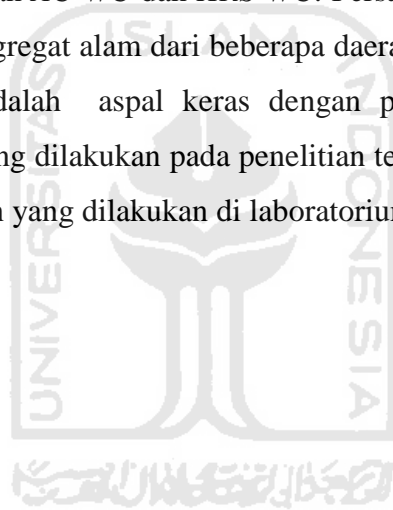
	<p>dan 100%. Secara umum dapat disimpulkan bahwa pasir sungai dan batu pecah Sukadana layak untuk dibuat beton normal</p>	<p>Departemen Kimpraswil (2000), untuk melayani beban lalu lintas sedang (>0,5 juta ESA dan < 1 juta ESA) terutama untuk gradasi variasi III.</p>	<p>Karimun dapat alterasi bahan untuk campuran beton aspal (AC-WC (<i>ITS condition</i>) dan t... rendaman (<i>ITS uncondition</i>).</p>
--	---	---	--

Sumber : Durma (2008), Damek (2004), Saputra 2011, Ardika (2005)



2.4 PERSAMAAN DAN PERBEDAAN PENELITIAN LAIN DAN PENELITIAN INI

Berdasarkan hasil perbandingan penelitian tersebut, penelitian ini dilakukan berbeda dengan penelitian terdahulu. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan agregat asal Sukadana, Lampung Timur dan Clereng, Kulon Progo dengan kadar aspal optimum rencana 4%; 4,5%; 5%; 5,5%; 6%. Parameter yang diukur pada penelitian kali ini yaitu Karakteristik *Marshall*, *Immersion*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro*. Jenis campuran yang digunakan pada pengujian ini adalah campuran *AC-BC*, pada penelitian sebelumnya campuran yang digunakan adalah campuran *AC-WC* dan *HRS-WC*. Persamaan pada penelitian ini adalah menggunakan agregat alam dari beberapa daerah di Indonesia dan jenis aspal yang digunakan adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70. Analisis karakteristik campuran yang dilakukan pada penelitian terdahulu dengan sekarang adalah hasil dari pengujian yang dilakukan di laboratorium.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 UMUM

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Sifat-sifat yang dimiliki oleh aspal tergantung pada sifat-sifat bahan penyusunnya, proporsi bahan-bahan penyusun, cara pemanasan, pengadukan, penuangan, pemadatan, dan perawatan. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti *Asphaltenese*, *Resins* dan *Oils*. Aspal mempunyai sifat visco-elastis dan tergantung dari waktu pembebanan.

Rancangan campuran aspal panas (*Hot Mix*) adalah nama lain dari aspal beton (*Asphalt Concret*) yaitu suatu campuran yang terdiri dari komponen-komponen agregat yang merupakan komponen tersebar dalam campuran air dan bahan pengikatnya adalah aspal dimana pencampurannya melalui proses pemanasan.

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri atas agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas . Untuk mendapatkan campuran aspal beton yang baik perlu dilakukan perencanaan campuran, diantaranya adalah jenis agregat, gradasi agregat, mutu agregat, jenis aspal keras, rencana tebal lapisan, jenis bahan pengisi. Proporsi bahan - bahan penyusun aspal perlu diperhatikan dan diperlukan ketelitian untuk menentukan komposisi bahan penyusun aspal. Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, para ahli mengupayakan untuk meningkatkan sifat-sifat aspal antara lain, meliputi *stabilitas*, *durabilitas*, *fleksibilitas*, *termoplastis*, *adhesi* dan *kohesi*, *skid resistance* dan *impermeable*.

3.2 LAPISAN ASPAL BETON

Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*) dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*, sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan.

Pembuatan Lapis Aspal Beton (Laston) yang juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton sebagai berikut.

1. Tahan terhadap tekanan (*stability*)

Tahan terhadap tekanan adalah kemampuan dari suatu perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Jalan yang melayani volume lalu lintas yang tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan suatu perkerasan jalan dengan stabilitas yang tinggi. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan internal dan kohesi.

2. Keawetan (*durability*)

Keawetan adalah kemampuan beton aspal untuk menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air atau perubahan temperatur. Faktor-faktor yang mendukung *durability* meliputi kadar aspal yang tinggi, gradasi yang rapat, dan tingkat kepadatan yang sempurna.

3. Kelenturan (*flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan dari beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi / *settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas aspal beton dimaksudkan agar perkerasan mampu menanggulangi lendutan akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang tanpa mengalami perubahan bentuk

4. Kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan atau tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga roda kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Selain itu agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga harus mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

5. Kedap air (*impermeable*)

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki oleh air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat menyebabkan terjadinya percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan *film* atau selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh campuran beton aspal dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Sifat-sifat Campuran	Laston					
	Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	≥5,1	≥4,3	≥4,3	≥4,0	≥4,0	≥3,5
Penyerapan aspal (%)	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang	75				112	
Rongga dalam campuran (%)	≥3,0					
	5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	≥15		≥14		≥13	
Rongga Terisi Aspal (%)	≥65		≥63		≥60	
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	≥800				≥1800	
Pelelehan (mm)	≥2				≥4,5	
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	≥250				≥300	
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C						
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	≥2					

Sumber : Bina Marga, 2010

3.3 BAHAN PENYUSUN PERKERASAN

Aspal Beton (*Hotmix*) secara luas digunakan sebagai lapisan permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas berat, sedang, ringan, dan lapangan terbang, dalam kondisi segala macam cuaca. Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan

bahan pengikat aspal dengan perbandingan tertentu dan untuk mengeringkan agregat dan mencairkan aspal agar dapat dengan mudah dicampur dengan baik maka sebelum pencampuran bahan tersebut harus dipanaskan. Banyak dilakukan percobaan-percobaan dengan menambahkan bahan tambahan untuk meningkatkan mutu perkerasan.

Studi kepustakaan tentang penambahan bahan tambahan memberikan pengaruh terhadap karakteristik masing-masing jenis campuran aspal panas. Dalam bab ini yang dijadikan landasan untuk penelitian adalah dengan membandingkan antara agregat asal Sukadana, Lampung Timur dengan agregat asal Clereng, Kulonprogo.

3.3.1 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun buatan (Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya SKBI -2.4.26.1987). Mutu dari agregat akan sangat menentukan mutu dari perkerasan yang akan dihasilkan. Pengawasan terhadap mutu agregat dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium. Pada pemilihan agregat untuk beton aspal, dilakukan perbandingan antara agregat asal Sukadana dan Clereng.

Agregat didefinisikan sebagai batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik yang berupa hasil pengolahan (penyaringan dan pemecahan) yang merupakan bahan baku utama konstruksi perkerasan jalan. Pada perkerasan beton aspal yang dibuat melalui proses pencampuran panas, agregat mengisi 95% berat campuran atau 75-85% volume campuran. Oleh karena itu perlu diperhatikan dengan baik kualitas agregat yang akan dipakai, yaitu memperhatikan sifat-sifat dari agregat tersebut seperti gradasi dan ukuran butir, kebersihan, bentuk dan tekstur permukaan, kekuatan dan porositas. Diperlukan pemeriksaan laboratorium mengenai mutu dari agregat itu sendiri. Dengan demikian agregat yang akan dipakai dalam penelitian dapat memenuhi sesuai dengan syarat yang ditentukan.

Sifat agregat memberikan pengaruh yang penting pada campuran beton aspal. Sifat agregat tersebut antara lain adalah gradasi. Gradasi adalah pembagian ukuran agregat. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

1. gradasi seragam (*uniform gradation*) adalah gradasi dengan ukuran butir yang hampir sama,
2. gradasi baik (*well gradation*) adalah agregat yang ukuran butir dari besar ke kecil dengan porsi yang hampir seimbang, dan
3. gradasi senjang (*gap gradation*) adalah gradasi dimana ada bagian tertentu yang dihilangkan sebagian.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang sesuai spesifikasi gradasi agregat campuran aspal.

Spesifikasi gradasi agregat campuran aspal AC-BC dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Gradasi Agregat Campuran Aspal AC-BC

Ukuran Saringan		Spesifikasi	
Inchi	Mm	Min	Max
1 1/2	37.5		
1	25	100	100
3/4	19	90	100
1/2	12.5	75	90
3/8	9.5	66	82
4	4.75	46	64
8	2.36	30	49
16	1.18	18	38
30	0.6	12	28
50	0.3	7	20
100	0.15	5	13
200	0.075	4	8
PAN		0	0

Fraksi agregat kasar untuk agregat ini adalah agregat yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm) Bina Marga (2010). Agregat kasar juga harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fraksi agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum (*nominal maximum size*). Ukuran nominal maksimum adalah satu ayakan yang lebih kecil dari ayakan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10%.

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) sesuai SNI 03-6819-2002. Pasir boleh digunakan dalam campuran aspal. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos dan persentase yang tertahan dalam saringan, yang dihitung berdasarkan berat agregat keseluruhan. Pada penelitian ini digunakan agregat asal Sukadana dan asal Clereng untuk dibandingkan karakteristik yang baik.

Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti tercantum dalam Tabel 3.3. dan 3.4.

Tabel 3.3 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407 – 2008	Maks. 12%
2	Berat Jenis	SNI 1969 : 2008	>2,5
3	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Maks. 30%
4	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya.		Maks. 40%
5	Penyerapan agregat terhadap air	SNI 1969 : 2008	< 3%

Tabel 3.3 Lanjutan Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

6	Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	<i>DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621</i>	95 / 90
7	Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)		80 / 75
8	Pertikel pipih dan lonjong	ASTM D4791 perbandingan 1:5	Maks. 10%
9	Material lolos ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks.1%
10	Kelekatan Agregat terhadap aspal	SNI-06-2439-1991	>90%

(Sumber: Bina Marga,2010)

Catatan :

(*) 95 / 90 menunjukkan bahwa agregat kasar mempunyai muka bidang pecah atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Tabel 3.4 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis (%)	SNI 1970 : 2008	> 2,5
2	Penyerapan Agregat Terhadap Aspal (%)	SNI 1970 : 2008	< 3
3	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60 %
4	Kadar lempung	SNI 3423 : 2008	Maks. 1%
5	Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)	SNI 03-6877-2002	Min.45
6	Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)	SNI 03-6877-2002	Min.40
7	<i>Sand Equivalent</i> (%)	SNI 3423 : 2008	> 50

(Sumber: Bina Marga, 2010)

3.3.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) terdiri atas debu batu kapur atau debu kapur padam yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006), semen atau

mineral yang berasal dari Asbuton yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayaan sesuai SNI ASTN C136: 2012 Harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (*75 micron*) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya kecuali untuk mineral Asbuton. Mineral Asbuton harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.100 (*150 micron*) tidak kurang dari 95% terhadap beratnya. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) minimal 1% dari berat total agregat.

3.3.3 Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

Aspal adalah material penting dalam perkerasan lentur karena dapat merekatkan (bersifat sebagai perekat), mengisi rongga (sebagai *filler*) dan memiliki sifat kedap air (*waterproof*). Umumnya aspal terbagi atas bentuk cair, semipadat, dan padat pada suhu ruang (25°C). Penggunaan aspal sebagai material perkerasan cukup luas, mulai dari lapis permukaan, lapis fondasi, lapis aus, maupun lapis penutup. Aspal dibedakan menjadi lima, yaitu aspal alam, aspal buatan, aspal cair, aspal emulsi, tar.

Aspal yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa aspal dengan penetrasi 60/70 dengan persyaratan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Pengujian dan P ersyaratan Aspal Keras Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100gr, 5detik, 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 - 70
2	Titik Lembek, °C	SNI 06-6434-1991	≥ 48
3	Daktilitas, 25 °C	SNI 06-2432-1991	≥ 100
4	Titik Nyala, °C	SNI 06-2433-1991	≥ 232
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
6	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	SNI 06-2456-1991	≥ 0,75
8	Kelarutan Terhadap CCL4	SNI 06-2443-1991	≥ 99

(Sumber: Bina Marga, 2010)

3.4 PARAMETER MARSHALL TEST

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu, sesuai spesifikasi campuran. Metode *Marshall* dikembangkan untuk rancangan campuran aspal beton. Melakukan uji *Marshall* untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) benda uji mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 AASHTO T245-90. Adapun beberapa parameter *Marshall Test* antara lain: stabilitas, (*stability*), kelelahan (*flow*), *MQ* (*Marshall Quotient*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VFWA* (*Void Filler With Asphalt*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), dan kepadatan (*density*).

3.4.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Naiknya stabilitas bertambah dengan kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi.

Nilai stabilitas didapatkan dari pembacaan arloji stabilitas pada *Marshall test*. Angka stabilitas ini masih harus dikoreksi lagi dengan kalibrasi alat dan ketebalan benda uji. Nilai stabilitas yang dipakai dihitung dengan Persamaan 3.1 sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal aspal dan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3.1.

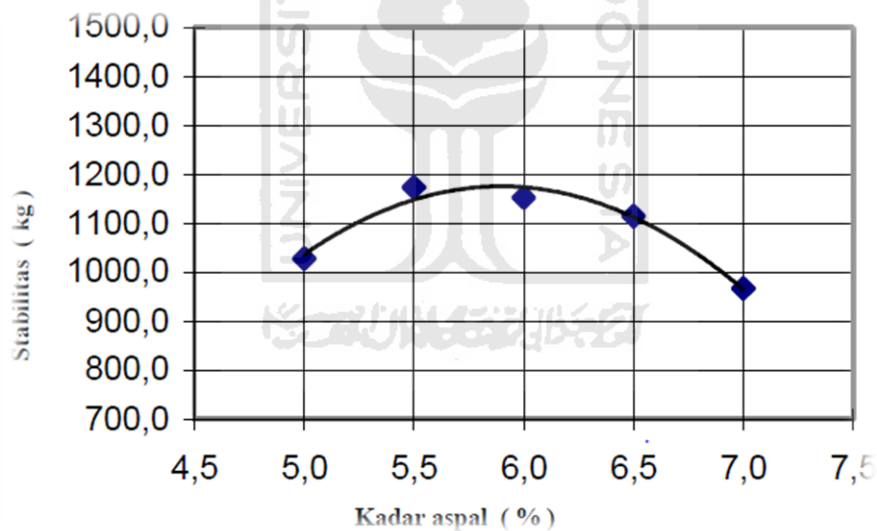
$$q = p \times s \times 0,4536 \quad (3.1)$$

Keterangan : q = stabilitas (kg)

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

s = koreksi tebal benda uji

0,4536 = konversi satuan dari *lb* ke kg



Gambar 3.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

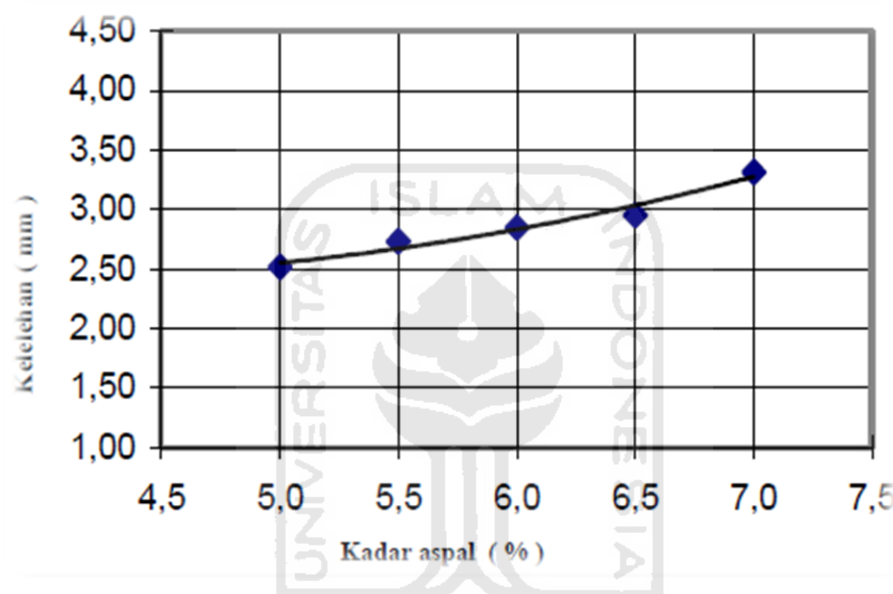
(Sumber : RSNI M-01-2003)

3.4.2 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan

stabilitas tinggi dibawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan.

Angka *flow* didapatkan dari pembacaan arloji yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan panjang (mm). Adapun grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Kelelahan (*Flow*)

(Sumber : RSNI M-01-2003)

3.4.3 Marshall Quotient

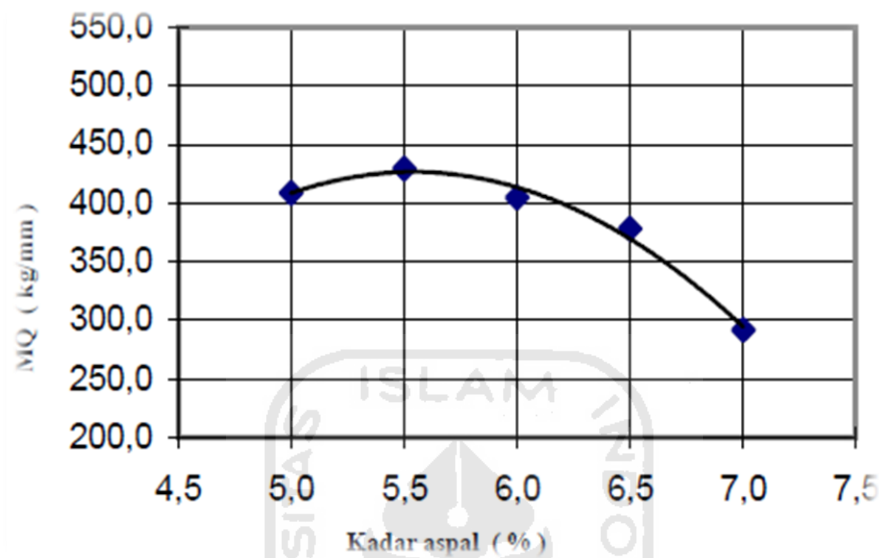
Marshall quotient merupakan perbandingan antara *stability* dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.2, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *MQ* dilihat pada Gambar 3.3 berikut (RSNI M-01-2003).

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.2)$$

Keterangan : *MQ* = nilai *Marshall Quotient*

q = nilai stabilitas (kg)

r = nilai *flow* (mm)



Gambar 3.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ

(Sumber : RSNI M-01-2003)

3.4.4 *VITM (Void in the Total Mix)*

Nilai *VITM* adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat yang diselubungi aspal. *VITM* dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. *VITM* ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. *VITM* yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. *VITM* yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat.

Nilai *VITM* dapat diperoleh dari Persamaan 3.3 dan 3.4, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *VITM* dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.

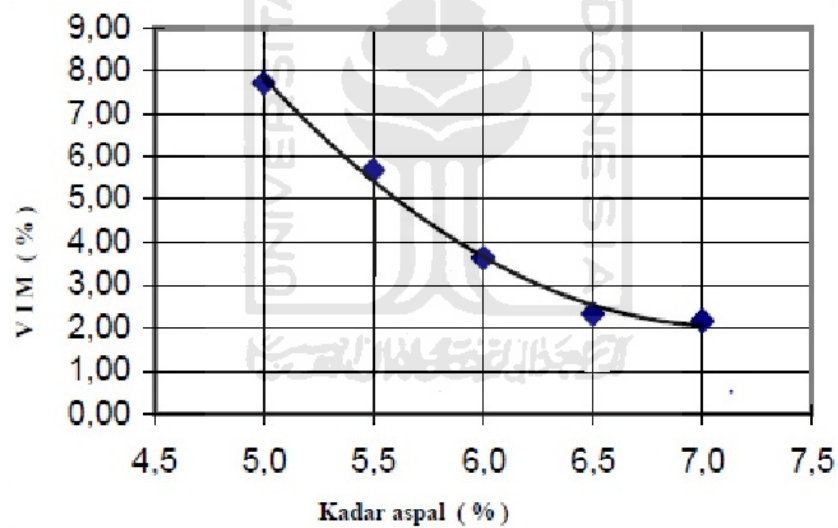
$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h}\right) \quad (3.3)$$

$$h = 100 - \left[\frac{100}{\left(\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}} \right)} \right] \quad (3.4)$$

Keterangan : n = nilai *VITM*

g = berat isi sampel (gr/cc)

h = berat jenis maksimum teoritis campuran



Gambar 3.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VITM*

(Sumber : RSNI M-01-2003)

3.4.5 *VFWA* (*Void Filler With Ashpalt*)

Presentase pori antara butir agregat yang terisi oleh aspal dinamakan *VFWA*. Jadi, *VFWA* adalah bagian dari *VMA* yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terasbsorbsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan

demikian aspal yang mengisi *VFWA* adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat didalam beton aspal padat, atau dengan kata lain *VFWA* inilah yang merupakan presentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.5 sampai 3.9 , sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *VFWA* dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut.

1. Presentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100+a} \times 100 \quad (3.5)$$

Keterangan : a = persentasi aspal terhadap batuan

b = persentasi aspal terhadap p campuran

2. Presentase aspal terhadap agregat

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.6)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ Aspal}} \quad (3.7)$$

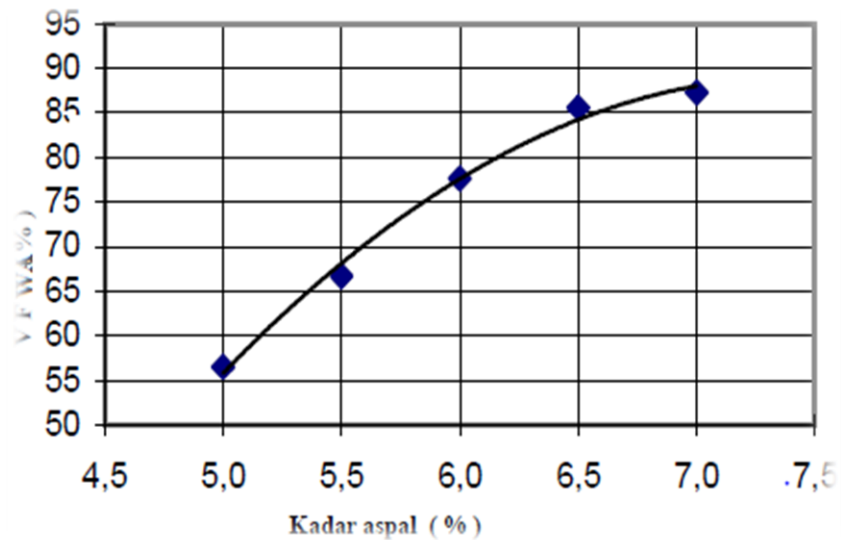
$$l = 100 - j \quad (3.8)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.9)$$

Keterangan : m = *VFWA* (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)

b = persentase aspal terhadap campuran



Gambar 3.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA

(Sumber : RSNI M-01-2003)

3.4.6 VMA (Void in Mineral Agregate)

Nilai VMA adalah volume pori diantara butir agregat campuran dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal dan dinyatakan dalam persen terhadap campuran. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.

Nilai VMA dapat diperoleh dari Persamaan 3.10 dan 3.11, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.

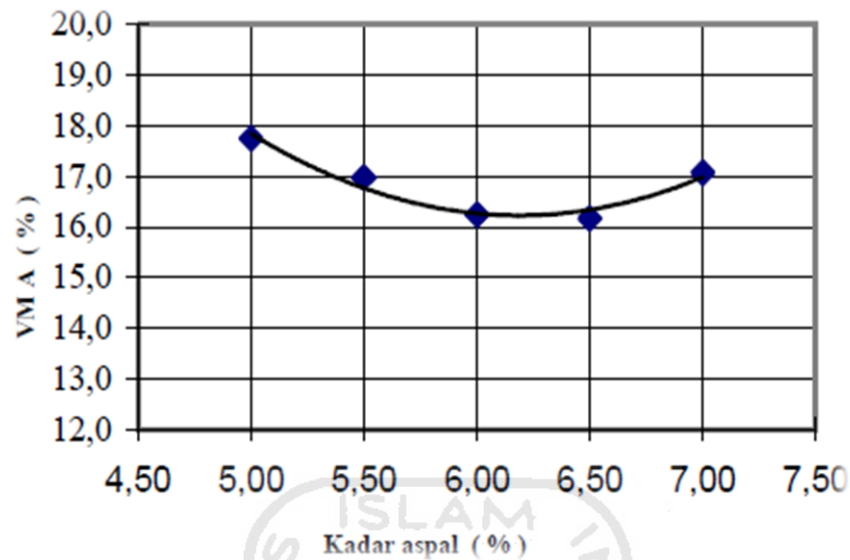
$$l = 100 - j \quad (3.10)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.11)$$

Keterangan : l = nilai VMA (%)

b = presentase aspal terhadap campuran (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)



Gambar 3.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA

(Sumber : RSNI M-01-2003)

3.4.7 Kepadatan (*Density*)

Density menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai density, maka kerapatannya semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan rapat. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kadar aspal.

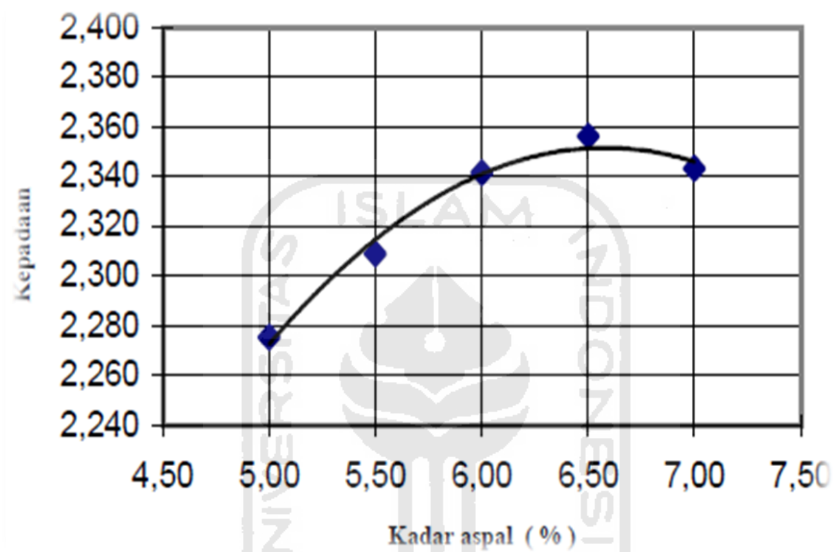
Nilai kepadatan / *density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.12)$$

$$f = d - e \quad (3.13)$$

Keterangan : g = nilai *density* (gr/cc)

- c = berat benda uji sebelum direndam (gr)
 d = berat benda uji dalam keadaan jenuh / *SSD* (gr)
 e = berat dalam air (gr)
 f = volume / isi (cm^3)



Gambar 3.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*

(Sumber : RSNI M-01-2003)

3.5 IMMERSION TEST

Immersion Test atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini Prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman didalam *waterbath* yang berbeda. Menurut AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall (Immersion Test)* yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu $\pm 50^\circ \text{C}$ dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu $\pm 60^\circ \text{C}$. Pada penelitian ini dipakai

metode uji perendaman (*Marshall*) selama 24 jam dan suhu konstan 60° C sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal (*Index of retained strength*) adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam (S_2) yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasa (S_1). Seperti tercantum pada Persamaan 3.14 dibawah ini.

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\%$$

(3.14)

Keterangan : S_1 = stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

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

3.6 INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST (ITS)

Indikator utama yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu material pada campuran aspal adalah dengan menggunakan alat *Marshall*. Tetapi dilapangan, pada saat beton aspal menerima beban kendaraan yang melintas diatasnya, beton aspal akan mendapatkan gaya tekan pada bagian atas dan akan mendapatkan gaya tarik pada bagian bawahnya. Untuk itu kemampuan material dalam menerima gaya tarik perlu diketahui, dalam hal ini dapat menggunakan alat *Indirect Tensile Strength* atau biasa disebut *ITS*. Dengan mengetahui korelasi antara nilai *Marshall* dan *Indirect Tensile Streangth* dapat diketahui apakah material yang mempunyai kemampuan memikul gaya tekan besar juga mempunyai kemampuan memikul gaya tarik besar juga.

Indirect Tensile Strength Test adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak dilapangan. Pengujian hampir sama dengan pengujian *Marshall*, yang membedakan hanyalah pada pengujian kuat tarik tak langsung tidak menggunakan *proving ring* sebagai beban tetapi menggunakan *strip loading* selebar 0,5 inch.

Langkah-langkah untuk menentukan *Indirect Tensile Strength Test* adalah sebagai berikut.

1. Memastikan beban dan benda uji sejajar selama pengujian.
2. Menentukan tinggi dan diameter benda uji.
3. Memastikan tempat untuk menguji benda uji suhunya tetap pada suhu 25°C.
4. Menurunkan beban dari tempatnya.
5. Melakukan pengawasan terhadap perubahan bentuk dan menentukan beban vertikal dari kerusakan benda uji.

Indirect Tensile Strength adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.15 berikut.

$$ITS = \frac{P_{runtuh}}{h} \times A_o \quad (3.15)$$

Keterangan : *ITS* = kuat tarik tidak langsung (kg/cm²)

P runtuh = beban puncak (kg)

H = tinggi sampel (cm)

Ao = konstanta (tabel *Ao* terlampir pada lampiran)

3.7 CANTABRO TEST

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 (enam) jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang. Sebelum benda uji dimasukkan kedalam drum

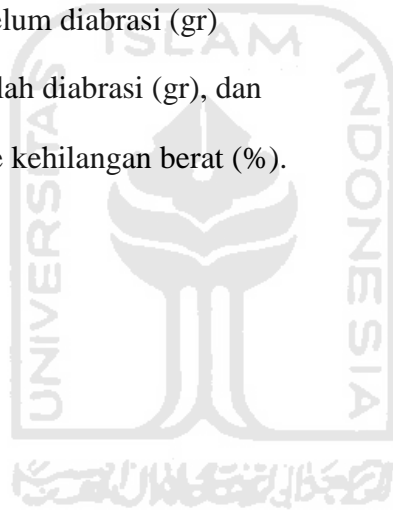
mesin *Los Angeles* terlebih dahulu ditimbang untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi (M_o). Selanjutnya benda uji dimasukkan ke drum mesin *Los Angeles* tanpa bola baja. Mesin *Los Angeles* kemudian dijalankan dengan kecepatan antara 30-33 rpm sebanyak 300 putaran. Setelah selesai benda uji dikeluarkan dan ditimbang dengan berat setelah abrasi (M_i).

Kehilangan berat dapat diperoleh pada Persamaan 3.16 berikut.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3.16)$$

Keterangan :

- M_o = Berat sebelum diabrasi (gr)
 M_i = Berat setelah diabrasi (gr), dan
 L = Persentase kehilangan berat (%).



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 UMUM

Banyak faktor yang dapat mengurangi kinerja jalan sebagai sarana transportasi, antara lain ialah ketika musim penghujan saat ini banyak jalan yang tergenang air. Genangan air yang terjadi berdampak pada transportasi darat dan infrastruktur jalan. Infrastruktur jalan dapat mengalami kerusakan (*distress*) seperti perubahan bentuk permukaan jalan akibat adanya genangan air di atasnya, sehingga material penyusun perkerasan sangat berpengaruh pada kekuatan dan daya tahan perkerasan tersebut terhadap beban lalu lintas.

Penelitian aspal beton ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Metode eksperimen adalah suatu metode penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan variabel tertentu terhadap variabel lain dalam suatu kondisi yang terkontrol. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Benda uji dalam penelitian ini adalah agregat asal Kabupaten Sukadana, Lampung Timur dengan agregat asal Merapi sebagai perbandingan karakteristik agregat dengan mutu yang lebih baik. Benda uji pada penelitian ini kemudian diuji sehingga mendapatkan kadar aspal optimum yang sesuai dengan sifat-sifat aspal antara lain, meliputi *stabilitas*, *durabilitas*, *fleksibilitas*, *termoplastis*, *adhesi dan kohesi*, *skid resistance*, *impermeable*. Setelah mendapatkan data hasil pengujian kemudian dilakukan analisis data sehingga dapat diambil kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan.

4.2 BAHAN YANG DIGUNAKAN

Sebelum melakukan penelitian, perlu dipersiapkan bahan yang akan digunakan untuk melaksanakan pengujian agar mencapai maksud dan tujuan yang direncanakan. Berikut adalah bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Aspal,
2. agregat kasar (kerikil) asal Sukadana, Lampung Timur,
3. agregat kasar (kerikil) asal Clereng, Yogyakarta
4. agregat halus asal Sukadana, Lampung Timur, dan
5. agregat halus asal Clereng, Yogyakarta.

4.3 ALAT YANG DIGUNAKAN

Setelah persiapan material dan bahan, maka dibutuhkan beberapa alat guna menunjang pengujian selanjutnya. Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Oven

Oven adalah suatu alat yang berfungsi untuk memanaskan ataupun mengeringkan. Biasanya digunakan untuk mengeringkan peralatan gelas laboratorium, zat-zat kimia maupun pelarut organik dan agregat. Oven juga digunakan untuk mengukur kadar air suatu agregat. Oven termasuk alat sterilisasi secara fisik karena menggunakan suhu dan tekanan. Oven ini memiliki volume 105 L dan mampu melakukan pemanasan hingga 200 °C.

2. Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu (temperatur), ataupun perubahan suhu. Biasanya digunakan untuk pengecekan suhu pemanasan aspal sehingga cair dan dapat dituang.

3. Saringan

Saringan atau ayakan adalah alat yang digunakan untuk memisahkan bagian yang tidak diinginkan berdasarkan ukurannya. Dalam hal ini, saringan bertujuan untuk

menyaring dan memastikan ukuran agregat kasar dan halus sesuai dengan yang ditetapkan.

4. Timbangan

Timbangan merupakan alat yang digunakan untuk mengukur berat atau menimbang bahan yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan, timbangan ini memiliki ketelitian 1 gr berat dengan beban maksimal 20 kg.

5. Talam

Talam berfungsi sebagai alat pemisah agregat, yaitu untuk tempat agregat yang sudah ditimbang sebelum dimasukkan kedalam oven.

6. Cetok

Cetok adalah alat berupa sendok adukan yang terbuat dari lempengan logam dan kayu sebagai pegangannya. Cetok digunakan untuk memindahkan atau memasukkan agregat kedalam saringan.

7. *Water Bath*

Waterbath adalah oven atau bisa disebut penangas air yang fungsi utamanya untuk menciptakan suhu yang konstan. Merupakan wadah yang berisi air yang bisa mempertahankan suhu air pada kondisi tertentu selama selang waktu yang ditentukan.

8. Wajan

Tempat untuk memanaskan atau mengaduk agregat dan aspal.

9. Kompor

Kompor digunakan untuk memanaskan campuran beraspal.

10. Landasan Alat Penumbuk

Cetakan benda uji untuk membuat beton aspal lalu dipadatkan menggunakan alat penumbuk.

11. Cetakan Benda Uji (*Mold*)

Cetakan benda adalah alat yang terbuat dari besi yang berbentuk silinder dengan diameter dalam 10 cm dan tinggi 7.5 cm. Alat ini digunakan untuk membuat sampel beton aspal dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm lengkap dengan pelat

alas dan leher sambung. Digunakan untuk membentuk perkerasan campuran aspal dan agregat

12. Alat Penumbuk

Alat penumbuk merupakan alat dengan beban tertentu yang digunakan untuk memadatkan beton aspal.

13. Kertas Saring

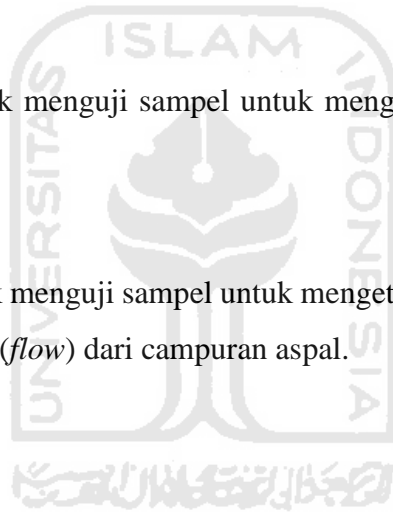
Kertas saring berfungsi untuk memisahkan partikel suspensi dengan cairan, atau untuk memisahkan antara zat terlarut dengan zat padat. Meletakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran dasar cetakan.

14. Mesin *Los Angeles*

Mesin ini digunakan untuk menguji sampel untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan.

15. *Marshall Test*

Mesin ini digunakan untuk menguji sampel untuk mengetahui ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.



4.4 METODE PENGAMBILAN DATA

Metode dan pengambilan data dilakukan melalui beberapa prosedur untuk mendapatkan suatu simpulan dari hasil pengolahan atau analisis data-data yang diperoleh. Dalam pengambilan data diperlukan pengelompokan benda uji guna mempermudah pengisian dan pembacaan hasil pengujian dan pengujian campuran beton aspal, sehingga diperoleh data-data yang berupa nilai stabilitas, *flow*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, *Density*, *Marshall Quotient*, *Immersion Test*, *ITS* dan permeabilitas. Pada penelitian ini, data diperoleh dengan cara melakukan pengujian-pengujian di laboratorium. Data yang diperoleh dapat diambil dari beberapa sumber. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Sumber Primer

Sumber primer adalah data yang diperoleh dari sumber data, yaitu dengan cara *experiment* langsung dilakukan di lokasi penelitian. Pengujian sampel dilakukan di laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. persiapan alat dan bahan.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang tidak diperoleh langsung dari sumber data. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait yang berhubungan dengan pengamatan yang dilakukan. Data sekunder ini berfungsi sebagai pendukung dari data primer.

4.5 LANGKAH LANGKAH PENELITIAN

Bahan-bahan untuk penelitian ini terdiri dari kombinasi agregat halus, agregat kasar dan aspal. Agregat yang digunakan adalah agregat asal Kabupaten Sukadana, Lampung Timur dengan agregat asal Clereng, Yogyakarta. Bahan tersebut diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pembuatan campuran aspal. Hal ini dilakukan dengan mengetahui sifat-sifat bahan, apakah telah memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan atau tidak. Pengujian ini berpedoman pada metode AASTHO dan Bina Marga.

Urutan penelitian yang dilakukan di laboratorium terdiri dari beberapa tahap berikut :

1. persiapan alat dan bahan,
2. melakukan pengujian bahan :
 - 1) aspal dengan penetrasi 60/70,
 - 2) agregat kasar asal Sukadana dan Clereng yang tertahan saringan no 8 (2,36 mm)
 - 3) agregat halus asal Sukadana dan Clereng yang lolos saringan no 8 (2,36 mm)
3. pembuatan benda uji beton aspal dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) rencana 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% ,

4. uji *Marshall*, untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal,
5. uji *Cantabro*, untuk menentukan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *los angeles*,
6. uji *Immersion*, untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca,
7. uji *Indirect Tensile Strength* untuk mengetahui apakah material yang mempunyai kemampuan memikul gaya tekan besar juga mempunyai kemampuan memikul gaya tarik, dan
8. analisis data dan pembahasan.

4.5.1 Pengujian Bahan

Sebelum bahan digunakan pada campuran perkerasan harus dilakukan serangkaian pengujian, antara lain sebagai berikut.

1. Pengujian Agregat

Salah satu dari komponen utama dari lapis perkerasan jalan raya adalah agregat. Daya dukung, mutu, kualitas dan keawetan suatu perkerasan sangat ditentukan dari agregat. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian terhadap agregat baik terhadap agregat kasar maupun agregat halus. Pada penelitian ini yang menjadi acuan adalah perbandingan agregat yang digunakan. Agregat asal Kabupaten Lampung Timur dan agregat asal Clereng, Yogyakarta akan dibandingkan yang memiliki karakteristik yang baik untuk penggunaan beton aspal pada lapis perantara (*AC-BC*). Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian ini menggunakan dua sampel agregat yang dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan dari agregat halus.

b. Pengujian Kelekatan Agregat terhadap Aspal

Pengujian ini menggunakan dua sampel agregat yang dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal.

c. Pengujian Keausan Agregat

Pengujian ini menggunakan dua sampel agregat yang dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

d. Pengujian *Sand Equivalent*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar debu dan lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah aau agregat halus.

2. Pengujian Aspal

Untuk mengetahui kualitas aspal yang digunakan, maka perlu dilakukan pengujian-pengujian sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis Aspal

Berat Jenis Aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

b. Pengujian Penetrasi

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal (memeriksa tingkat kekerasan aspal) dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu.

c. Pengujian Daktilitas

Maksud pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

d. Pengujian Kelarutan dalm TCE

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam TCE.

e. Pengujian Titik Lembek

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan temperatur aspal mengalami batas perpindahan antara bentuk padat ke cair.

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Pengujian ini bertujuan untuk menuntukkan suhu dimana aspal terlihat menyala singkat dipermukaan aspal (titik nyala) dan suhu saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

4.6 JUMLAH BENDA UJI

Jumlah benda uji dibuat pada masing-masing pengujiannya disesuaikan pada kebutuhan penelitian, seperti pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum Agregat Asal Sukadana

Variasi Kadar Aspal	4%	4,5%	5%	5,5%	6%	Jumlah Total
Jumlah	3	3	3	3	3	15

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum Agregat Asal Clereng

Variasi Kadar Aspal	4%	4,5%	5%	5,5%	6%	Jumlah Total
Jumlah	3	3	3	3	3	15

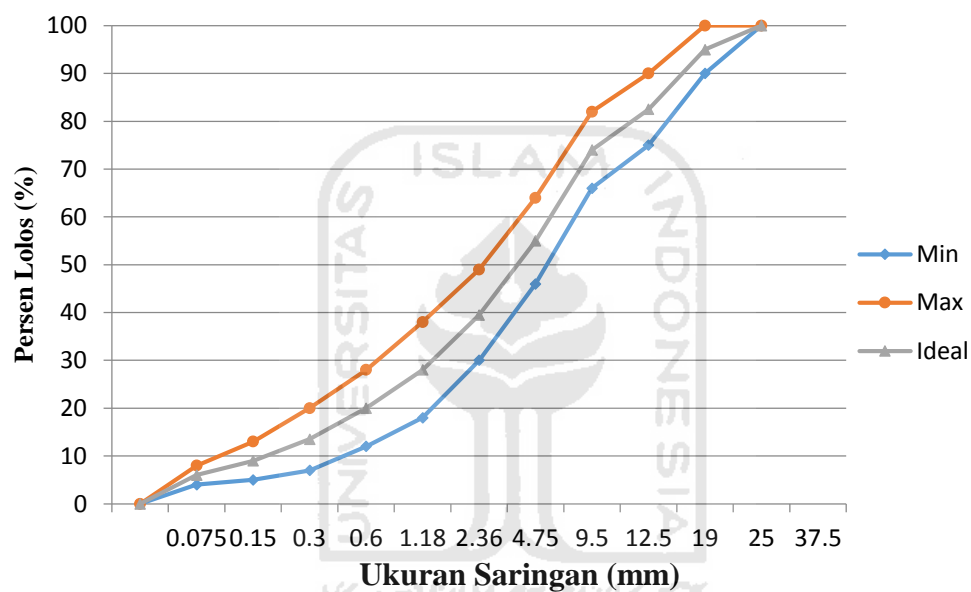
Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji untuk *Marshall Standard Test*, *Marshall Immersion Test*, *ITS*, dan *Cantabro Test* pada KAO

Pengujian	Agregat Sukadana	Agregat Clereng
<i>Marshall Standard</i>	5	5
<i>Marshall Immersion</i>	5	5
<i>ITS</i>	5	5
<i>Cantabro</i>	5	5
Jumlah	20	20

Sehingga jumlah total benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak 70 benda uji.

4.7 PERENCANAAN CAMPURAN

Bahan-bahan untuk penelitian ini terdiri dari agregat kasar, dan aspal yang diuji terlebih dahulu. Setelah pengujian awal selesai dilanjutkan proses penyaringan terhadap berbagai jenis agregat dengan saringan sesuai dengan gradasi yang direncanakan. Gambar gradasi campuran AC BC dapat dilihat pada gambar 4.1. Nilai komposisi campuran agregat dapat dilihat pada Tabel 4.4.



Gambar 4.1 Gradasi Agregat AC BC

Tabel 4.4 Nilai Komposisi Campuran Agregat

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)	
Inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan
1 ½	37.5				
1	25	100	100	100	0
¾	19	90	100	95	5
½	12.5	75	90	82.5	17.5
3/8	9.5	66	82	74	26
4	4.75	46	64	55	45
8	2.36	30	49	39.5	60.5

Lanjutan **Tabel 4.4** Nilai Komposisi Campuran Agregat

16	1.18	18	38	28	72
30	0.6	12	28	20	80
50	0.3	7	20	13.5	86.5
100	0.15	5	13	9	91
200	0.075	4	8	6	94
PAN		0	0	0	100

Setelah mendapatkan nilai komposisi campuran agregat, maka dilanjutkan dengan perhitungan Prosentase Bitumen (Pb) rencana dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + \text{Konstanta} \\
 &= 0,035 \times 60,5 + 0,045 \times 33,5 + 0,18 \times 6 + 0,6 \\
 &= 5,305\% \\
 &= 5\%
 \end{aligned}$$

dengan :

Pb = kadar aspal perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan no. 8

FA = agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200

Filler = agregat halus lolos saringan no. 200

Konstanta 0.5 – 1

Kebutuhan berat aspal dan kebutuhan agregat pada tiap kadar prosentase aspal dapat dilihat pada Tabel 4.5 sampai Tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Berat Total Agregat

kadar aspal	%	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
berat benda uji	gram	1200	1200	1200	1200	1200
berat aspal	gram	48	54	60	66	72
berat total agregat	gram	1152	1146	1140	1134	1128

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 4%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
Inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
1 ½	37.5						
1	25	100	100	100	0	0	0
¾	19	90	100	95	5	57.6	57.6
½	12.5	75	90	82.5	17.5	201.6	144
3/8	9.5	66	82	74	26	299.52	97.92
4	4.75	46	64	55	45	518.4	218.88
8	2.36	30	49	39.5	60.5	696.96	178.56
16	1.18	18	38	28	72	829.44	132.48
30	0.6	12	28	20	80	921.6	92.16
50	0.3	7	20	13.5	86.5	996.48	74.88
100	0.15	5	13	9	91	1048.32	51.84
200	0.075	4	8	6	94	1082.88	34.56
PAN		0	0	0	100	1152	69.12
Jumlah							1152

Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 4.5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
Inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
1 ½	37.5						
1	25	100	100	100	0	0	0
¾	19	90	100	95	5	57.3	57.3
½	12.5	75	90	82.5	17.5	200.55	143.25
3/8	9.5	66	82	74	26	297.96	97.41
4	4.75	46	64	55	45	515.7	217.74

Lanjutan **Tabel 4.7** Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 4.5%

8	2.36	30	49	39.5	60.5	693.33	177.63
16	1.18	18	38	28	72	825.12	131.79
30	0.6	12	28	20	80	916.8	91.68
50	0.3	7	20	13.5	86.5	991.29	74.49
100	0.15	5	13	9	91	1042.86	51.57
200	0.075	4	8	6	94	1077.24	34.38
PAN		0	0	0	100	1146	68.76
Jumlah							1146

Tabel 4.8 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
Inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
1 ½	37.5						
1	25	100	100	100	0	0	0
¾	19	90	100	95	5	57	57
½	12.5	75	90	82.5	17.5	199.5	142.5
3/8	9.5	66	82	74	26	296.4	96.9
4	4.75	46	64	55	45	513	216.6
8	2.36	30	49	39.5	60.5	689.7	176.7
16	1.18	18	38	28	72	820.8	131.1
30	0.6	12	28	20	80	912	91.2
50	0.3	7	20	13.5	86.5	986.1	74.1
100	0.15	5	13	9	91	1037.4	51.3
200	0.075	4	8	6	94	1071.6	34.2
PAN		0	0	0	100	1140	68.4
Jumlah							1140

Tabel 4.9 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5.5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
Inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
1 1/2	37.5						
1	25	100	100	100	0	0	0
3/4	19	90	100	95	5	56.7	56.7
1/2	12.5	75	90	82.5	17.5	198.45	141.75

Lanjutan **Tabel 4.9** Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5.5%

3/8	9.5	66	82	74	26	294.84	96.39
4	4.75	46	64	55	45	510.3	215.46
8	2.36	30	49	39.5	60.5	686.07	175.77
16	1.18	18	38	28	72	816.48	130.41
30	0.6	12	28	20	80	907.2	90.72
50	0.3	7	20	13.5	86.5	980.91	73.71
100	0.15	5	13	9	91	1031.94	51.03
200	0.075	4	8	6	94	1065.96	34.02
PAN		0	0	0	100	1134	68.04
Jumlah							1134

Tabel 4.10 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
Inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
1 1/2	37.5						
1	25	100	100	100	0	0	0
3/4	19	90	100	95	5	56.4	56.4
1/2	12.5	75	90	82.5	17.5	197.4	141
3/8	9.5	66	82	74	26	293.28	95.88
4	4.75	46	64	55	45	507.6	214.32
8	2.36	30	49	39.5	60.5	682.44	174.84
16	1.18	18	38	28	72	812.16	129.72
30	0.6	12	28	20	80	902.4	90.24
50	0.3	7	20	13.5	86.5	975.72	73.32
100	0.15	5	13	9	91	1026.48	50.76
200	0.075	4	8	6	94	1060.32	33.84
PAN		0	0	0	100	1128	67.68
Jumlah							1128

Setelah semua bahan disiapkan, kemudian dilakukan pengujian

4.7.1 Pengujian *Marshall* Standar

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel,

2. pada masing-masing benda uji diberi tanda pengenal,
3. mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm,
4. benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya,
5. direndam didalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air,
6. setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air,
7. benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*),
8. benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam,
9. kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepas benda uji,
10. arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide rod*),
11. kepala penekan (*test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cacin pengunji, kemudian ditur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,
12. pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya,
13. setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji, dan
14. hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya

4.7.2 Pengujian Perendaman *Marshall* (*Immersion Test*)

Pengujian ini dilakukan hamoir sama dengan uji *marshall* standar, hal yang membedakan hanya terletak pada lama perendaman yang dilalakukan dalam *waterbath*. Pada uji perendaman *Marshall* ini lama perendaman selama 24 jam dengan suhu 60°C. Adapaun cara pengujian adalah sebagai berikut :

1. benda uji dibersihkan dari bahan-bahan lain,
2. pada masing-masing benda uji diberi tanda pengenal,

3. mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01mm,
4. benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya,
5. direndam didalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air,
6. setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air,
7. benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*),
8. benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 24 jam,
9. kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepas benda uji
10. arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide rod*),
11. kepala penekan (*test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin pengunji, kemudian ditur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,
12. pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya,
13. setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji, dan
14. hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

4.7.3 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Langkah – langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. mempersiapkan bahan,
2. membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapatkan dari *Marshall Test* menggunakan *additive* limbah botol plastik optimum,
3. meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian,
4. mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian,
5. menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Indirect Tensile Strength*,

6. membuat kesimpulan.

4.7.4 Pengujian *Cantabro*

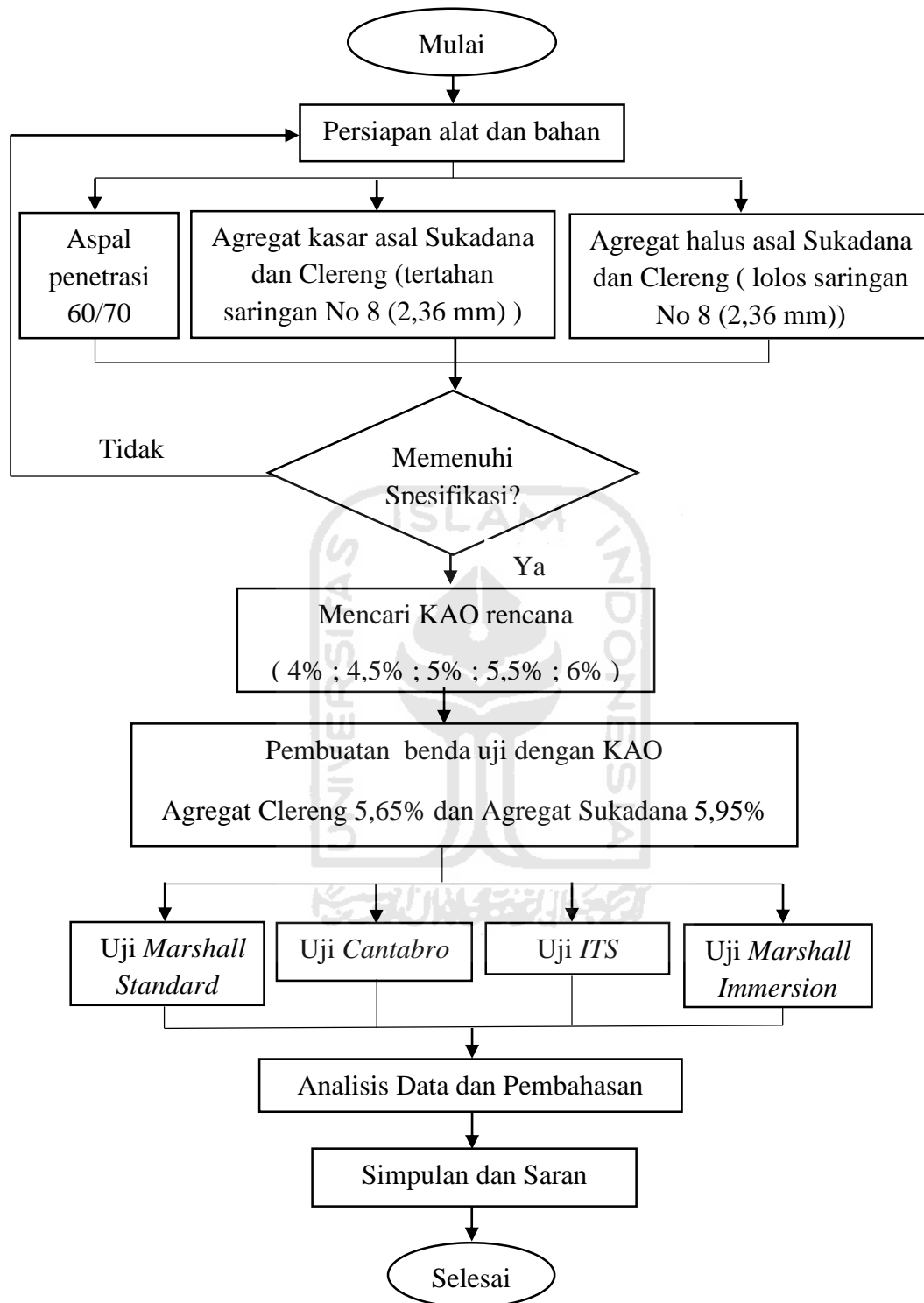
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *los angeles*.

Langkah – langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 (enam) jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang,
2. timbang benda uji untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi (*Mo*),
3. masukkan benda uji ke drum mesin *Los Angeles* tanpa bola baja,
4. jalankan mesin *Los Angeles* dengan kecepatan antara 30-33 rpm sebanyak 300 putaran,
5. setelah selesai benda uji dikeluarkan dan ditimbang dengan berat setelah abrasi.

4.8 BAGAN ALIR PROSES PENELITIAN

Bagan alir penelitian merupakan penjelasan secara singkat mengenai tahapan-tahapan dalam menjalankan serangkaian penelitian. Adapun bagan alir metodologi penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Bagan Alir

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 UMUM

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian *Marshall Standard*, *Marshall Immersion*, *Cantabro*, dan *ITS*. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan batuan, perbandingan karakteristik, perbandingan kuat tarik, dan ketahanan abrasi pada quarry Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta yang digunakan sebagai agregat dan filler pada campuran AC-BC.

Dari serangkaian pengujian yang telah dilakukan, hasil pengujian yang diperoleh adalah berupa data yang selanjutnya masih harus diolah. Hasil pengujian akan diuraikan dalam bentuk tabel, grafik maupun *bar chart*.

5.2 HASIL PENGUJIAN

5.2.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik aspal. Sebagai material penyusun aspal beton (*hotmix*), aspal berperan penting dalam mempengaruhi kelekatan aspal beton sebagai bahan ikat, maka diperlukan pemeriksaan pada aspal tersebut. Aspal yang diuji dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina AC 60/70 yang sudah tersedia di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian aspal di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII menggunakan persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1. Hasil pengujian aspal Pertamina AC 60/70 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1-6.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian AC 60/70

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis		$\geq 1,0$	1,03	Memenuhi
2	Penetrasi	(0,1 mm)	60 – 70	65,5	Memenuhi
3	Daktilitas	(cm)	≥ 100	165	Memenuhi
4	Titik Nyala	(°C)	≥ 232	312	Memenuhi
5	Kelarutan TCE	(%)	≥ 99	97,88	Memenuhi
6	Titik Lembek	(°C)	≥ 48	49	Memenuhi

5.2.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat yang dilakukan merupakan pengujian agregat kasar dan agregat halus asal Sukadana, Lampung dan Clereng, Yogyakarta. Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti tercantum dalam Tabel 5.2 dan Tabel 5.3. Hasil pengujian karakteristik agregat selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7 dan 16.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Agregat Sukadana	Agregat Clereng	Keterangan
1	Berat Jenis		$> 2,5$	2,55	2,66	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	%	< 3	2,49	2,3	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	%	> 95	98	99	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	%	< 40	27,65	26,04	Memenuhi

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Agregat Sukadana	Agregat Clereng	Keterangan
1	Berat Jenis		$> 2,5$	2,77	2,57	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	(%)	< 3	2,63	2,46	Memenuhi

5.2.3 Gradasi Agregat untuk Campuran

Pada penelitian ini gradasi yang digunakan adalah gradasi campuran AC BC yang berdiameter maksimum 20 mm, minimum 0,07. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan *workabilitas* (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan.

1.2.4 Hasil Pengujian Campuran AC BC untuk Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum

Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII untuk memperoleh nilai karakteristik *Marshall* masing-masing agregat seperti stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), dan *MQ* (*Marshall Quotient*) menggunakan campuran AC BC. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5. Hasil pengujian *Marshall Test* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 17 sampai 20.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian *Marshall* untuk KAO Agregat Asal Sukadana

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4	1588,57	2,93	541,56	10,12	52,19	16,57	2,36
4,5	1628,01	3,07	530,87	8,93	59,00	16,58	2,37
5	1783,91	3,56	501,57	8,65	62,08	17,42	2,36
5,5	1910,74	3,91	489,10	6,37	73,48	16,46	2,40
6	1793,21	3,82	469,84	4,91	81,74	16,27	2,42
Spesifikasi	> 800	4-Feb	>250	3 – 5	>65	>14	>2

Tabel 5.5 Hasil Pengujian *Marshall* untuk KAO Agregat Asal Clereng

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4	1509,96	2,67	566,24	8,66	58,58	15,24	2,30
4,5	1660,36	2,98	556,54	7,42	66,59	15,18	2,31
5	1870,19	3,90	479,54	5,89	76,24	14,86	2,33
5,5	1749,58	3,80	460,42	4,62	84,71	14,80	2,35
6	1632,21	3,39	481,01	4,83	84,38	16,06	2,32
Spesifikasi	> 800	2 – 4	>250	3 – 5	>65	>14	>2

5.2.5 Hasil Pengujian Karakteristik Campuran AC BC pada Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian campuran AC BC pada kadar aspal optimum meliputi *Marshall Standard*, *Marshall Immersion*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro* dapat dilihat pada Tabel 5.6 sampai Tabel 5.10. Hasil pengujian *Marshall Standard*, *Marshall Immersion*, *Cantabro*, dan *ITS* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 21 Sampai 28

Tabel 5.6 Hasil Perbandingan Pengujian *Marshall Standard* pada Agregat Sukadana dan Clereng

Asal	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	Density (gr/cc)
Sukadana	17,41	78,19	3,82	1726,23	3,71	465,38	2,35
Clereng	16,14	79,29	3,34	1602,66	3,60	445,38	2,33

Tabel 5.7 Hasil Perbandingan Pengujian *Marshall Immersion* pada Agregat Sukadana dan Clereng

Asal	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	Density (gr/cc)
Sukadana	19,25	69,18	5,96	1562,11	3,7	423,16	2,30
Clereng	17,60	71,51	5,03	1209,83	3,57	359,03	2,29

Tabel 5.8 Hasil Perbandingan Pengujian *Indirect Tensile Strength* dan *Cantabro* pada Agregat Clereng dan Sukadana

Parameter	Sukadana	Clereng
<i>ITS</i> (%)	2,67	1,4
<i>Cantabro</i> (%)	6,11	6,58

Tabel 5.9 Rekapitulasi Data Uji Statistika *Anova* untuk *ITS* dan *Cantabro*

Parameter	Hasil Analisis
<i>ITS</i>	Signifikan
<i>Cantabro</i>	Tidak Signifikan

Tabel 5.10 Rekapitulasi Data Uji Statistika *Anova* untuk *Marshall Standard* dan *Marshall Immersion*

Parameter	Hasil Analisis	
	<i>Marshall Standard</i>	<i>Marshall Immersion</i>
<i>Stabilitas</i>	Tidak Signifikan	Signifikan
<i>Flow</i>	Tidak Signifikan	Tidak Signifikan
<i>VMA</i>	Tidak Signifikan	Signifikan
<i>VITM</i>	Tidak Signifikan	Tidak Signifikan
<i>VFWA</i>	Tidak Signifikan	Tidak Signifikan
<i>MQ</i>	Tidak Signifikan	Tidak Signifikan

5.3 PEMBAHASAN

5.3.1 Pembahasan Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik aspal bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik aspal. Pada pengujian karakteristik aspal, pengujian yang dilakukan

adalah berat jenis aspal, penetrasi aspal, daktilitas, titik nyala, kelarutan dalam *TCE*, dan titik lembek.

1. Berat jenis aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan *vicnometer*. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Hasil analisis pengujian aspal penetrasi 60/70, yaitu diperoleh nilai berat jenis aspal menunjukkan nilai sebesar 1,03. Hasil ini menunjukkan bahwa pengujian aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 1,00$.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu dengan beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Hasil pengujian penetrasi aspal menunjukkan nilai sebesar 65,5 mm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu antara 60 sampai dengan 70 mm.

3. Daktilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar akan mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur. Hasil pengujian daktilitas menunjukkan nilai sebesar 165 cm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 100 cm.

4. Kelarutan dalam *TCE*

Pengujian kelarutan dalam *TCE* bertujuan untuk mengetahui kelarutan aspal dalam *Tetra Choro Ephilen TCE* sehingga dapat mengetahui persentase kandungan mineral lain dalam aspal. Semakin besar persentase kelarutannya maka semakin kecil kandungan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan

aspal dengan batuan. Hasil pengujian kelarutan dalam *TCE* menunjukkan nilai sebesar 99,495. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar $\geq 99\%$.

5. Titik Lembek

Titik lembek adalah suhu pada saat bola-bola baja dengan berat tertentu mendesak turun ke suatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin pada ketinggian tertentu, sebagai akibat kecepatan pada pemanasan suhu tertentu. Hasil pengujian titik lembek menunjukkan nilai sebesar 49°C . Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 48^{\circ}\text{C}$

6. Titik Nyala

Pengujian titik nyala bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal mulai menyala dan mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik nyala menunjukkan nilai sebesar 312°C . Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 yang berasal dari Laboratorium Jalan Raya FTSP memenuhi persyaratan sehingga layak digunakan sebagai bahan pengujian.

5.3.2 Pembahasan Karakteristik Agregat Kasar Asal Clereng dan Sukadana

Pengujian karakteristik agregat kasar ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisik dan karakteristik agregat asal Clereng dan Sukadana.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada temperatur tertentu. Material dengan berat jenis yang lebih kecil mempunyai pori yang lebih besar sehingga akan dibutuhkan aspal yang lebih banyak dan begitu pula sebaliknya. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar asal Clereng sebesar 2,66 sedangkan agregat kasar asal Sukadana sebesar 2,55. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Agregat yang mempunyai kadar pori yang besar akan lebih banyak membutuhkan aspal karena nilai penyerapannya semakin besar. Hasil pengujian penyerapan agregat kasar asal Clereng terhadap air sebesar 2,3% sedangkan agregat kasar asal Sukadana sebesar 2,49%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan. Hasil pengujian kelekatan agregat asal Clereng terhadap aspal sebesar 99%, sedangkan agregat kasar asal Sukadana sebesar 98%. Hasil ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu sebesar $> 95\%$.

4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Nilai keausan agregat diperoleh dari perbandingan antara berat bahan yang aus terhadap saringan no.12 terhadap berat semula. Hasil pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* pada campuran agregat Clereng sebesar 26,04%, sedangkan pada campuran agregat Sukadana sebesar 27,65%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 40\%$

Hasil pengujian agregat kasar asal Clereng dan Sukadana sudah memenuhi spesifikasi sehingga layak digunakan sebagai bahan penelitian.

5.3.3 Pembahasan Karakteristik Agregat Halus Asal Clereng dan Sukadana

Pengujian karakteristik agregat halus ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisik dan karakteristik agregat halus asal Clereng dan Sukadana.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada temperatur

tertentu. Material dengan berat jenis yang lebih kecil mempunyai pori yang lebih besar sehingga akan dibutuhkan aspal yang lebih banyak dan begitu pula sebaliknya. Pengujian berat jenis agregat halus asal Clereng didapatkan hasil sebesar 2,57 sedangkan berat jenis agregat halus asal Sukadana didapatkan hasil sebesar 2,77. Nilai berat jenis dari agregat halus diatas memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Agregat yang mempunyai kadar pori yang besar akan lebih banyak membutuhkan aspal karena nilai penyerapannya semakin besar. Pada pengujian penyerapan agregat asal Clereng terhadap air sebesar 2,46% sedangkan penyerapan agregat asal Sukadana terhadap air sebesar 2,63%. Nilai penyerapan agregat terhadap agregat Clereng memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Nilai *sand equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Pada pengujian *sand equivalent* dengan campuran agregat asal Clereng didapatkan hasil sebesar 78,38%, sedangkan campuran agregat asal Sukadana sebesar 80,13%. Nilai *sand equivalent* pada agregat halus Clereng dan Sukadana memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 50\%$, ini bahwa agregat halus Clereng dan Sukadana cukup bersih dan terbebas dari kandungan debu, lumpur, atau kotoran lainnya yang dapat mengganggu kelekatan aspal terhadap agregat.

Hasil pengujian agregat halus sudah memenuhi spesifikasi, sehingga layak digunakan sebagai bahan uji penelitian.

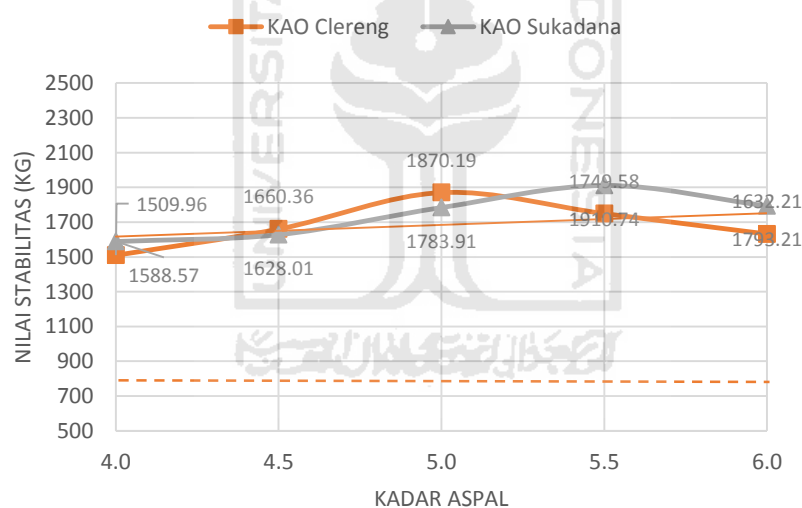
5.3.4 Pembahasan Karakteristik *Marshall Standard* untuk Mencari KAO pada Campuran Agregat Clereng dan Sukadana

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Dari hasil gambar hubungan

antara kadar aspal dengan parameter *Marshall*, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran beton aspal menahan beban sampai terjadi deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan bentuk. Nilai Stabilitas suatu campuran aspal dipengaruhi oleh gradasi agregat, bentuk butiran, kepadatan dan kadar aspal dalam suatu campuran. Nilai stabilitas akan naik bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal dalam suatu campuran sampai batas optimum kemudian stabilitas akan turun. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai stabilitas pada campuran agregat Clereng dan Sukadana yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Nilai Stabilitas pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.1 diatas secara umum dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran AC BC agregat Clereng dan Sukadana semakin meningkat bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu (optimum) dan turun setelah melampaui batas optimum. Hal ini karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dan dapat menjadi bahan pelicin setelah melebihi batas optimum, sehingga gaya saling mengunci antar agregat dalam campuran semakin menurun.

Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa nilai stabilitas dengan campuran agregat Sukadana kadar aspal 4 % memiliki nilai sebesar 1588,57 kg, sedangkan nilai stabilitas campuran agregat Clereng sebesar 1509,96 kg. Nilai stabilitas campuran agregat Sukadana pada kadar aspal 4,5% memiliki nilai stabilitas sebesar 1628,01, sedangkan nilai stabilitas campuran agregat Clereng sebesar 1660,36 kg. Nilai stabilitas tertinggi pada campuran agregat Sukadana kadar aspal 5% yaitu sebesar 1783,91 kg, sedangkan nilai stabilitas campuran agregat Clereng sebesar 1870,19 kg. Pada campuran agregat Clereng kadar aspal 5,5% nilai stabilitas sebesar 1749,58 kg, sedangkan nilai tertinggi stabilitas campuran agregat Sukadana sebesar 1910,74 kg. Kemudian pada kadar aspal 6% nilai stabilitas yang dimiliki agregat Sukadana sebesar 1793,21 kg, sedangkan nilai stabilitas campuran agregat Clereng sebesar 1632,21 kg. Nilai stabilitas terbesar pada campuran agregat Sukadana terdapat pada kadar aspal 5,5%, sedangkan pada campuran agregat Clereng pada kadar aspal 5% setelah itu mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh tekstur agregat Clereng yang lebih bersudut dan berat jenis agregat Sukadana lebih besar dibandingkan agregat Clereng.

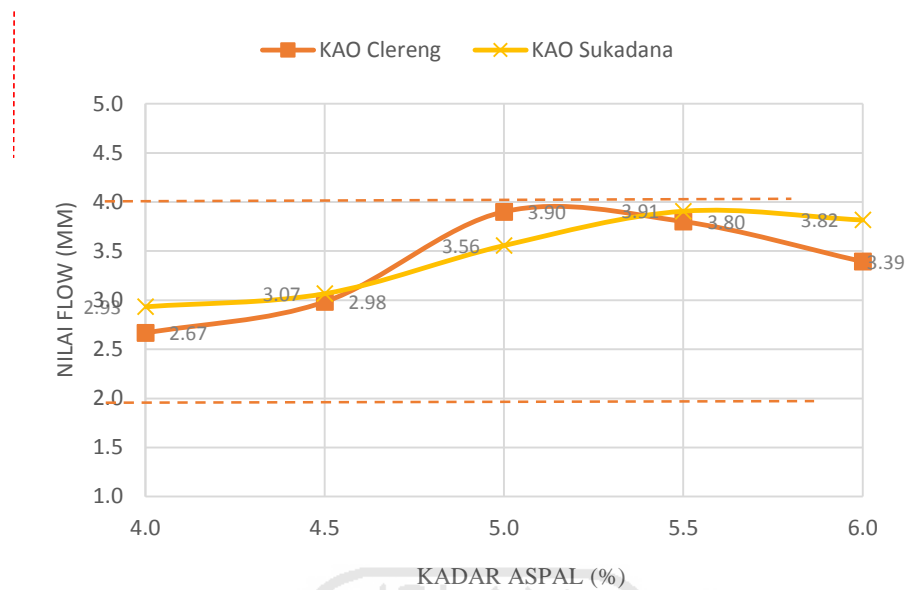
Dari hasil pengujian di atas dapat dilihat dari penggunaan kadar aspal 4%-6% pada campuran AC BC agregat Sukadana dan Clereng telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga, yaitu > 800 kg.

2. *Flow*

Flow atau kelelahan adalah besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya atau besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun.

Suatu campuran yang memiliki nilai *flow* tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung menjadi plastis dan mudah dibentuk, sedangkan campuran yang memiliki nilai *flow* rendah dan stabilitas tinggi cenderung kaku sehingga mudah mengalami retak atau getas apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya. Nilai *flow* dinyatakan dalam satuan milimeter (mm).

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *flow* pada berbagai kadar aspal dengan campuran agregat Sukadana dan Clereng seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Nilai *Flow* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal nilai *flow* mengalami peningkatan.. Hal ini disebabkan peningkatan kadar aspal pada campuran *AC BC* semakin meningkat.

Dari hasil pengujian dilaboratorium, diketahui bahwa pada campuran *AC BC* agregat Sukadana dengan kadar aspal 4 % memiliki nilai *flow* terendah yaitu sebesar 2,93 mm. Pada kadar aspal 4,5% nilai *flow* mengalami sedikit kenaikan yaitu sebesar 3,07 mm. Pada kadar aspal 5% nilai *flow* masih mengalami kenaikan yaitu sebesar 3,56 mm. Sedangkan nilai *flow* pada kadar aspal 5,5% masih mengalami kenaikan *flow* yaitu sebesar 3,91 mm. Pada kadar aspal 6% nilai *flow* mengalami penurunan,yaitu sebesar 3,82 mm.

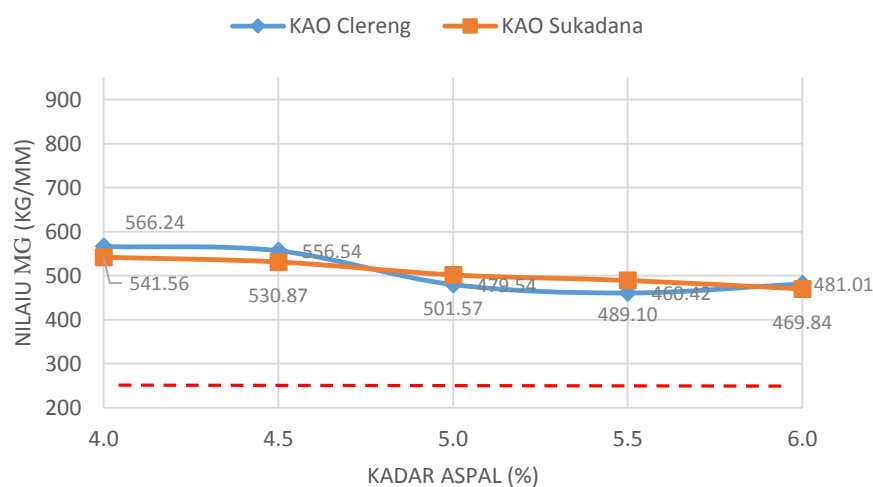
Dari hasil pengujian dilaboratorium, diketahui bahwa pada campuran *AC BC* agregat Clereng dengan kadar aspal 4 % memiliki nilai *flow* terendah yaitu sebesar 2,67 mm. Pada kadar aspal 4,5% nilai *flow* mengalami sedikit kenaikan yaitu sebesar 2,98 mm. Pada kadar aspal 5% nilai *flow* masih mengalami kenaikan yaitu sebesar 3,90 mm. Sedangkan nilai *flow* pada kadar aspal 5,5% masih mengalami penurunan *flow* yaitu sebesar 3,8 mm. Pada kadar aspal 6% nilai *flow* masih mengalami penurunan,yaitu sebesar 3,39 mm.

Namun nilai ini masih memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu dengan *range* nilai 2-4 mm. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai *flow* untuk campuran AC BC agregat Clereng dan Sukadana dengan kadar aspal 4% sampai 6% memenuhi standar spesifikasi Bina Marga.

3. Marshall Quotient

Nilai *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antar nilai stabilitas dan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Stabilitas yang tinggi dan *flow* yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut bersifat plastis dan apabila nilai stabilitas rendah dan nilai *flow* rendah akan membuat perkerasan menjadi lebih getas. Faktor-faktor *Marshall Quotient* adalah stabilitas dan *flow* sehingga faktor-faktor seperti bentuk agregat, gradasi agregat, daya lekat, kadar aspal, viskositas aspal, jumlah dan temperature pemadatan juga berpengaruh pada nilai *Marshall Quotient*.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *Marshall Quotient* pada campuran AC BC agregat Clereng dan Sukadana dengan berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Nilai *Marshall Quotient* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* pada campuran *AC BC* agregat Clereng mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal sampai batas optimum, kemudian mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena pada campuran aspal *AC BC* kadar aspal semakin meningkat dan juga dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*.

Dari hasil pengujian di laboratorium, diperoleh nilai *Marshall Quotient* pada campuran *AC BC* agregat Sukadana dengan kadar aspal 4% memiliki nilai *MQ* sebesar 541,56 kg/mm. Pada kadar aspal 4,5% mengalami penurunan nilai *Marshall Quotient* yaitu sebesar 530,87 kg/mm. Pada kadar aspal 5% nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan yaitu sebesar 501,57 kg/mm. Pada kadar aspal 5,5% nilai *Marshall Quotient* masih mengalami penurunan yaitu sebesar 489,10 kg/mm. Dan pada kadar aspal 6% mengalami penurunan nilai *MQ* yaitu sebesar 469,84 kg/mm.

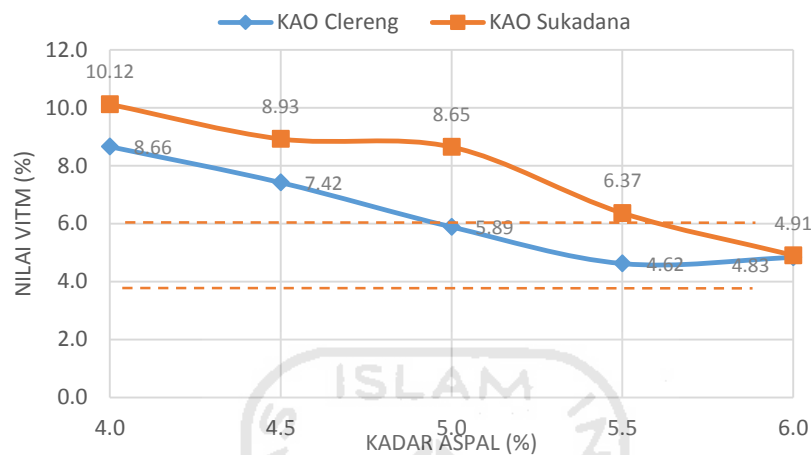
Dari hasil pengujian di laboratorium, diperoleh nilai *Marshall Quotient* pada campuran *AC BC* agregat Clereng dengan kadar aspal 4% memiliki nilai *MQ* sebesar 566,24 kg/mm. Pada kadar aspal 4,5% mengalami penurunan nilai *Marshall Quotient* yaitu sebesar 556,54 kg/mm. Pada kadar aspal 5% nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan yaitu sebesar 479,54 kg/mm. Pada kadar aspal 5,5% nilai *Marshall Quotient* masih mengalami penurunan yaitu sebesar 460,42 kg/mm. Dan pada kadar aspal 6% mengalami kenaikan nilai *MQ* yaitu sebesar 481,01 kg/mm.

Dari pengujian campuran *AC BC* agregat Sukadana dan Clereng dengan menggunakan kadar aspal 4% hingga 6% didapatkan bahwa pada semua campuran nilai *Marshall Quotient* memenuhi batas persyaratan Bina Marga yaitu > 250 kg/mm.

4. *VITM (Void in the Total Mix)*

VITM merupakan persentase banyaknya rongga yang terdapat dalam suatu campuran terhadap total volume aspal dan agregat. Nilai *VITM* akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. *VITM* yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VITM* pada berbagai kadar aspal campuran AC BC agregat Clereng dan Sukadana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Nilai *VITM* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan hasil grafik pada Gambar 5.4, diperoleh nilai *VITM* pada campuran AC BC agregat Sukadana mengalami penurunan. Pada kadar aspal 4% merupakan nilai *VITM* yang tertinggi yaitu sebesar 10,12 %. Pada kadar aspal 4,5% nilai *VITM* sebesar 8,93%. Nilai *VITM* pada kadar aspal 5% yaitu sebesar 8,65%. Pada kadar aspal 5,5% nilai *VITM* sebesar 6,37%. Pada kadar aspal 6% nilai *VITM* sebesar 4,91%. Dapat dilihat bahwa nilai *VITM* pada campuran AC BC agregat Sukadana yang memenuhi standar spesifikasi hanya pada kadar aspal 6%. Nilai *VITM* tidak memenuhi standar spesifikasi Bina Marga yaitu nilai *VITM* berkisar antara 3 - 5 %.

Berdasarkan hasil grafik pada Gambar 5.4 diperoleh nilai *VITM* pada campuran AC BC agregat Clereng dengan kadar aspal 4% merupakan yang tertinggi yaitu sebesar 8,66%. Pada kadar aspal 4,5% nilai *VITM* mengalami penurunan yaitu sebesar 7,42%. Nilai *VITM* pada kadar aspal 5% masih mengalami penurunan yaitu sebesar 5,89%. Pada kadar aspal 5,5% nilai *VITM* masih mengalami nilai *VITM* yaitu sebesar 4,62%. Pada kadar aspal 6% nilai *VITM* mengalami kenaikan yaitu 4,83%. Dapat dilihat bahwa nilai *VITM* pada semua campuran AC BC agregat Clereng dengan menggunakan kadar aspal 4,5%; 5%; dan 5,5% tidak memenuhi

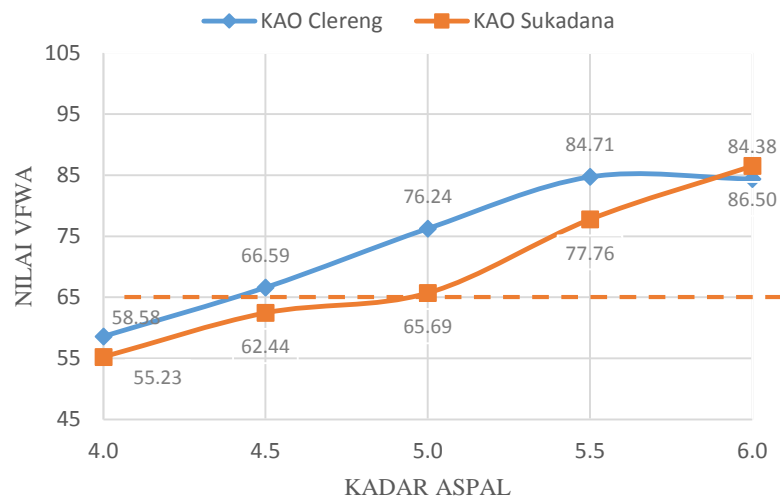
standar spesifikasi, namun pada kadar aspal 5,5% dan 6% nilai *VITM* telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga, yaitu dengan nilai *VITM* berkisar antara 3 - 5 %.

Dapat dilihat dalam grafik Gambar 5.4 bahwa nilai *VITM* campuran agregat Sukadana memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan campuran Clereng disebabkan oleh berat jenis agregat agregat agregat Sukadana lebih besar dibandingkan berat jenis agregat Clereng. Hal ini menunjukkan bahwa persentase banyaknya rongga yang terdapat dalam campuran agregat Sukadana lebih banyak dibandingkan agregat Clereng terhadap total volume aspal dan agregat.

5. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

VFWA (Void Filled With Asphalt) menunjukkan persentase rongga terisi aspal pada suatu campuran setelah dipadatkan. Besarnya nilai *VFWA* juga sebagai indikasi besarnya rongga yang terisi oleh aspal sehingga dapat mengetahui kedapatan suatu campuran terhadap air dan udara. Semakin tinggi nilai *VFWA* menunjukkan banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, namun nilai *VFWA* yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya *bleeding* karena rongga pada suatu campuran terlalu kecil sehingga saat menerima beban tinggi dan temperatur yang tinggi maka aspal akan mencari rongga, karena rongga sudah terisi maka memungkinkan aspal akan naik sehingga terjadi *bleeding*, sedangkan nilai *VFWA* yang terlalu rendah akan menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi karena kurang kedap sehingga air dan udara mudah masuk dalam campuran.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VFWA* pada campuran *AC BC* agregat Clereng dan Sukadana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Nilai *VFWA* pada Agregat Asal Sukadana dan Clereng

Dari hasil pengujian di laboratorium, diperoleh nilai *VFWA* pada campuran *AC BC* agregat Sukadana dengan kadar aspal 4% memiliki nilai paling rendah yaitu sebesar 55,23%. Kemudian pada kadar aspal 4,5% nilai *VFWA* mengalami kenaikan yaitu sebesar 62,44%. Nilai *VFWA* pada kadar aspal 5% juga mengalami kenaikan yaitu sebesar 66,69%. Pada kadar aspal 5,5% nilai *VFWA* mengalami kenaikan dan yaitu sebesar 77,76%. Pada kadar aspal 6% nilai *VFWA* mengalami penurunan yaitu 86,50%

Dari hasil pengujian di laboratorium, diperoleh nilai *VFWA* pada campuran *AC BC* agregat Clereng dengan kadar aspal 4% memiliki nilai paling rendah yaitu sebesar 58,58%. Kemudian pada kadar aspal 4,5% nilai *VFWA* mengalami kenaikan yaitu sebesar 66,59%. Nilai *VFWA* pada kadar aspal 5% juga mengalami kenaikan yaitu sebesar 76,24%. Pada kadar aspal 5,5% nilai *VFWA* mengalami kenaikan dan yaitu sebesar 84,71%. Pada kadar aspal 6% nilai *VFWA* mengalami penurunan yaitu 84,38%. Dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* pada campuran *AC BC* agregat Clereng dengan menggunakan kadar aspal 4,5%; 5%; 5,5% dan 6% memenuhi standar spesifikasi, namun pada kadar aspal 4% nilai *VFWA* tidak memenuhi standar spesifikasi Bina Marga, yaitu dengan nilai *VFWA* >65.

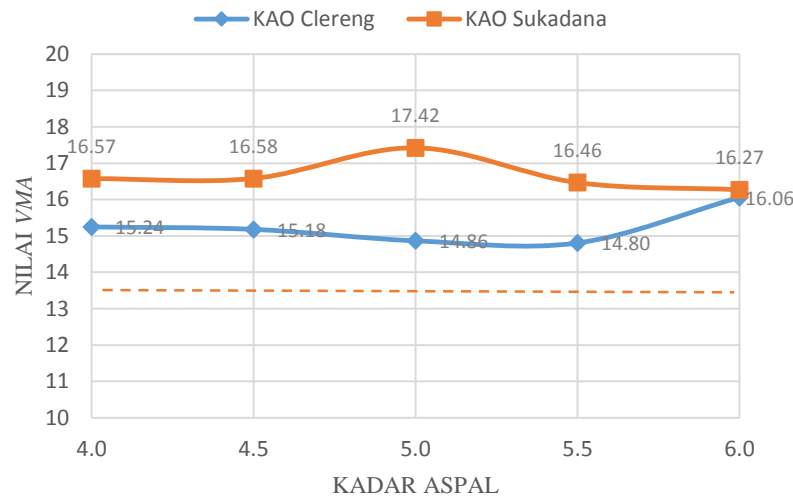
Dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* pada campuran *AC BC* agregat Clereng dengan menggunakan kadar aspal 5%; 5,5% dan 6% memenuhi standar spesifikasi, namun pada kadar aspal 4%; 4,5% nilai *VFWA* tidak memenuhi standar spesifikasi Bina Marga, yaitu dengan nilai *VFWA* > 65.

Nilai *VFWA* pada campuran agregat Clereng lebih besar dibandingkan nilai *VFWA* campuran agregat Sukadana, grafik itu menandakan bahwa campuran agregat Clereng memiliki rongga yang lebih besar yang dapat terisi oleh aspal. Hal ini disebabkan oleh berat jenis agregat campuran Sukadana lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis agregat Clereng.

6. *VMA (Void in Mineral Agregate)*

VMA menunjukkan persentase banyaknya pori antara butir-butir agregat dalam campuran, atau bisa dinyatakan sebagai persentase rongga yang dapat ditempati aspal dan udara. Nilai *VMA* pada umumnya mengalami penurunan sampai batas maksimum dan akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal. Semakin rendah nilai *VMA* maka kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin rendah, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang tidak terisi aspal. Namun nilai *VMA* yang terlalu rendah mengakibatkan lapisan kurang dapat mengikat aspal dan mudah retak, sebaliknya nilai *VMA* yang tinggi akan menyebabkan aspal pada campuran akan naik dan mudah mengalami *bleeding*. Nilai *VMA* dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah tumbukan dan kadar aspal. Semakin tinggi nilai *VMA* maka kedap campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VMA* pada campuran *AC BC* agregat Clereng dan Sukadana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.6 Nilai *VMA* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Dari hasil pengujian di laboratorium, diperoleh nilai *VMA* pada campuran *AC BC* pada agregat Sukadana dengan kadar aspal 4% memiliki nilai *VMA* sebesar 16,57%. Pada kadar aspal 4,5% nilai *VMA* sebesar 16,58%. Pada kadar aspal 5% nilai *VMA* masih mengalami kenaikan yaitu sebesar 17,42%. Nilai *VMA* pada kadar aspal 5,5% masih mengalami penurunan yaitu sebesar 16,46%. Pada kadar aspal 6% nilai *VMA* mengalami kenaikan sebesar 16,27 %. Dapat dilihat bahwa nilai *VMA* pada campuran *AC BC* agregat Sukadana memenuhi standar spesifikasi Bina Marga, yaitu dengan nilai *VMA* > 14.

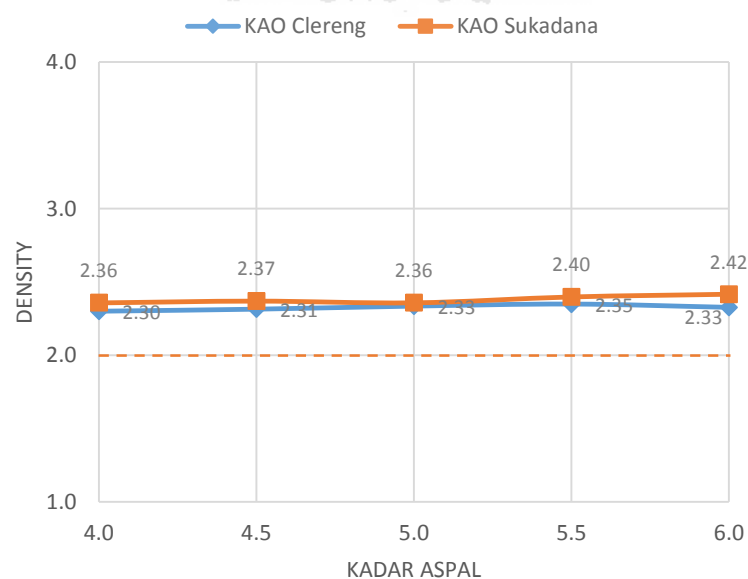
Dari hasil pengujian di laboratorium, diperoleh nilai *VMA* pada campuran *AC BC* pada agregat Clereng dengan kadar aspal 4% memiliki nilai *VMA* sebesar 15,24%. Pada kadar aspal 4,5% nilai *VMA* mengalami penurunan yaitu sebesar 15,18%. Pada kadar aspal 5% nilai *VMA* masih mengalami penurunan yaitu sebesar 14,86%. Nilai *VMA* pada kadar aspal 5,5% masih mengalami penurunan yaitu sebesar 14,80%. Pada kadar aspal 6% nilai *VMA* mengalami kenaikan sebesar 16,06%. Dapat dilihat bahwa nilai *VMA* pada campuran *AC BC* agregat Clereng memenuhi standar spesifikasi Bina Marga, yaitu dengan nilai *VMA* > 14.

Nilai *VMA* campuran agregat asal Sukadana lebih besar dibandingka nilai *VMA* campuran agregat Sukadana, menunjukkan bahwa presentase banyaknya pori dalam campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan campuran agregat Clereng. Hal ini disebabkan oleh sifat fisik batuan.

7. *Density* (Kepadatan)

Density menunjukkan kepadatan suatu campuran setelah mengalami pemadatan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan kerapatanya semakin baik. Nilai dari *density* dipengaruhi oleh bahan penyusun, gradasi campuran, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, kadar aspal suatu campuran. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memiliki nilai *density* yang rendah. Nilai *density* juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai *density* maka semakin rapat suatu campuran sehingga menjadi semakin kedap terhadap air dan udara.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *density* pada campuran AC BC agregat Clereng dan Sukadana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut ini.



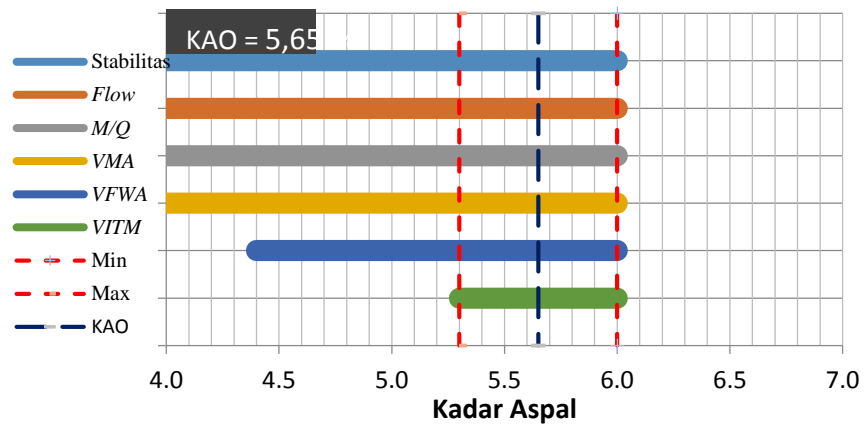
Gambar 5.7 Nilai *Density* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Dari hasil pengujian di laboratorium, diperoleh nilai *density* pada campuran AC BC pada agregat Clereng dengan kadar aspal 4% memiliki nilai *density* sebesar 2,36 gr/cc. Pada kadar aspal 4,5% nilai *density* sebesar 2,37 gr/cc. Pada kadar aspal 5% nilai *density* sebesar 2,36 gr/cc. Nilai *density* pada kadar aspal 5,5% sebesar 2,40 gr/cc. Pada kadar aspal 6% nilai *density* sebesar 2,42 gr/cc. Dapat dilihat bahwa nilai *density* pada campuran AC BC agregat Clereng memenuhi standar spesifikasi Bina Marga, yaitu dengan nilai *density* > 2.

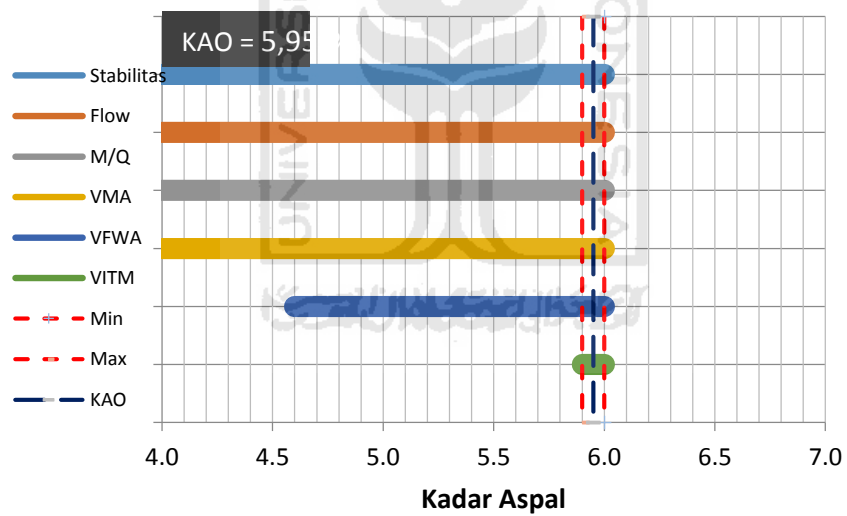
Dari hasil pengujian di laboratorium, diperoleh nilai *density* pada campuran AC BC pada agregat Sukadana dengan kadar aspal 4% memiliki nilai *density* sebesar 2,36 gr/cc. Pada kadar aspal 4,5% nilai *density* sebesar 2,37 gr/cc. Pada kadar aspal 5% nilai *density* sebesar 2,36 gr/cc. Nilai *density* pada kadar aspal 5,5% sebesar 2,40 gr/cc. Pada kadar aspal 6% nilai *density* sebesar 2,42 gr/cc. Dapat dilihat bahwa nilai *density* pada campuran AC BC agregat Sukadana memenuhi standar spesifikasi Bina Marga, yaitu dengan nilai *density* > 2.

Hasil dari analisis data digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum ditentukan dengan melihat setiap karakteristik pada hasil pengujian *Marshall* yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran.

Hasil dari analisis data pengujian *Marshall* diperoleh nilai – nilai karakteristik berupa stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void in the Total Mix*), MQ (*Marshall Quotient*) dan *Density* pada agregat asal Clereng dan Sukadana. Berdasarkan nilai yang didapat, dibuat grafik dan dibandingkan dengan spesifikasi yang telah ditentukan, kemudian akan diperoleh *range* letak kadar optimum. Hasil dari analisis data masing-masing agregat yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum yang dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9.



Gambar 5.8 Grafik Kadar Aspal Optimum Agregat Clereng



Gambar 5.9 Grafik Kadar Aspal Optimum Agregat Sukadana

Hasil rekapitulasi kadar aspal optimum pada campuran AC BC agregat Clereng dan Sukadana dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.11 Rekapitulasi KAO

Jenis Agregat	Clereng	Sukadana
<i>Range</i> KAO	5,30 % - 6%	5,9% - 6%
Nilai KAO	5,65%	5,95%

Berdasarkan grafik kadar aspal optimum pada Gambar 5.8 dan 5.9 didapatkan nilai kadar aspal optimum pada agregat asal Sukadana adalah 5,95% sedangkan nilai kadar aspal optimum pada agregat asal Clereng adalah 5,65%. Nilai kadar aspal tersebut yang digunakan untuk melakukan penelitian selanjutnya. Kadar aspal optimum dengan menggunakan agregat Sukadana lebih besar dibandingkan dengan menggunakan agregat Clereng disebabkan berat jenis agregat Sukadana lebih besar dibandingkan agregat Clereng yaitu berat jenis agregat kasar Sukadana sebesar 2,77 sedangkan agregat Clereng sebesar 2,57. Penyerapan agregat Sukadana terhadap air lebih besar dibandingkan agregat Clereng yaitu 2,53% sedangkan agregat Clereng sebesar 2,46%. Textur agregat Sukadana lebih pipih dan bersudut namun sedikit berongga dibandingkan agregat Clereng sehingga memiliki ikatan yang kuat antar agregat satu dengan lainnya.

5.3.5 Pembahasan Perbandingan Karakteristik *Marshall Standard* pada KAO antara Agregat Asal Clereng dengan Sukadana

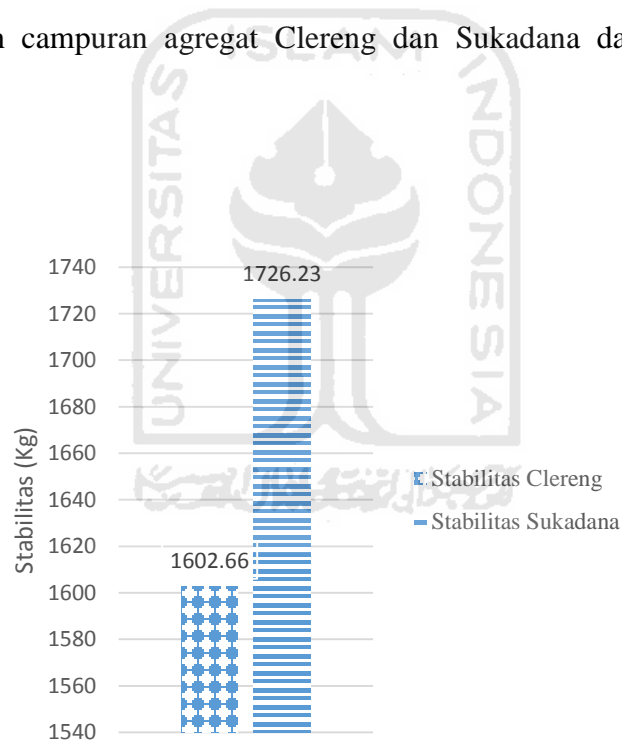
Pengujian *Marshall Standard* bertujuan untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Ketahanan adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dengan kilogram atau pound atau kilo newton. Sedangkan kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inci. Pada pengujian ini akan dilakukan analisis perbandingan campuran AC BC

dengan menggunakan agregat asal Clereng dan Sukadana untuk mengetahui nilai karakteristik yang terdapat dalam *Marshall Standard*.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk (*deformasi*) seperti gelombang, alur atau bleeding. Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, Stabilitas adalah kemampuan bitumen dalam menerima beban dari alat uji *Marshall* sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam satuan kilogram.

Hasil perbandingan pengujian *Marshall Standard* untuk menentukan nilai stabilitas dengan campuran agregat Clereng dan Sukadana dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Perbandingan Stabilitas pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Pada pengujian *Marshall Standard* didapatkan nilai stabilitas campuran AC BC dengan menggunakan agregat yang berasal dari Clereng sebesar 1602.66 kg, sedangkan stabilitas campuran AC BC dengan menggunakan agregat yang berasal dari Sukadana sebesar 1726,23 kg. Hal ini disebabkan berat jenis agregat Sukadana lebih besar dibandingkan berat jenis agregat Clereng yaitu 2,77%, sedangkan

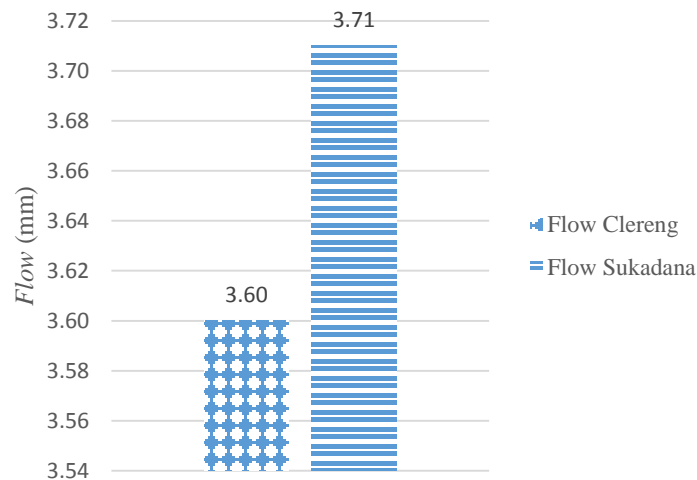
agregat Clereng 2,57%. Selain itu bentuk agregat Sukadana yang lebih pipih dan bersudut sehingga mempunyai ikatan yang kuat antara agregat satu dengan lainnya. Dengan demikian kemampuan campuran beton aspal dengan menggunakan agregat Sukadana lebih mampu menahan beban sampai terjadi deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan bentuk dibandingkan campuran beton aspal menggunakan agregat Clereng. Namun keduanya telah memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk nilai stabilitas yaitu > 800 kg.

Pengaruh pemadatan terhadap stabilitas dapat terlihat dimana semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka semakin besar stabilitas yang terjadi hingga titik maksimal kemudian stabilitas turun. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah tumbukan yang mengakibatkan gesekan antar butir agregat (*interlocking*) dan rongga udara dalam campuran mengecil sehingga campuran menjadi padat dan nilai stabilitas meningkat hingga titik maksimum dan stabilitas turun ketika pemadatan berlebih sehingga antar agregat membuat agregat hancur.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai stabilitas dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan (Kalimantan Tengah) untuk campuran AC-WC dengan KAO variasi 1 sebesar 5,9%, variasi 2 sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai stabilitas masing-masing 956,4 kg, 779,4 kg, dan 1019,8 kg.

2. *Flow*

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana data *Marshal Standard* terhadap parameter *Flow* ditunjukkan pada Gambar 5.11.



Gambar 5.10 Perbandingan *Flow* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 menunjukkan perbandingan nilai *flow* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *flow* pada campuran agregat Clereng sebesar 3,60 mm sedangkan nilai *flow* pada campuran agregat Sukadana sebesar 3,71 mm. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *flow* Sukadana lebih besar dari nilai *flow* Clereng. Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 menunjukkan nilai *flow* pada campuran agregat Sukadana memiliki penurunan atau deformasi yang lebih besar dibandingkan campuran agregat Clereng yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya atau besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun. Sehingga campuran agregat Sukadana memiliki kelelahan plastis lebih tinggi dibandingkan campuran agregat Clereng, sehingga cenderung bersifat lebih plastis.

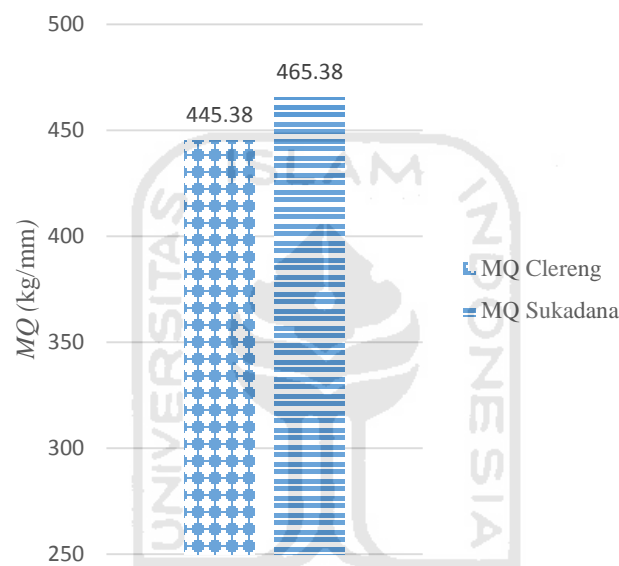
Pada Gambar 5.10 menunjukkan bahwa nilai *flow* campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan campuran agregat Clereng, hal ini disebabkan oleh berat jenis agregat Sukadana dan KAO Sukadana lebih besar dibandingkan dengan jenis campuran menggunakan agregat asal Clereng.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai *flow* dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan (Kalimantan Tengah) untuk campuran AC-WC dengan KAO variasi 1 sebesar 3,3mm, variasi 2

sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai stabilitas masing-masing 3,3 mm, 3,2 mm, 3,0 mm.

3. *Marshall Quotient*

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana data *Marshall Standard* terhadap parameter *Marshall Quotient* ditunjukkan pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Perbandingan nilai *Marshall Quotient* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

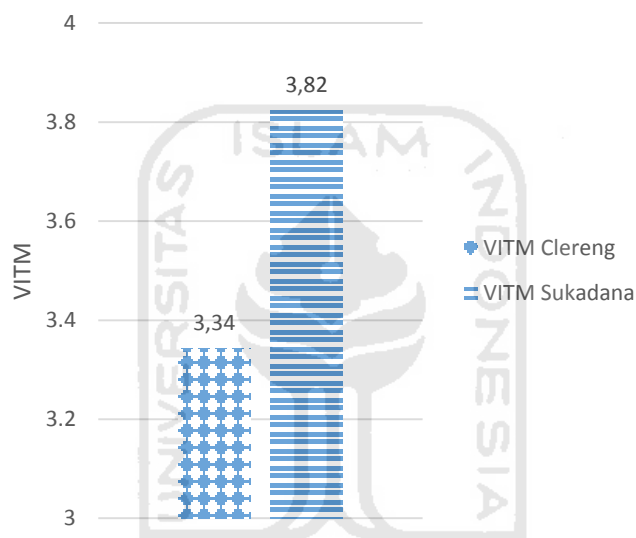
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.11 menunjukkan perbandingan nilai *Marshall Quotient* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *Marshall Quotient* pada campuran agregat Clereng sebesar 445,38 kg/mm sedangkan nilai *Marshall Quotient* pada campuran agregat Sukadana sebesar 465,38 kg/mm. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* Sukadana lebih besar dari pada nilai *Marshall Quotient* Clereng. *Marshall Quotient* diperoleh dari perbandingan nilai stabilitas dengan nilai *flow*, karena nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas terhadap *flow*.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai *Marshall Quotient* dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan

(Kalimantan Tengah) untuk campuran AC-WC dengan KAO variasi 1 sebesar 5,9%, variasi 2 sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai *Marshall Quotient* masing-masing 238,3 kg/mm, 200,7 kg/mm, dan 259,4 kg/mm.

4. *VITM (Void in the Total Mix)*

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *VITM* pada karakteristik *Marshall Standard* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.12 berikut ini.



Gambar 5.12 Perbandingan nilai *VITM* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.12 menunjukkan perbandingan nilai *VITM* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *VITM* pada campuran agregat Sukadana sebesar 3,82% sedangkan nilai *VITM* pada campuran agregat Clereng sebesar 3,34 %. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *VITM* Sukadana lebih besar dari pada nilai *VITM* Clereng. *VITM* dalam campuran agregat Sukadana memiliki persentase rongga yang terdapat dalam suatu campuran terhadap total volume aspal dan agregat lebih banyak dibandingkan *VITM* dalam campuran agregat Clereng. Jika nilai *VITM* semakin kecil berarti aspal yang terdapat dalam suatu campuran dapat mengisi rongga-rongga antar agregat, jika nilai *VITM* kurang dari batas minimum maka itu berarti kadar aspalnya besar dan ini akan berpotensi

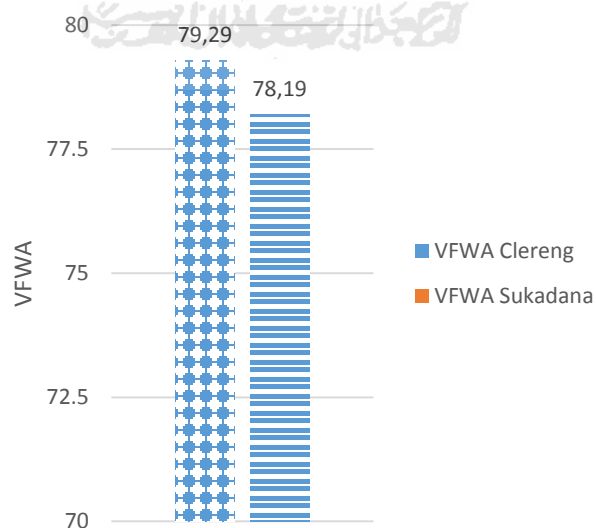
terjadinya *bleeding* dimana aspal akan mengalir diantara rongga agregat ketika temperatur tinggi dan saat menerima beban.

Dapat dilihat dalam grafik Gambar 5.12 bahwa nilai *VITM* campuran agregat Sukadana memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan campuran Clereng disebabkan oleh kadar aspal pada campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan campuran agregat Sukadana yaitu 5,95% sedangkan kadar aspal campuran agregat Clereng 5,65%.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai *VITM* dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan (Kalimantan Tengah) untuk campuran AC-WC dengan KAO variasi 1 sebesar 5,9%, variasi 2 sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai *VITM* masing-masing 3,8%, 4,8%, 4,5%.

5. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *VFWA* pada karakteristik *Marshall Standard* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.13 berikut ini.



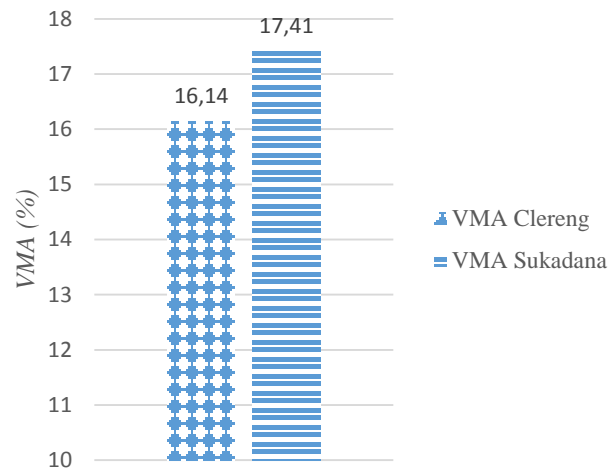
Gambar 5.13 Perbandingan nilai *VFWA* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.13 menunjukkan perbandingan nilai *VFWA* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *VFWA* pada campuran agregat Sukadana sebesar 78,19% sedangkan nilai *VFWA* pada campuran agregat Clereng sebesar 79,29%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *VFWA* Clereng lebih besar dari pada nilai *VFWA* Sukadana. Nilai *VFWA* dalam campuran agregat Clereng memiliki nilai persentase rongga terisi aspal pada suatu campuran setelah dipadatkan lebih besar dibandingkan *VFWA* dalam campuran agregat asal Sukadana. Besarnya nilai *VFWA* juga sebagai indikasi besarnya rongga yang terisi oleh aspal sehingga dapat mengetahui kedekatan suatu campuran terhadap air dan udara. Semakin tinggi nilai *VFWA* menunjukan banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, namun nilai *VFWA* yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya *bleeding* karena rongga pada suatu campuran terlalu kecil sehingga saat menerima beban tinggi dan temperatur yang tinggi maka aspal akan mencari rongga, karena rongga sudah terisi maka memungkinkan aspal akan naik sehingga terjadi *bleeding*, sedangkan nilai *VFWA* yang terlalu rendah akan menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi karena kurang kedap sehingga air dan udara mudah masuk dalam campuran.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai *VFWA* dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan (Kalimantan Tengah) untuk campuran *AC-WC* dengan *KAO* variasi 1 sebesar 5,9%, variasi 2 sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai *VFWA* masing-masing 75,6%, 71,0%, dan 70,8%.

6. *VMA (Void in Mineral Agregate)*

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *VMA* pada karakteristik *Marshall Standard* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.14 berikut ini.



Gambar 5.14 Perbandingan nilai *VMA* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

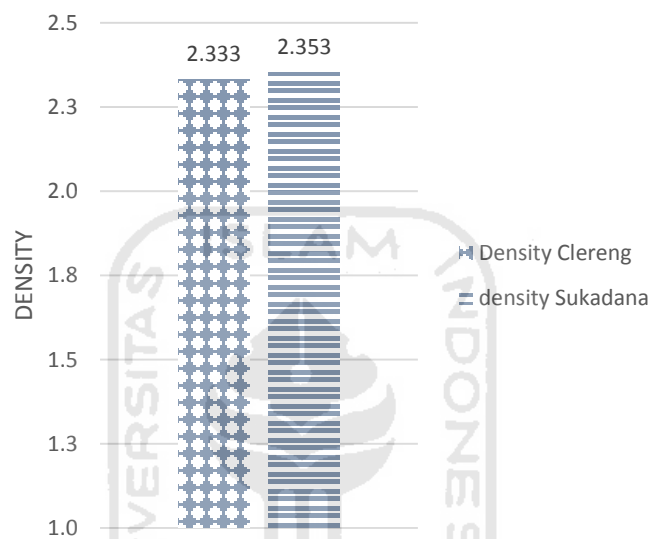
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.14 menunjukkan perbandingan nilai *VMA* pada campuran agregat asal Sukadana dan Clereng. Nilai *VMA* pada campuran agregat Sukadana sebesar 17,41% sedangkan nilai *VMA* pada campuran agregat Clereng sebesar 16,14%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *VMA* Sukadana lebih besar dari pada nilai *VMA* Clereng, hal ini menunjukkan bahwa presentase banyaknya pori dalam campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan campuran agregat Clereng. Hal ini disebabkan oleh sifat fisik batuan yaitu gradasi agregat.

Persentase banyaknya pori antara butir-butir agregat dalam campuran, atau bisa dinyatakan sebagai persentase rongga yang dapat ditempati aspal dan udara pada campuran agregat Sukadana lebih besar dari pada campuran agregat Clereng. Semakin tinggi nilai *VMA* maka kedap campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai *VMA* dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan (Kalimantan Tengah) untuk campuran AC-WC dengan KAO variasi 1 sebesar 5,9%, variasi 2 sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai *VMA* masing-masing 15,6%, 16,1%, dan 15,4%.

7. Density

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *density* pada karakteristik *Marshall Standard* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.15 berikut ini.



Gambar 5.15 Perbandingan nilai *density* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

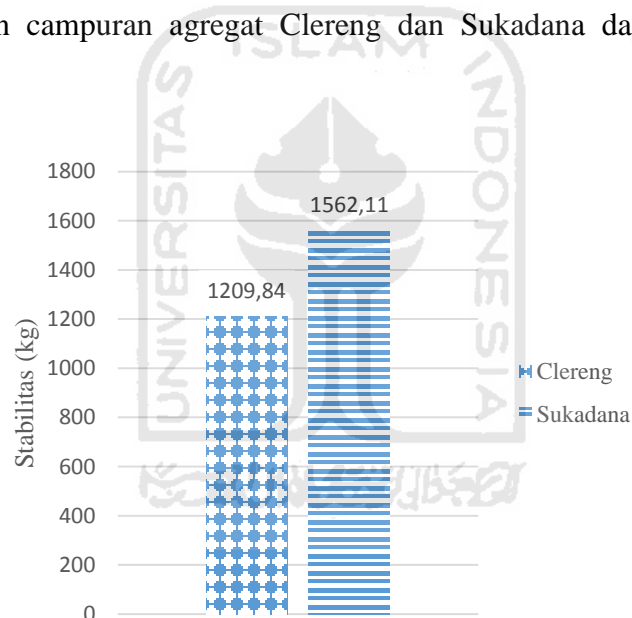
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.15 menunjukkan perbandingan nilai *density* pada campuran agregat asal Sukadana dan Clereng. Nilai *density* pada campuran agregat Sukadana sebesar 2,35 gr/cc sedangkan nilai *density* pada campuran agregat Clereng sebesar 2,33 gr/cc. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *density* Sukadana lebih besar dari pada nilai *density* Clereng. Sehingga nilai kepadatan campuran agregat Sukadana memiliki nilai kerapatan yang sedikit lebih besar dibandingkan agregat Clereng. Hal ini dipengaruhi oleh gradasi bahan dan jumlah kadar aspal optimum agregat Sukadana lebih besar dibandingkan agregat Sukadana.

5.3.6 Pembahasan Perbandingan Karakteristik *Marshall Immersion* pada KAO antara Agregat Asal Clereng dengan Sukadana

Immersion test atau uji perendaman sama dengan uji *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Lama waktu perendahan benda uji pada pengujian ini adalah 24 jam pada suhu konstan 60°C. Hal ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas campuran aspal terhadap pengaruh suhu, cuaca dan air.

1. Stabilitas

Hasil perbandingan pengujian *Marshall Immersion* untuk menentukan nilai stabilitas dengan campuran agregat Clereng dan Sukadana dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Perbandingan Stabilitas pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

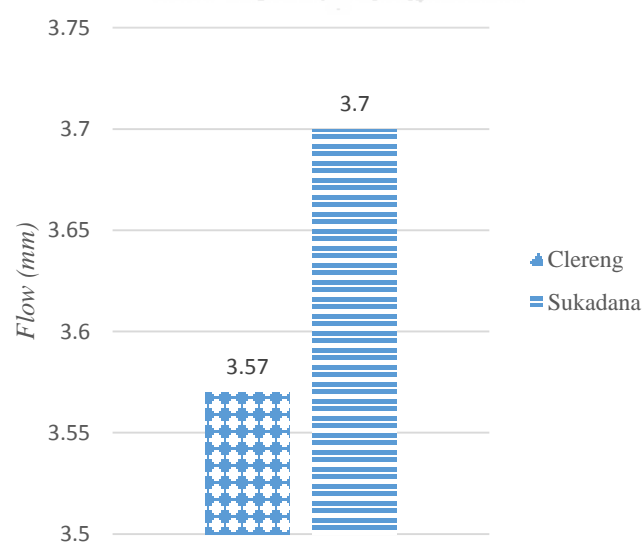
Pada pengujian *Marshall Immersion* didapatkan nilai stabilitas campuran AC BC dengan menggunakan agregat yang berasal dari Sukadana sebesar 1562,11 kg, sedangkan stabilitas campuran AC BC dengan menggunakan agregat yang berasal dari Clereng sebesar 1209,84 kg. Hal ini disebabkan berat jenis agregat Sukadana lebih besar dibandingkan berat jenis agregat Clereng yaitu 2,77%, sedangkan agregat Clereng 2,57%. KAO aspal yang digunakan pada pengujian ini lebih besar

KAO dengan campuran agregat Sukadana dibandingkan KAO campuran agregat Clereng. Selain itu bentuk agregat Sukadana yang lebih pipih dan bersudut sehingga mempunyai ikatan yang kuat antara agregat satu dengan lainnya. Dengan demikian kemampuan campuran beton aspal dengan menggunakan agregat Sukadana lebih mampu menahan beban sampai terjadi deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan bentuk dibandingkan campuran beton aspal menggunakan agregat Clereng. Pada pengujian *Marshall Immersion* pada parameter stabilitas hasil analisis menggunakan uji statistika *Anova* menunjukkan hasil yang tidak signifikan.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai *stability* dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan (Kalimantan Tengah) untuk campuran AC-WC dengan KAO variasi 1 sebesar 5,9%, variasi 2 sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai *stability* masing-masing 857,1 kg, 702,3 kg, dan 898,8 kg.

2. Flow

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana data *Marshall Immersion* terhadap parameter *Flow* ditunjukkan pada Gambar 5.17.



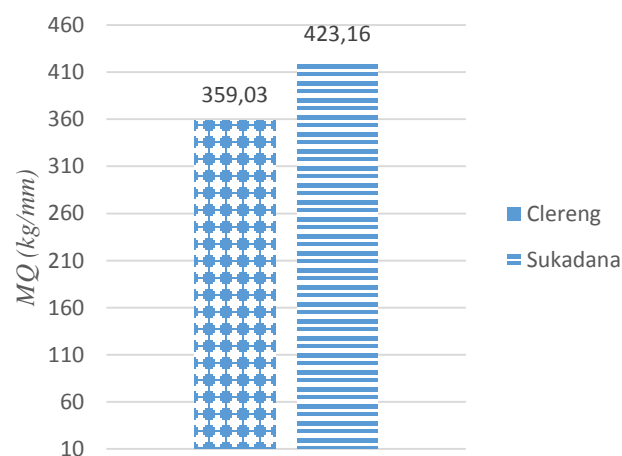
Gambar 5.17 Perbandingan *Flow* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.17 menunjukkan perbandingan nilai *flow* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *flow* pada campuran agregat Sukadana sebesar 3,7 mm sedangkan nilai *flow* pada campuran agregat Clereng sebesar 3,57 mm. Sehingga campuran agregat Sukadana memiliki kelelahan plastis lebih tinggi dibandingkan campuran agregat Clereng, sehingga cenderung bersifat lebih plastis. Hal ini disebabkan oleh berat jenis agregat Sukadana lebih besar dibandingkan berat jenis Clereng. Pada pengujian *Marshall Immersion* pada parameter *Flow* hasil analisis menggunakan uji statistika *Anova* menunjukkan hasil yang tidak signifikan.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai *Flow* dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan (Kalimantan Tengah) untuk campuran AC-WC dengan KAO variasi 1 sebesar 5,9%, variasi 2 sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai *Flow* masing-masing 3,6%, 3,5% dan 3,5%.

3. Marshall Quotient

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana data *Marshall Immersion* terhadap parameter *Marshall Quotient* ditunjukkan pada Gambar 5.18.

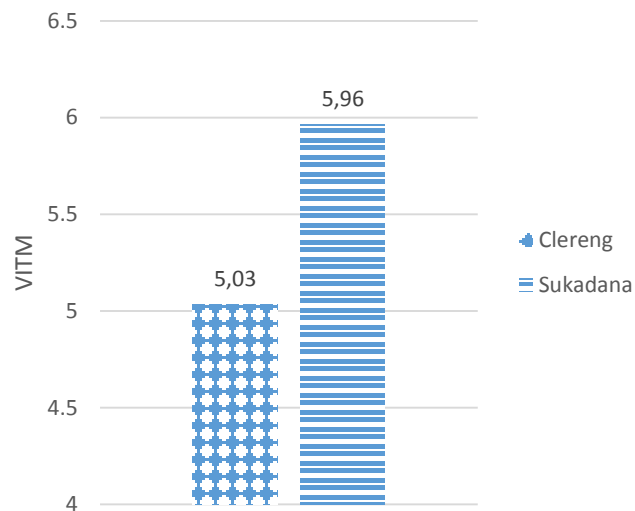


Gambar 5.17 Perbandingan nilai *Marshall Quotient* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.17 menunjukkan perbandingan nilai *Marshall Quotient* pada campuran agregat asal Sukadana dan Clereng. Nilai *Marshall Quotient* pada campuran agregat Sukadana sebesar 423,16 kg/ mm sedangkan nilai *Marshall Quotient* pada campuran agregat Clereng sebesar 359,03 kg/mm. Hal ini disebabkan oleh bentuk agregat Sukadana yang lebih pipih dibandingkan agregat Clereng sehingga memiliki ikatan antar agregat yang lebih besar dibandingkan agregat Clereng, jumlah agregat Sukadana yang lebih banyak dibandingkan agregat Clereng karena campuran agregat Sukadana memiliki nilai KAO yang lebih besar dibandingkan campuran agregat Clereng dan hasil perbandingan dari nilai stabilitas dan *flow*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* Sukadana lebih besar dari pada nilai *Marshall Quotient* Clereng. *Marshall Quotient* diperoleh dari perbandingan nilai stabilitas dengan nilai *flow*, karena nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas terhadap *flow*. Pada pengujian *Marshall Immersion* pada parameter *Marshall Quotient* hasil analisis menggunakan uji statistika *Anova* menunjukkan hasil yang tidak signifikan.

4. *VITM (Void in the Total Mix)*

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *VITM* pada karakteristik *Marshall Immersion* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.19 berikut ini.



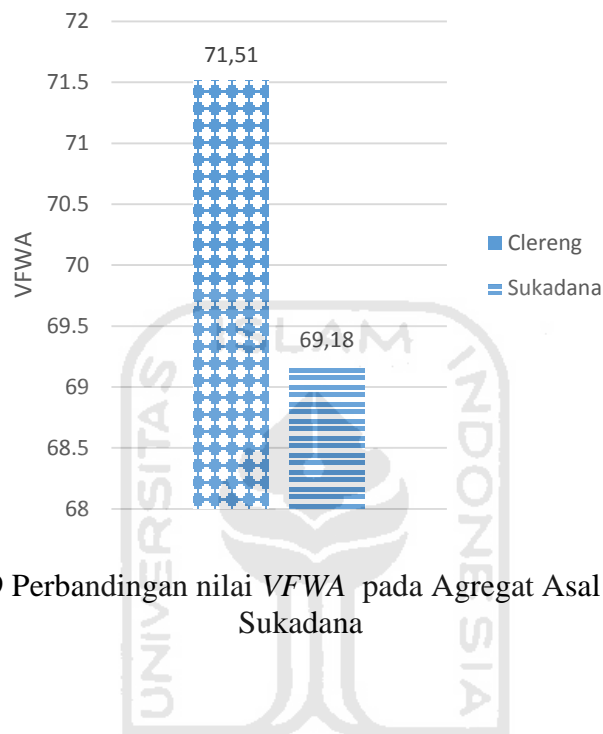
Gambar 5.19 Perbandingan nilai *VITM* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.19 menunjukkan perbandingan nilai *VITM* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *VITM* pada campuran agregat Clereng sebesar 5,03% sedangkan nilai *VITM* pada campuran agregat Sukadana sebesar 5,96%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *VITM* Sukadana lebih besar dari pada nilai *VITM* Clereng. *VITM* dalam campuran agregat Sukadana memiliki persentase rongga yang terdapat dalam suatu campuran terhadap total volume aspal dan agregat lebih banyak dibandingkan *VITM* dalam campuran agregat Clereng.

Dapat dilihat dalam grafik Gambar 5.19 bahwa nilai *VITM* campuran agregat Sukadana memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan campuran Clereng disebabkan oleh kadar aspal pada campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan campuran agregat Sukadana yaitu 5,95% sedangkan kadar aspal campuran agregat Clereng 5,65%, berat jenis agregat agregat Sukadana lebih besar dibandingkan berat jenis agregat Clereng dan penyerapan agregat terhadap air agregat Sukadana lebih besar dibandingkan Clereng yaitu 2,63% sedangkan penyerapan air terhadap agregat Clereng sebesar 2,46%. Pada pengujian *Marshall Immersion* pada parameter *Marshall Quotient* hasil analisis menggunakan uji statistika *Anova* menunjukkan hasil yang tidak signifikan.

5. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *VFWA* pada karakteristik *Marshall immersion* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.20 berikut ini.



Gambar 5.19 Perbandingan nilai *VFWA* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

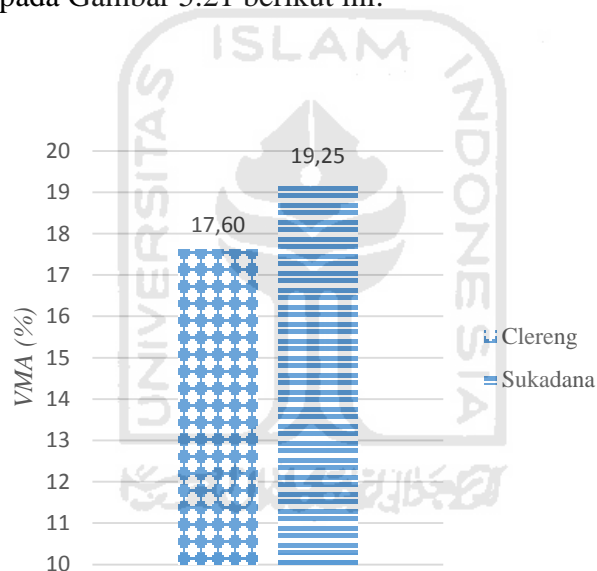
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.20 menunjukkan perbandingan nilai *VFWA* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *VFWA* pada campuran agregat Clereng sebesar 71,51 % sedangkan nilai *VFWA* pada campuran agregat Sukadana sebesar 69,18 %. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *VFWA* Clereng lebih besar dari pada nilai *VFWA* Sukadana. Nilai *VFWA* dalam campuran agregat Clereng memiliki nilai persentase rongga terisi aspal pada suatu campuran setelah dipadatkan lebih besar dibandingkan *VFWA* dalam campuran agregat asal Sukadana.

Nilai *VFWA* pada campuran agregat Clereng lebih besar dibandingkan nilai *VFWA* campuran agregat Sukadana, grafik itu menandakan bahwa campuran agregat Clereng memiliki rongga yang lebih besar yang dapat terisi oleh aspal. Hal ini disebabkan oleh berat jenis agregat campuran Sukadana lebih kecil

dibandingkan dengan berat jenis agregat Clereng, *texture* permukaan agregat Sukadana kesat sehingga saling terkunci antar agregat lainnya. Setelah campuran dipadatkan presentase rongga yang terisi aspal pada campuran Sukadana lebih sedikit dibandingkan campuran Clereng. Pada pengujian *Marshall Immersion* pada parameter *VFWA* hasil analisis menggunakan uji statistika *Anova* menunjukkan hasil yang tidak signifikan

6. VMA (*Void in Mineral Agregate*)

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *VMA* pada karakteristik *Marshall Immersion* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.21 berikut ini.



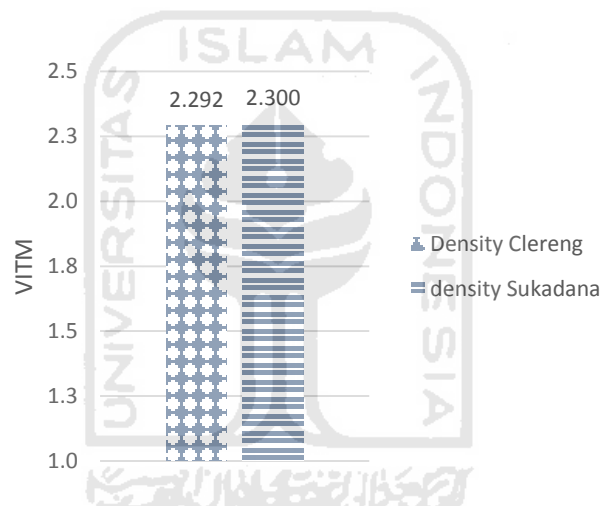
Gambar 5.21 Perbandingan nilai *VMA* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.21 menunjukkan perbandingan nilai *VMA* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *VMA* pada campuran agregat Clereng sebesar 17,60% sedangkan nilai *VMA* pada campuran agregat Sukadana sebesar 19,25%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *VMA* Sukadana lebih besar dari pada nilai *VMA* Clereng. Persentase banyaknya pori antara butir-butir agregat dalam campuran, atau bisa dinyatakan sebagai persentase rongga yang dapat ditempati aspal dan udara pada campuran agregat Sukadana

lebih besar dari pada campuran agregat Clereng. Semakin tinggi nilai *VMA* maka kedap campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal. Pada pengujian *Marshall Immersion* pada parameter *VMA* hasil analisis menggunakan uji statistika *Anova* menunjukkan hasil yang tidak signifikan.

7. *Density*

Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *density* pada karakteristik *Marshall Immersion* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.22 berikut ini.

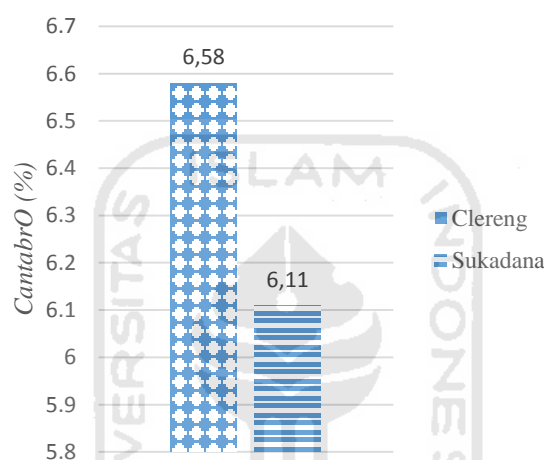


Gambar 5.22 Perbandingan nilai *density* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.22 menunjukkan perbandingan nilai *density* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *density* pada campuran agregat Clereng sebesar 2,29 gr/cc sedangkan nilai *density* pada campuran agregat Sukadana sebesar 2,35 gr/cc. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *density* Sukadana lebih besar dari pada nilai *density* Clereng. Sehingga nilai kepadatan campuran agregat Sukadana memiliki nilai kerapatan yang lebih besar dibandingkan agregat Clereng. Hal ini dipengaruhi oleh gradasi bahan dan jumlah kadar aspal optimum agregat Sukadana lebih besar dibandingkan agregat Sukadana.

5.3.7 Pembahasan Perbandingan Karakteristik *Cantabro Test* pada KAO antara Agregat Asal Clereng dengan Sukadana

Pengujian *Cantabro* bertujuan untuk mengetahui ketahanan terhadap benturan dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi menggunakan mesin *Los Angeles*. Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *Cantabro* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.24 berikut ini.



Gambar 5.21 Perbandingan nilai *Cantabro Test* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

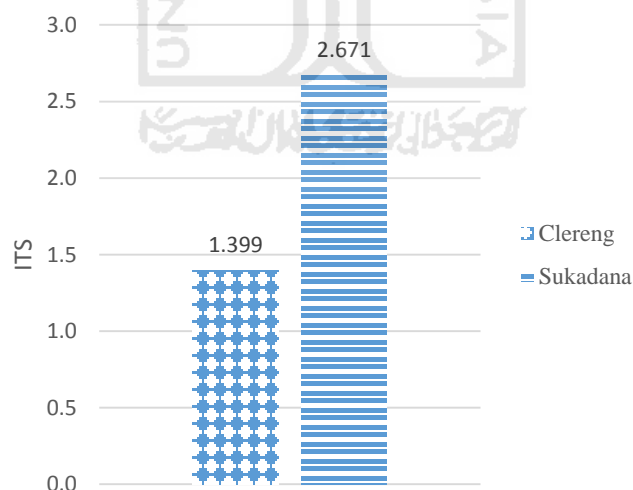
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.21 menunjukkan perbandingan nilai *Cantabro Test* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *Cantabro Test* pada campuran agregat Clereng sebesar 6.11% sedangkan nilai *Cantabro Test* pada campuran agregat Sukadana sebesar 6.58%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *Cantabro Test* pada campuran agregat Clereng lebih besar dari pada nilai *Cantabro Test* pada campuran agregat Sukadana. Hal Ini disebabkan karna berat jenis agregat Sukadana lebih besar dibandingkan berat jenis agregat Clereng, sehingga ketahanan campuran agregat Sukadana lebih mampu mempertahankan terhadap benturan cenderung terhadap keausan lebih besar dibandingkan campuran agregat Clereng. Hal ini dapat dibuktikan pada *ITS* test yang menunjukkan nilai *ITS* campuran Sukadana lebih besar dibandingkan *ITS* campuran Clereng. Pada

pengujian *Cantabro Test* hasil analisis menggunakan uji statistika *Anova* menunjukkan hasil yang tidak signifikan.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damek, 2004 nilai *Cantabro Test* dengan menggunakan batu Tangkling dan pasir Sungai Khayan (Kalimantan Tengah) untuk campuran *AC-WC* dengan KAO variasi 1 sebesar 5,9%, variasi 2 sebesar 5,8%, dan variasi 3 sebesar 5,6% didapat nilai *Cantabro Test* masing-masing 4,05%, 4,42%, dan 3.14%.

5.3.8 Pembahasan Perbandingan Karakteristik *Indirect Tensile Strength* pada KAO antara Agregat Asal Clereng dengan Sukadana

Indirect Tensile Strength adalah pengujian untuk mengetahui kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Berdasarkan hasil analisis perbandingan campuran agregat asal Clereng dan Sukadana diperoleh grafik nilai *Indirect Tensile Strength* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.22 berikut ini.



Gambar 5.22 Perbandingan nilai *Indirect Tensile Strength* pada Agregat Asal Clereng dan Sukadana

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.22 menunjukkan perbandingan nilai *Indirect Tensile Strength* pada campuran agregat asal Clereng dan Sukadana. Nilai *Indirect Tensile Strength* pada campuran agregat Clereng sebesar 1.4% sedangkan nilai *Indirect Tensile Strength* pada campuran agregat Sukadana sebesar 2.67%. Hal ini disebabkan oleh berat jenis agregat Sukada lebih besar dibandingkan berat jenis agregat Clereng yaitu 2,77% sedangkan Clereng 2,57%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai *Indirect Tensile Strength* pada campuran agregat Sukadana lebih besar dari pada nilai *Indirect Tensile Strength* pada campuran agregat Clereng. Hal ini menunjukkan bahwa campuran agregat Sukadana memiliki kuat tarik yang lebih besar dibandingkan campuran agregat Sukadana. Pada pengujian *ITS* hasil analisis menggunakan uji statistika *Anova* menunjukkan hasil yang signifikan.





BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran AC BC dengan menggunakan agregat asal Clereng dan Sukadana disimpulkan bahwa campuran mengalami perbedaan dan perubahan karakteristik, hal tersebut dapat dilihat dari perbandingan nilai *Marshall Standard*, *Marshall Immersion*, ITS, dan *Cantabro Test*. Secara khusus berdasarkan hasil penelitian dan analisis dari perbandingan karakteristik campuran AC BC yang menggunakan agregat batu pecanh Clereng dan Sukadana dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Agregat batu pecah Clereng dan Sukadana memenuhi persyaratan Bina Marga yang ditentukan sehingga dapat digunakan sebagai agregat kasar dan agregat halus sebagai campuran AC BC.
2. Campuran AC BC dengan menggunakan agregat batu pecah Clereng dan Sukadana mmiliki perbandingan karakteristik *Marshall*. Nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, dan *VMA*, pada campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan campuran agregat Clereng, sedangkan nilai *VFWA* campuran Clereng lebih besar dibandingkan campuran Sukadana. Hal ini menunjukkan bahwa pada pengujian *Marshall* campuran dengan agregat Sukadana lebih baik,namun campuran agregat Clereng memiliki rongga yang lebih besar yang dapat terisi oleh aspal dibandingkan dengan agregat Sukadana.
3. Kemampuan menahan gaya tarik (*Indirect Tensile Strength*) campuran AC BC menggunakan agregat batu pecah Sukadana lebih besar dibandingkan menggunakan agregat batu pecah asal Clereng. Hasil pengujian ITS meenunjukkan perbandingan pada campuran agregat Sukadana dan Clereng yaitu 2,67% dan 1,4%. Hal ini dibuktikan pada uji statistika *Anova* yang menunjukkan bahwa nilai ITS campuran agregat Sukadana dan campuran

agregat Clereng signifikan Perbedaan nilai kadar aspal optimum agregat Sukadana lebih besar yaitu 5,95% dibandingkan agregat Clereng yaitu 5,65% dan berat jenis campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan agregat Clereng hal ini mempengaruhi nilai *ITS* sehingga campuran agregat Sukadana memiliki kuat tarik yang lebih besar dibandingkan campuran Clereng.

4. Campuran *AC BC* dengan menggunakan agregat batu pecah Clereng dan Sukadana mengalami perbedaan nilai *Cantabro*. Nilai *Cantabro* campuran agregat Clereng lebih besar dibandingkan agregat Sukadana yaitu 6,58% dan 6,11%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *Cantabro* menggunakan campuran agregat batu pecah Sukadana memiliki kemampuan menahan benturan lebih besar dibandingkan campuran dengan agregat batu pecah Clereng. Hal ini dapat dibuktikan pada *ITS* test yang menunjukkan nilai *ITS* campuran Sukadana lebih besar yaitu 2,67% dibandingkan agregat Clereng yaitu 1,4%.

6.2 SARAN

Merujuk pada hasil penelitian campuran *AC BC* yang menggunakan agregat batu pecah Sukadana dan Clereng, maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan campuran *AC WC* (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dan *AC Base* untuk membandingkan penggunaan batu pecah Sukadana dan Clereng pada tiap lapisan susunan suatu perkerasan.
2. Pada penelitian ini menggunakan *AC 60-70* produksi PT.Pertamina untuk membuat beton aspal (*hotmix*), maka perlu adanya penelitian lanjutan menggunakan aspal campuran dingin (*cold mix*)
3. Perlu adanya penelitian dengan bahan tambah (*filler*) untuk membandingkan tingkat kelayakan, karakteristik *Marshall*, kuat tarik, ketahanan abrasi pada quarry Sukadana dan Clereng.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggrainy, Vivi., 2008, Penggunaan Pecahan Limbah Beton dan Batu Pecah Alam dengan Bahan Pengikat Liquid Asbuton Terhadap Karakteristik Kekuatan Aspal Porus Ditinjau Dari Hasil Uji Cantabro Test, *Tugas Akhir*, Universitas Hasanudin, Makassar.
- Ardika, Dewa Gede., 2005, Kajian dan Perancangan Laboratorium Penggunaan Agregat Alam (Relatif bulat) Dalam Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Studi kasus agregat alam asal Akah, Klungkung, Bali, *Thesis*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Direktorat Bina Teknik, Jakarta.
- Damek, Mikelson., 2004, Kajian Laboratorium Penggunaan Batu Tangkiling Dan Pasir Sengai Kahayan (Kalimantan Tengah) Sebagai Bahan Alternatif Campuran Beton Aspal (AC-Wearing Course), *Thesis*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Durma, Ketut, 2008, Pemanfaatan Pasir Sungai dan Batu Pecah Asal Sukadana Kabupaten Lampung Timur sebagai Bahan untuk Pembuatan Beton Normal, *Thesis*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Kerbs, R and Ricard D Walker, 1971, *Highway Materials*, McGraw Hill Book Company, New York
- Pusjatan, 2003, Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat *Marshall*, RSNI M-01-2003.
- Purwanto, 2011, Statistika untuk Penelitian, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Saputra, 2011, Kajian Penggunaan Batu Granit (Kabupaten Tanjung Balai Karimun) dan Pasir Sungai Injap (Kabupaten Bengkalis) sebagai Bahan Alternatif Campuran Beton Aspal (AC – Wearing Course), *Thesis*.
- Sukandarrumidi, 2002, *Metode Penelitian, Petunjuk Praktis untuk Peneliti Pemula*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sukirman, S, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

- Sukirman, S, 2007, *Beton Aspal Campuran Panas*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Suprpto, 2005, Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas *Hot Rolled Sheet – Wearing Coarse (HRS-WC)* Dengan Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Sendang Sikucing, *Thesis*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sugiyono, 2007, *Statistika untuk Penelitian*, Alfabeta, Bandung.
- Suryabrata, Sumadi, 1994, *Metodologi Penelitian*, RajaGrafindo Persada, Jakarta.
- Totomiharjo, S, 2004, *Bahan Dan Struktur Jalan Raya*, Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.



Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	11,52	12,24
2	Berat vicnometer + Aquades (gr)	28,20	29,95
3	Berat Aquades (gr) (2 – 1)	16,68	17,71
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	12,28	13,38
5	Berat Aspal (gr) (4 – 1)	0,68	1,14
6	Berat Vicnometer + Aspal + Aquades (gr)	28,22	29,98
7	Berat Aquades (gr) (6 – 4)	16,02	16,60
8	Volume Aspal (gr) (3 – 7)	0,66	1,11
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Volume (5/8)	1,03	1,03
10	Rata – Rata Bj Aspal	1,03	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 5 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 2 Penetrasi Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai pemanasan	24 °c	10.20 WIB
	Selesai Pemanasan	24 °c	10.50 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	24 °c	13.40 WIB
	Selesai	24 °c	14.40 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	24 °c	14.45 WIB
	Selesai	24 °c	15.20 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	1(mm)	2(mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	69	64		
2	67	63		
3	65	65		
4	67	66		
5	65	64		
Rata2	66,6	64,4		

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 8 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN DAKTALITAS ASPAL

No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan	Aspal dipanaskan	15 menit	27 °c
2	Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	130 °c
3	Perendaman benda uji	Direndam dalam water pada suhu 25 °c	60 menit	130 °c
4	Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25 °c, kecepatan 5 cm per menit	20 menit	27 °c

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1	1	164 cm	Tidak putus
2	2	164 cm	Tidak putus
3	Rata - rata	164 cm	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 8 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 4 Titik Nyala dan Bakar Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPHAL

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai pemanasan	27 °c	
	Selesai Pemanasan	130 °c	
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	130 °c	
	Selesai	27 °c	
3	Diperiksa		
	Mulai	35 °c	
	Selesai		

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	312 °c	316 ⁰ c
2	Benda Uji 2	°c	°c
3	Rata - rata	312 °c	316 ⁰ c

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 9 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 5 Periksaan Kelarutan Aspal dalam CCL4 / TCE



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

No	Urutan Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
1	Persiapan	Mulai Pemanasan	09.00 WIB	24 ⁰ c
		Selesai Pemanasan		
2	Penimbangan	Mulai	09.20 WIB	24 ⁰ c
3	Pelarutan	Mulai	09.23 WIB	24 ⁰ c
4	Penyaringan	Mulai	09.31 WIB	24 ⁰ c
		Selesai	09.32 WIB	24 ⁰ c
5	Di oven	Mulai	09.45 WIB	100 ⁰ c
6	Penimbangan	Mulai	09.55 WIB	24 ⁰ c

HASIL PENGAMATAN

No	Pemeriksaan	Benda uji	
		1	2
1	Berat erlen meyer kosong	75,23 gr	68,89 gr
2	Berat erlen meyer kosong+aspal	76,65 gr	70,23 gr
3	Berat aspal	1,42 gr	1,34 gr
4	Berat kertas saringan bersih	0,67 gr	0,64 gr
5	Berat kertas saringan bersih+mineral	0,68 gr	0,66 gr
6	Berat mineral	0,01 gr	0,02 gr
7	Persentase mineral	2 %	0,72 %
8	Aspal yang larut	99,71 %	99,28 %
9	Rata – rata aspal yang larut	97,88 %	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 9 Agustus 2016
 Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai pemanasan		
	Selesai Pemanasan		
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai		
	Selesai		
3	Diperiksa		
	Mulai	5 ⁰ c	14.30
	Selesai	48 ⁰ c	14.45

HASIL PENGAMATAN

No	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (detik)		Titik Lembek (°c)	
		Benda uji 1	Benda uji 2	1	2
1	5 ⁰ c	00:00	00:00		
2	10 ⁰ c	01:13	01:14		
3	15 ⁰ c	02:57	02:59		
4	20 ⁰ c	04:37	04:39		
5	25 ⁰ c	05:45	05:46		
6	30 ⁰ c	06:42	06:43		
7	35 ⁰ c	07:40	07:41		
8	40 ⁰ c	08:37	08:45		
9	45 ⁰ c	09:48	09:57		
10	50 ⁰ c	10:53	10:55	49	49
11	55 ⁰ c				
12	60 ⁰ c				

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 12 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Sukadana



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
AGREGAT KASAR SUKADANA

No	Pemeriksaan	Sampel		
		1	2	Rata-Rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1856,52	1855,78	1856,15
2	Berat benda uji dalam air (BA)	1144	1145,22	1144,61
3	Berat benda uji kering oven (BK)	1812,84	1809,36	1811,1
4	Berat jenis (bulk) = $BK / (BJ - BA)$	2,55	2,55	2,55
5	Berat jenis (SSD) = $BJ / (BJ - BA)$	2,61	2,61	2,61
6	Berat jenis (semu) = $BK / (BK - BA)$	2,7	2,72	2,71
7	Penyerapan air = $((BJ - BK) / BK) \times 100\%$	2,41	2,57	2,47

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 12 Agustus 2016

Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Sukadana



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

AGREGAT KASAR SUKADANA

No	Pemeriksaan	Sampel		
		1	2	Rata-Rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1856,52	1855,78	1856,15
2	Berat benda uji dalam air (BA)	1144	1145,22	1144,61
3	Berat benda uji kering oven (BK)	1812,84	1809,36	1811,1
4	Berat jenis (bulk) = $BK / (BJ - BA)$	2,55	2,55	2,55
5	Berat jenis (SSD) = $BJ / (BJ - BA)$	2,61	2,61	2,61
6	Berat jenis (semu) = $BK / (BK - BA)$	2,70	2,72	2,71
7	Penyerapan air = $((BJ - BK) / BK) \times 100\%$	2,41	2,57	2,47

Mengetahui,

Yogyakarta, 13 Agustus 2016

Kepala Lab. Jalan Raya UII

Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 9 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Clereng Terhadap Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL
PROSES BENDA UJI (AGREGAT CLERENG)

No	Keterangan	Pembacaan	
		Suhu	Waktu
1	Mulai pemanasan benda uji	26 ⁰ c	10.20 WIB
2	Selesai pemanasan benda uji	170 ⁰ c	10.50 WIB
3	Mulai didiamkan pada suhu ruang	170 ⁰ c	10.51 WIB
4	Selesai didiamkan pada suhu ruang	26 ⁰ c	11.20 WIB
5	Mulai direndam Aquades	27 ⁰ c	11.21 WIB
6	Selesai direndam Aquades	27 ⁰ c	11.21 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	% Yang Diselimuti Aspal
1	Benda Uji 1	99%
2	Benda Uji 2	99%
3	Rata – Rata	99%

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T.

Yogyakarta, 15 Agustus 2016
Peneliti,

Nora Anggraini

Lampiran 10 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Sukadana Terhadap Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

PROSES BENDA UJI (AGREGAT SUKADANA)

No	Keterangan	Pembacaan	
		Suhu	Waktu
1	Mulai pemanasan benda uji	26 ⁰ c	10.20 WIB
2	Selesai pemanasan benda uji	170 ⁰ c	10.50 WIB
3	Mulai didiamkan pada suhu ruang	170 ⁰ c	10.51 WIB
4	Selesai didiamkan pada suhu ruang	26 ⁰ c	11.20 WIB
5	Mulai direndam Aquades	27 ⁰ c	11.21 WIB
6	Selesai direndam Aquades	27 ⁰ c	11.21 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	% Yang Diselimuti Aspal
1	Benda Uji 1	98%
2	Benda Uji 2	98%
3	Rata – Rata	98%

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 15 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 11 Pemeriksaan Keausan Agregat Clereng



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT CLERENG (ABRASI TEST)

No	JENIS GRADASI		F	
	SARINGAN		BENDA UJI (gr)	
	LOLOS	TERTAHAN	1	2
1	72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
2	63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
3	50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
4	37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
5	25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")		
6	19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")		
7	12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")		
8	09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")	2500	2500
9	06,3 mm (1/4")	04,75 mm (No.4)	2500	2500
10	04,75 mm (No.4)	02,36 mm (No.8)		
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	5000
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE (B)		4100,52	3295,73
14	KEAUSAN = ((A – B)/A) X 100%		17,9896	34,0854
15	Rata –Rata Keausan		26,0375 %	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 16 Agustus 2016
 Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 12 Pemeriksaan Keausan Agregat Sukadana



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT SUKADANA (ABRASI TEST)

No	JENIS GRADASI		F	
	SARINGAN		BENDA UJI (gr)	
	LOLOS	TERTAHAN	1	2
1	72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
2	63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
3	50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
4	37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
5	25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")		
6	19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")		
7	12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")		
8	09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")	2500	2500
9	06,3 mm (1/4")	04,75 mm (No.4)	2500	2500
10	04,75 mm (No.4)	02,36 mm (No.8)		
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	5000
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE (B)		3124.15	4110.45
14	KEAUSAN = ((A – B)/A) X 100%		37.52	17.79
15	Rata –Rata Keausan		27.65%	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 16 Agustus 2016
 Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 13 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Clereng



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS
AGREGAT HALUS CLERENG

No	Pemeriksaan	Sampel		
		1	2	Rata-Rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	500	500	500
2	Berat Vicnometer + Air (B)	638,88	642,78	640,83
3	Berat Vicnometer + Air + Benda Uji (BT)	948,64	952,61	950,63
4	Berat benda uji kering oven (BK)	486,01	490,03	488,02
5	Berat jenis (bulk) = $BK/(B+500) - BT$	2,55	2,58	2,57
6	Berat jenis (SSD) = $500/(B+500) - BT$	2,63	2,63	2,63
7	Berat jenis (semu) = $BK/(B+BK) - BT$	2,76	2,74	2,75
8	Penyerapan air = $((500-BK) / BK) \times 100\%$	2,89	2,03	2,46

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T.

Yogyakarta, 19 Agustus 2016
Peneliti,

Nora Anggraini

Lampiran 14 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Sukadana



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS
AGREGAT HALUS SUKADANA

No	Pemeriksaan	Sampel		
		1	2	Rata-Rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	500	500	500
2	Berat Vicnometer + Air (B)	665,17	663,21	640,83
3	Berat Vicnometer + Air + Benda Uji (BT)	989,5	987,61	950.63
4	Berat benda uji kering oven (BK)	488,12	486,22	486,22
5	Berat jenis (bulk) = $BK/(B+500) - BT$	2,77	2,77	2,77
6	Berat jenis (SSD) = $500/(B+500) - BT$	2,85	2,85	2,85
7	Berat jenis (semu) = $BK/(B+BK) - BT$	2,98	3,00	2,99
8	Penyerapan air = $((500-BK) / BK) \times 100\%$	2,43	2,83	2,63

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T.

Yogyakarta, 19 Agustus 2016
Peneliti,

Nora Anggraini

Lampiran 15 Pemeriksaan *Sand Equivalent* Clereng



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

SAND EQUIVALENT AGREGAT HALUS CLERENG

No	Keterangan	Benda Uji		Rata2
		1	2	
1	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl_2 selama ± 10 menit	Mulai	10.10	
		Selesai	10.20	
2	Waktu pengendapan benda uji setelah digoncang sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl_2	Mulai	10.20	
		Selesai	10.40	
3	Clay Sanding (Pembacaan lumpur) inchi	4,9	4,8	
4	Sand Reading (Pembacaan pasir)	3,7	3,9	
5	Sand Equivalent = $(5/3) \times 100$	75,51	81,25	78,38%
6	Kadar Lumpur = $100 - \text{Sand Equivalent}$			21,62%

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 13 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 16 Pemeriksaan *Sand Equivalent* Sukadana



LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Kampus Terpadu UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

SAND EQUIVALENT AGREGAT HALUS SUKADANA

No	Keterangan	Benda Uji		Rata2
		1	2	
1	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl_2 selama ± 10 menit	Mulai	10.10	
		Selesai	10.20	
2	Waktu pengendapan benda uji setelah digoncang sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl_2	Mulai	10.20	
		Selesai	10.40	
3	Clay Sanding (Pembacaan lumpur) inchi	4,9	4,8	
4	Sand Reading (Pembacaan pasir)	3,7	3,9	
5	Sand Equivalent = $(5/3) \times 100$	75,51	81,25	80.13%
6	Kadar Lumpur = $100 - \text{Sand Equivalent}$			19,87%

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 13 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 19 Penentuan Kadar Aspal Optimum Agregat Clereng



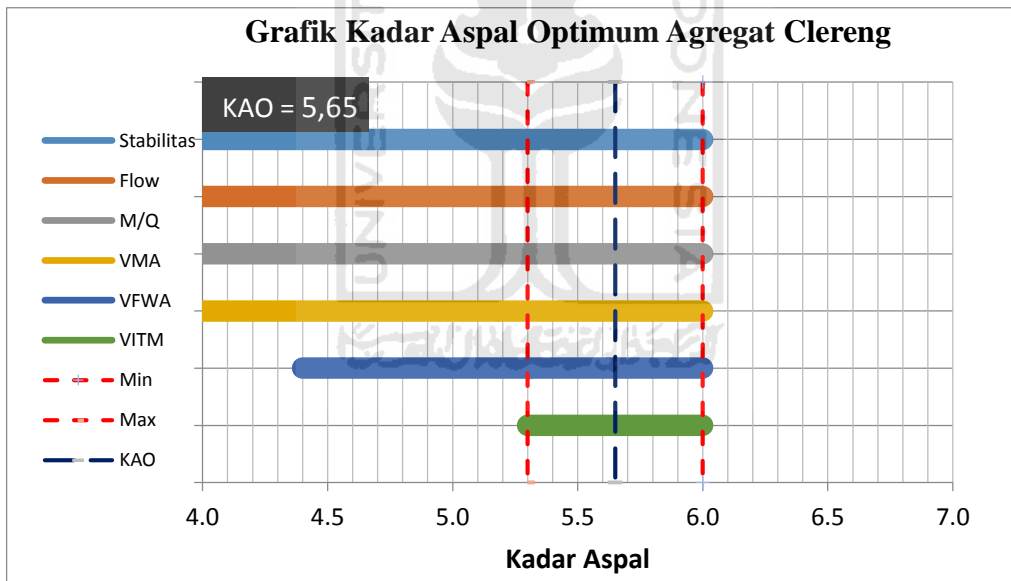
**LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



Jl. Sekeloa Selatan 1 No. 100, Gedung UUI, Kampus UUI, Depok, Jawa Barat 16159
Jalan UUI Gedung Moh. Natsir Jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM

Aspal	Stabilitas	Flow	air Void	M/q	VMA	VFWA
4.0	1509.96	2.67	8.66	566.24	15.24	58.58
4.5	1660.36	2.98	7.42	556.54	15.18	66.59
5.0	1870.19	3.90	5.89	479.54	14.86	76.24
5.5	1749.58	3.80	4.62	460.42	14.80	84.71
6.0	1632.21	3.39	4.83	481.01	16.06	84.38
Spesifikasi	> 800	2,0 - 4,0	3,0 - 5,0	> 250	> 14	> 65



Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UUI

Yogyakarta, 19 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 20 Penentuan Kadar Aspal Optimum Agregat Sukadana



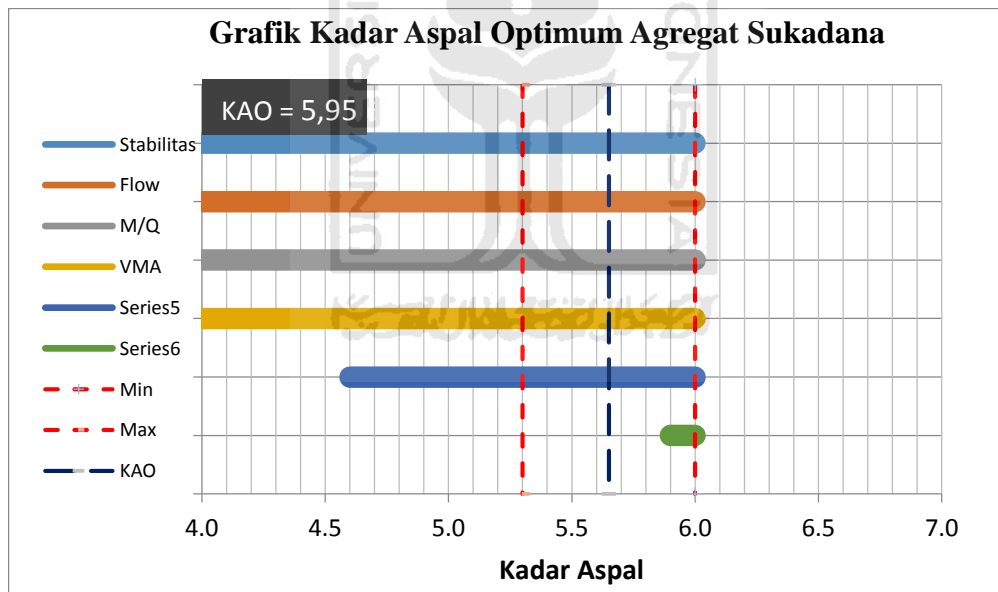
**LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



Jl. Sekeloa Selatan 1, Gedung UUI, Kampus UUI, Depok, D.K.I., 16122
Jalan UUI Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM

Aspal	Stabilitas	Flow	air Void	M/q	VMA	VFWA
4.0	1588.57	2.93	10.63	541.56	16.57	52.19
4.5	1628.01	3.07	9.50	530.87	16.58	59.00
5.0	1783.91	3.56	9.28	501.57	17.42	62.08
5.5	1910.74	3.91	7.07	489.10	16.46	73.48
6.0	1793.21	3.82	5.68	469.84	16.27	81.74
Spesifikasi	> 800	2,0 - 4,0	3,0 - 5,0	> 250	> 14	> 65



Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UUI

Yogyakarta, 19 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 25 Hasil Pengujian *Cantabro* Agregat Clereng



**LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



Jl. Sekeloa Timur No. 100, Yogyakarta 55181, Telp. 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PENGUJIAN *CANTABRO* AGREGAT CLERENG

No	Berat		Berat Sebelum diAbrasi	Kehilangan Berat	
	(g)		(g)	(%)	
	Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	6.58
1	1201.76	1139.68	62.08	5.17	
2	1085.15	1000.79	84.36	7.77	
3	1158.96	1062.79	96.17	8.30	
4	1178.37	1105.29	73.08	6.20	
5	1156.08	1092.93	63.15	5.46	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 29 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 26 Hasil Pengujian *Cantabro* Agregat Sukadana



**LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



Jakarta, 29 Agustus 2016
Jalan UII Gedung Moh. Natsir jl. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PENGUJIAN *CANTABRO* AGREGAT SUKADANA

No	Berat		Berat Sebelum diAbrasi	Kehilangan Berat	
	(g)		(g)	(%)	
	Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	6.109516
1	1142.11	1054.31	87.8	7.687526	
2	1164.57	1071.53	93.04	7.989215	
3	1172.7	1072.95	99.75	8.506012	
4	1185.31	1149.68	35.63	3.005965	
5	1181.65	1141.96	39.69	3.358863	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 29 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 27 Hasil Pengujian ITS Agregat Clereng



**LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



Jl. Sekeloa Selatan 1, Gedung UUI, Yogyakarta 55141, Telp. 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PENGUJIAN ITS AGREGAT CLERENG

Sampel	t	Stabilitas	Stabilitas	Koreksi	Stabilitas (kg)
	(cm)	kg	Kalibrasi Alat	Tebal	
1	68.29	42	834.43	0.860	717.817
2	69.09	37	735.09	0.860	632.274
3	66.97	35	695.36	0.860	598.181
4	68.55	30	596.02	0.860	512.654
5	68.02	32	635.76	1	546.908
			699.33		601.567

Sampel	KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	Indirect Tensile Strength (kg/cm ²)
1	5.65	717.817	10	68.287	0.159	1.666
2	5.65	632.274	10	69.093	0.159	1.451
3	5.65	598.181	10	66.967	0.159	1.416
4	5.65	512.654	10	68.550	0.159	1.185
5	5.65	546.908	10	68.017	0.159	1.275
Rata - rata						1.399

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UUI

Yogyakarta, 30 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

Lampiran 28 Hasil Pengujian ITS Agregat Sukadana



**LABORATORIUM JALAN RAYA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



Jl. Sekeloa Timur No. 164, Yogyakarta 55146, Telp. 0274 898472, Email lab_jalanraya@yahoo.com

PENGUJIAN ITS AGREGAT SUKADANA

Sampel	t (cm)	Stabilitas kg	Stabilitas Kalibrasi Alat	Koreksi Tebal	Stabilitas (kg)
1	62.86	40	794.69	1.016	807.343
2	61.05	54	1072.84	1.067	1144.247
3	61.36	52	1033.10	1.054	1088.373
4	61.31	48	953.63	1.058	1009.361
5	63.07	58	1152.31	1	1164.597
					1042.784

Sampel	KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	Indirect Tensile Strength (kg/cm ²)
1	5,95	807.343	10	62.863	0.159	2.036
2	5,95	1144.247	10	61.050	0.159	2.971
3	5,95	1088.373	10	61.360	0.159	2.812
4	5,95	1009.361	10	61.310	0.159	2.610
5	5,95	1164.597	10	63.073	0.159	2.927
Rata - rata						2.671

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 30 Agustus 2016
Peneliti,

Ir. Subarkah, M.T.

Nora Anggraini

