

**LAPORAN
PENELITIAN REGULER**



**PENGARUH PENGGUNAAN *SLAG*
SEBAGAI *FINE AGGREGATE* PADA CAMPURAN
ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)
TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN DURABILITAS**

Tim Peneliti

Drs. Bagus Priyatno, ST., MT.	NIDN. 0015045401
Slamet Budirahardjo, ST., MT.	NIDN. 0616127101
Agung Kristiawan, ST., MT.	NIDN. 0605037001
Putri Anggi Permata S, ST., MT.	NIDN. 0025028204

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
DESEMBER 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Pengaruh Penggunaan *Slag* Sebagai *Fine Agregate* Pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* Terhadap Karakteristik *Marshall* Dan Durabilitas.

Bidang Ilmu : Ilmu Teknik

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Drs. Bagus Priyatno, ST., MT.
b. N I D N : 0015045401
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Pangkat/Golongan : Pembina/IVa
e. Fakultas/Prodi : Teknik/Teknik Sipil
f. Nomor HP : 08122572750
g. Alamat Surel (email) : baguspriyatno@upgris.ac.id

Anggota Peneliti 1

a. N a m a : Slamet Budirahardjo, ST., MT.
b. N I D N : 0616127101
c. Perguruan Tinggi : Universitas PGRI Semarang

Anggota Peneliti 2

a. N a m a : Agung Kristiawan, ST., MT.
b. N I D N : 0605037001
c. Perguruan Tinggi : Universitas PGRI Semarang

Anggota Peneliti 3

a. N a m a : Putri Anggi Permata, ST., MT.
b. N I D N : 0025028204
c. Perguruan Tinggi : Universitas PGRI Semarang

Lama Penelitian : 3 (tiga) bulan
Biaya Penelitian : Rp. 12.000.000,-
Sumber Dana : LPPM UPGRIS Tahun Anggaran 2017/2018

Semarang, 21 Desember 2017
Ketua Penelitian

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik Dan Informatika



Drs. Bambang Supriyadi, MP.
NIDN. 0015105401

Drs. Bagus Priyatno, ST., MT.
NIDN. 0015045401

Menyetujui :
Ketua Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat



Ir. Suwarno Widodo, MSi.
LPPM NIDN. 0627036101

Abstrak

Suatu struktural jalan raya terbagi menjadi beberapa lapis konstruksi yaitu *Sub Grade* sebagai lapisan tanah dasar, *Sub Base Course* sebagai lapis pondasi bawah, *Base Course* sebagai lapis pondasi atas, dan *Surface Course* sebagai lapis permukaan. Lapis permukaan tersebut harus dibuat sedemikian sehingga akan menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas tinggi dan tahan lama. Konstruksi Lapisan permukaan ini disebut dengan aspal beton. Konstruksi ini dibuat dari campuran bahan batu pecah, pasir alam dan bahan pengikat aspal. Tersedianya bahan konstruksi jalan yang memenuhi syarat spesifikasi teknis merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan dalam pembangunan jalan. *Quarry* (sumber) material yang tersedia disekitar proyek jalan akan sangat membantu menurunkan biaya konstruksi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa sifat-sifat karakteristik campuran Laston Lapis Pengikat (*AC-BC*) dengan metode Marshall test bila campuran *AC-BC* terpengaruh adanya variasi penggunaan *fine aggregate* “*Slag*” serta mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) akibat pengaruh variasi penggunaan *fine aggregate* “*Slag*” pada campuran Laston Lapis Pengikat (*AC-BC*).

Pada proses rangkaian tahap penentuan kadar aspal optimum (KAO) campuran *AC-BC* akibat pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran sebesar 0% *fine aggregate slag* atau 100% *fine aggregate* abubatu didapatkan nilai $VMA > 14\%$ pada kadar aspal 4% - 6%, $VFA > 63\%$ pada kadar aspal 5,2% - 6%, $VIM = 4,9\%$ sampai 5,9% (pada kadar aspal 5,1% - 5,5%), stabilitas > 800 kg pada kadar aspal 4% - 6%, flow > 2 mm pada kadar aspal 4% - 6%, $MQ > 200$ kg/mm pada kadar aspal 4% - 6%, sehingga kadar aspal optimum (KAO) campuran *AC-BC* sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA ini didapat sebesar 5,35%. Akibat pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran tersebut sebesar 50% didapatkan nilai $VMA > 14\%$ pada kadar aspal 4% - 6%, $VFA > 63\%$ pada kadar aspal 5,3% - 6%, $VIM = 4,9\%$ sampai 5,9% (pada kadar aspal 5,2% - 5,7%), stabilitas > 800 kg pada kadar aspal 4% - 6%, flow > 2 mm pada kadar aspal 4% - 6%, $MQ > 200$ kg/mm pada kadar aspal 4% - 6%, sehingga kadar aspal optimum didapat sebesar 5,5%. Untuk pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran tersebut sebesar 100% didapatkan nilai $VMA > 14\%$ pada kadar aspal 4% - 6%, $VFA > 63\%$ pada kadar aspal 5,2% - 6%, $VIM = 4,9\%$ sampai 5,9% (pada kadar aspal 5,6% - 6%), stabilitas > 800 kg pada kadar aspal 4% - 6%, flow > 2 mm pada kadar aspal 4% - 6%, $MQ > 200$ kg/mm pada kadar aspal 4% - 6%, sehingga kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,8%.

Kata kunci : *slag*, *fine aggregate*, uji Marshall, laston lapis pengikat

Abstract

A structural highway is divided into several layers of construction, namely Sub Grade as a base soil layer, Sub Base Course as the bottom layer, Base Course as the upper layer, and Surface Course as a surface layer. The surface coating should be made so as to produce a waterproof coating with high stability and durability. Construction This surface layer is called asphalt concrete. This construction is made from a mixture of broken stone materials, natural sand and asphalt binder. The availability of road construction materials that meet the technical specification requirements is one of the critical success factors in road construction. Quarry (source) materials available around the road project will greatly help lower the cost of construction.

The purpose of this research is to analyze the characteristic properties of Binders Laston mixture (AC-BC) with Marshall test method when AC-BC mixture is affected by variation of fine aggregate "Slag" usage and get asphalt optimum (KAO) fine aggregate "Slag" on the Laston Binder (AC-BC) mixture.

In the process of determining the optimum bitumen content of AC-BC mixture due to variation of percentage of fine aggregate slag in mixture before 0% fine aggregate slag or 100% fine aggregate abubatu obtained value of VMA > 14% at asphalt level 4% - 6%, VFA > 63% on asphalt level 5.2% - 6%, VIM = 4.9% to 5.9% (at 5.1% - 5.5% asphalt), stability > 800 kg at bitumen 4 % - 6%, flow > 2 mm at asphalt content of 4% - 6%, MQ > 200 kg / mm at asphalt content of 4% - 6%, so that the optimum asphalt content (KAO) of AC-BC mixture in accordance with the requirements of Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) for Traffic (LL) > 1 million ESA is obtained at 5.35%. As a result of variation of percentage of fine aggregate slag in the mixture by 50% obtained value of VMA > 14% on asphalt content of 4% - 6%, VFA > 63% on asphalt level of 5.3% - 6%, VIM = 4.9% to 5.2% (at 5.2% - 5.7%), stability > 800 kg at 4% - 6% asphalt, flow > 2 mm at asphalt content of 4% - 6%, MQ > 200 kg / mm at asphalt content of 4% - 6%, so that the optimum asphalt content is 5.5%. For the effect of variation percentage of fine aggregate slag in the mixture of 100% obtained value of VMA > 14% at asphalt content of 4% - 6%, VFA > 63% at asphalt level of 5.2% - 6%, VIM = 4.9% to 5.9% (at 5.6% - 6% asphalt), stability > 800 kg at asphalt content of 4% - 6%, flow > 2 mm at bitumen content of 4% - 6%, MQ > 200 kg / mm at asphalt content of 4% - 6%, so that the optimum asphalt content (KAO) of 5.8%.

Keywords: slag, fine aggregate, Marshall test, laston coat binder

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul "Pengaruh Penggunaan *Slag* Sebagai *Fine Aggregate* Pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) Terhadap Karakteristik *Marshall* Dan Durabilitas". Dalam pelaksanaan penelitian ini, kami memakai fasilitas laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Dan Informatika Universitas PGRI Semarang.

Dukungan penyusunan hasil penelitian dari banyak pihak dan untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan banyak terima kasih, terutama kepada yang terhormat:

1. Bapak Ir. Suwarno Widodo, M.Si. selaku ketua LPPM Universitas PGRI Semarang.
2. Bapak Drs. Bambang Supriyadi, MP. selaku Dekan Fakultas Teknik Dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
3. Bapak Ir.Wilarso Hermanto, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
4. Bapak Slamet Budirahardjo, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
5. Rekan-rekan tim peneliti dari Universitas PGRI Semarang.
6. Pihak-pihak lain yang ikut serta memberikan bantuan dan dorongan baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi perbaikan penelitian selanjutnya.

Semarang, 21 Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	Vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.2 Aspal	4
2.3 Agregat	5
2.3.1 Agregat Kasar	6
2.3.2 Agregat Halus	7
2.4 Bahan Pengisi / <i>Filler</i>	8
2.4.1 Slag Hasil Sampingan Proses Pemurnian Logam Pada Tanur Tinggi	10
2.4.2 Penggunaan Slag Untuk Perkerasan Jalan	10
2.5 Gradasi	11
2.6 Campuran Laston Lapis Pengikat	14
2.7 Persyaratan Campuran	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Umum	18
3.2 Dasar Perhitungan	18
3.3 Bahan Penelitian	23
3.4 Perencanaan Campuran Beraspal Laston Binder Course	23

3.5 Tahapan Penelitian	24
3.6 Uraian Tahapan Penelitian	26
3.7 Pemeriksaan dan Pengujian Bahan	27
3.8 Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)	28
3.9 Pengujian Lanjutan	28
3.10 Pengujian Rendaman Marshall	29
3.11 Estimasi Jumlah Benda Uji	29
3.12 Prosedur Pembuatan Benda Uji	31
3.13 Pengujian Marshall	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Pengujian Material	33
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat	33
4.1.2 Hasil Pemeriksaan Aspal Pen 60/70	34
4.1.3 Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Fine Agregat Slag dalam Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	35
4.1.4 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Standar 2x75 Tumbukan Pada Kondisi KAO Sesuai Variasi <i>Fine Aggregate Slag</i>	36
4.1.5 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Kepadatan Membal 2x400 Tumbukan Pada Kondisi KAO Sesuai Variasi <i>Fine Aggregate Slag</i>	38
4.2 Pembahasan	39
4.2.1 Pengaruh Variasi Persentase <i>Fine Aggregate Slag</i> Terhadap Sifat Campuran AC-BC	39
4.2.2 Sifat AC-BC Kondisi KAO Sesuai Persentase <i>Fine Aggregate Slag</i> Dalam Campuran	54
BAB V KESIMPILAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Superpave AC Binder Course	14
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian	24
Gambar 3.2	Diagram Alir Tahapan Penelitian Lanjutan	25
Gambar 4.1	Nilai <i>density</i> dengan 0% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	40
Gambar 4.2	Nilai <i>density</i> dengan 50% AB + 50% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	40
Gambar 4.3	Nilai <i>density</i> dengan 100% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	41
Gambar 4.4	Nilai VMA dengan 0% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	42
Gambar 4.5	Nilai VMA dengan 50% AB + 50% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	42
Gambar 4.6	Nilai VMA dengan 100% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	42
Gambar 4.7	Nilai VFA dengan 0% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	43
Gambar 4.8	Nilai VFA dengan 50% AB + 50% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	43
Gambar 4.9	Nilai VFA dengan 100% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	44
Gambar 4.10	Nilai VIM dengan 0% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	45
Gambar 4.11	Nilai VIM dengan 50% AB + 50% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	45
Gambar 4.12	Nilai VIM dengan 100% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	45
Gambar 4.13	Nilai Stabilitas dengan 0% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	47
Gambar 4.14	Nilai Stabilitas dengan 50% AB + 50% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	47
Gambar 4.15	Nilai Stabilitas dengan 100% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	47
Gambar 4.16	Nilai <i>Flow</i> dengan 0% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	48
Gambar 4.17	Nilai <i>Flow</i> dengan 50% AB + 50% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	49
Gambar 4.18	Nilai <i>Flow</i> dengan 100% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	49
Gambar 4.19	Nilai MQ dengan 0% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	50
Gambar 4.20	Nilai MQ dengan 50% AB + 50% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	51
Gambar 4.21	Nilai MQ dengan 100% <i>slag</i> dalam campuran AC-BC	51
Gambar 4. 22	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) material <i>fine aggregate</i> 100% Abubatu	52
Gambar 4.23	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) material <i>fine aggregate</i> 50% Abu Batu + 50% <i>Slag</i>	53
Gambar 4.24	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) material <i>fine aggregate</i> 100% <i>Slag</i>	53

Gambar 4.25	Pengaruh <i>fine aggregate slag</i> dalam AC-BC terhadap nilai VMA pada kondisi KAO (2x75)	55
Gambar 4.26	Pengaruh <i>fine aggregate slag</i> dalam AC-BC terhadap nilai VMA pada kondisi KAO (2x400)	55
Gambar 4.27	Pengaruh <i>fine aggregate slag</i> dalam AC-BC terhadap nilai VFA pada kondisi KAO (2x75)	56
Gambar 4.28	Pengaruh <i>fine aggregate slag</i> dalam AC-BC terhadap nilai VFA pada kondisi KAO (2x400)	57
Gambar 4.29	Pengaruh <i>fine aggregate slag</i> dalam AC-BC terhadap nilai VIM pada kondisi KAO (2x75)	58
Gambar 4.30	Pengaruh <i>fine aggregate slag</i> dalam AC-BC terhadap nilai VIM pada kondisi KAO (2x400)	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Spesifikasi Teknis Aspal Penetrasi 60/70	5
Tabel 2.2.	Persyaratan Agregat Kasar dan Metode Pengujian	7
Tabel 2.3.	Persyaratan Agregat Halus dan Metode Pengujian	7
Tabel 2.4.	Persyaratan Gradasi <i>Filler</i>	9
Tabel 2.5.	Persyaratan <i>Filler</i> dan Metode Pengujian	9
Tabel 2.6	Penggunaan <i>slag</i> serta beberapa hasil pengujian	11
Tabel 2.9.	Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal	13
Tabel 2.10.	Ketentuan Sifat-sifat Campuran	17
Tabel 3.2.	Estimasi Jumlah Benda Uji yang Diperlukan	30
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Material Agregat Kasar	33
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Material Agregat Halus	34
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Material <i>Filler</i>	34
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Aspal Pertamina Pen. 60/70	34
Tabel 4.5	Target Gradasi Campuran Aspal Panas AC-BC	35
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> 100% Abu Batu	36
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> Campuran 50% Abu Batu + 50% <i>Slag</i>	36
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> 100% <i>Slag</i>	36
Tabel 4.9	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> 100% Abu Batu pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x75	37
Tabel 4.10	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> 50% Abu Batu + 50% <i>Slag</i> pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x75	37
Tabel 4.11	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> 100% <i>Slag</i> pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x75	38
Tabel 4.12	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> 100% Abu Batu pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x400	39
Tabel 4.13	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> 50% Abu Batu + 50% <i>Slag</i> pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x400	39
Tabel 4.14	Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan <i>Fine Aggregate</i> 100% <i>Slag</i> pada	

Kondisi KAO, Tumbukan 2x400	39
-----------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan raya sebagai sarana transportasi memegang peranan yang sangat vital bagi pengembangan suatu daerah, untuk mendukung keberhasilan pembangunan daerah itu sendiri.

Suatu struktural jalan raya terbagi menjadi beberapa lapis konstruksi yaitu *Sub Grade* sebagai lapisan tanah dasar, *Sub Base Course* sebagai lapis pondasi bawah, *Base Course* sebagai lapis pondasi atas, dan *Surface Course* sebagai lapis permukaan. Lapis permukaan tersebut harus dibuat sedemikian sehingga akan menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas tinggi dan tahan lama. Konstruksi Lapisan permukaan ini disebut dengan aspal beton. Konstruksi ini dibuat dari campuran bahan batu pecah, pasir alam dan bahan pengikat aspal.

Tersedianya bahan konstruksi jalan yang memenuhi syarat spesifikasi teknis merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan dalam pembangunan jalan. *Quarry* (sumber) material yang tersedia disekitar proyek jalan akan sangat membantu menurunkan biaya konstruksi. Namun demikian kondisi ini tidak selalu ditemui dalam setiap proyek. Sering ditemui kendala bahwa letak sumber material demikian jauhnya atau sering terjadi material yang dibutuhkan tidak sesuai sehingga mengakibatkan pembengkakan biaya transportasi akibat mendatangkan material dari luar lokasi proyek.

Bahan konstruksi jalan untuk campuran jalan yang dimaksudkan adalah agregat. Agregat yang digunakan dapat berupa agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam bisa didapatkan langsung dari lingkungan sekitar misalnya dari sungai, yang terdiri dari pasir, dan kerikil alam. Sedangkan agregat buatan dihasilkan dari olahan/ produksi manusia. Hasil olahan ini dapat berupa bahan sub-standard yang merupakan bahan buangan yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Bahan olahan tersebut biasa disebut Bahan Sub-Standard.

Bahan Sub-Standard yang didefinisikan sebagai bahan alam, bahan olahan atau bahan bahan buangan yang umumnya jarang dipakai, dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk digunakan sebagai bahan material yang berdaya guna. Bahan Sub-standard dengan rekayasa teknologi dapat dipertimbangkan sebagai bahan konstruksi perkerasan dalam campuran aspal. (Kurniadji dan Yamin, Anwar; 2000).

Keuntungan penggunaan bahan sub standard adalah :

- a) Membantu mengatasi problem tentang kebutuhan bahan.
- b) Menekan biaya konstruksi pada suatu daerah yang kekurangan bahan standard.

c) Mengatasi problem lingkungan khususnya dalam pemanfaatan bahan buangan.

Dalam pengujian ini, peneliti mencoba mencari alternatif lain bahan sub-standard “*Slag*” sebagai bahan campuran aspal beton. *Slag* adalah merupakan limbah buangan atau hasil sampingan dari pengolahan besi atau pemurnian logam.

Untuk mendapatkan suatu campuran aspal beton yang memenuhi syarat, harus menurut aturan dan proporsi tertentu sesuai dengan spesifikasi. Campuran aspal beton terdiri dari berbagai ukuran agregat, termasuk bahan pengisi (*filler*). Fungsinya adalah untuk saling mengikat diantara agregat guna membentuk suatu kesatuan yang kokoh dan solid, yang kemudian diikat oleh aspal sesuai proporsi. Untuk mendapatkan stabilitas maksimum, maka dalam suatu campuran aspal beton dibutuhkan kadar aspal tertentu (Kadar aspal – Optimum).

Dalam penelitian ini, akan diuji kualitas “*slag*” sebagai agregat halus (*fine aggregate*) campuran aspal beton. Campuran aspal beton yang akan digunakan adalah modifikasi dari metode *Superpave 1987*, yaitu Laston Lapis Pengikat atau *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*. Gradasi yang dipakai dalam campuran *AC-BC* ini adalah gradasi menerus dengan ukuran maksimum agregat campuran adalah 25,4 mm.

1.2. Rumusan Masalah

Berkaitan dengan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, penulis merumuskan perihal yang akan dibahas, yaitu :

- a) Bagaimana pengaruh pemanfaatan penggunaan *fine aggregate* “*Slag*” terhadap sifat karakteristik campuran Laston Lapis Pengikat (*AC-BC*) bila dibandingkan dengan campuran *AC-BC* yang menggunakan *fine aggregate* batu pecah standar.
- b) Berapakah tingkat perubahan Kadar Aspal Optimum (KAO) akibat pengaruh penggunaan *fine aggregate* “*Slag*” pada campuran Laston Lapis Pengikat (*AC-BC*) bila dibandingkan dengan campuran *AC-BC* yang menggunakan *fine aggregate* batu pecah standar.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a) Untuk mendapatkan sifat-sifat karakteristik campuran Laston Lapis Pengikat (*AC-BC*) bila campuran *AC-BC* terpengaruh adanya variasi penggunaan *fine aggregate* “*Slag*”.
- b) Untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) akibat pengaruh variasi penggunaan *fine aggregate* “*Slag*” pada campuran Laston Lapis Pengikat (*AC-BC*).

1.4. Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian yang akan dilakukan dibatasi hanya pada pengujian di dalam laboratorium saja, yaitu dilakukan di Laboratorium Transportasi pada Program Studi Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang.
- 2) Pengujian karakteristik campuran aspal hanya terbatas pada pengujian sifat-sifat *Marshall* dan *Durabilitas*-nya saja.
- 3) Peneliti tidak menguji reaksi kimia yang terjadi pada campuran Laston Lapis Pengikat ini.
- 4) Tidak juga dibahas aspek-aspek ekonomis yang ada.

Dalam penelitian ini bahan dan material yang digunakan adalah :

- 1) Aspal, digunakan produk Pertamina Cilacap, dengan penetrasi 60/ 70.
- 2) Agregat Halus, diambil dari *stock pile* hasil pemecah batu (*Stone Crusher*) dari *Base Camp Asphal Mixing Plant (AMP)* PT Adhi Karya Semarang.
- 3) Agregat Kasar, juga diambil dari *stock pile* hasil pemecah batu (*Stone Crusher*) dari *Base Camp AMP* PT Adhi Karya Semarang.
- 4) Bahan pengisi (*filler*), digunakan debu batu yang diambil dari *stock pile* hasil pemecah batu (*Stone Crusher*) dari *Base Camp AMP* PT Adhi Karya Semarang.
- 5) Bahan *fine aggregate* yang menjadi obyek penelitian adalah hasil pemecahan dan penumbukan bongkahan *Slag* yang diambil dari pusat pengolahan besi atau pemurnian logam di Desa Batur Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten.
- 6) Gradasi campuran aspal beton yang digunakan adalah berdasarkan pada gradasi agregat gabungan seperti ditunjukkan pada *Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas Edisi Agustus 2001 (terakhir)* Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal untuk Laston Lapis Pengikat (*AC Binder Course*).
- 7) Untuk pengujian *Durabilitas*, digunakan air tawar yang berasal dari Laboratorium Universitas PGRI Semarang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dasar dari penggunaan campuran aspal panas (*Hotmix*) adalah kemudahan dalam pencampuran (*mixing*) yang tepat, pelapisan (*coverage*) agregat dengan sempurna dan juga pemadatan (*compacting*) yang tepat tetapi tanpa terjadi *over heating*. Jika terjadi *over heating*, maka akan merubah susunan kimia aspal dan dapat menurunkan nilai *daktilitas* dan *kohesivitas* aspal tersebut (Krebs, R.D. & Walker, R.D., 1971).

Pencampuran aspal (*bitumen*) dengan agregat, sebenarnya adalah merupakan suatu tujuan dari prinsip-prinsip ekonomis. Ekonomis maksudnya adalah pengaturan gradasi dan kadar aspal sedemikian hingga menghasilkan suatu campuran yang efisien dan optimum, sehingga pengeluaran biaya dapat ditekan seefisien mungkin. Pencampuran ini juga dibagi-bagi dalam gradasi-gradasi tertentu sehingga memberikan proporsi antara agregat dan kadar aspal tersebut. Pembagian gradasi itulah yang menyebabkan perbedaan pada beberapa metode pencampuran aspal panas (*Hotmix*). Di dalam Laston, seperti metode yang lain, gradasi juga dibagi lagi menjadi : agregat kasar, agregat halus dan *filler*, namun juga dengan kadar masing-masing agregat yang berbeda akan membedakannya dengan metode yang lain.

2.2. Aspal.

Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat campuran aspal beton adalah hasil *residu* dari *distilasi* minyak bumi, atau aspal yang dimodifikasi dengan bahan lain yang dapat bereaksi secara kimia terhadap aspal dengan memberikan daya ikat yang cukup tinggi. Dalam suhu kamar berbentuk padat atau semi padat, sedang pada suhu yang telah ditentukan akan berbentuk cair, sehingga mampu mengikat material agregat.

Menurut Shell (1990), di dalam aspal tersusun atas dua jenis kimia yang dominan, yaitu *asphaltenes* dan *maltenes*. *Asphaltenes* adalah merupakan senyawa berwarna hitam atau coklat tua yang mengandung *Carbon*, *Hidrogen*, sedikit *Nitrogen*, *Sulfur* dan oksigen. Senyawa *Asphaltenes* yang tinggi akan menyebabkan aspal menjadi keras ditunjukkan dengan nilai penetrasi yang rendah. Biasanya kandungan *asphaltenes* berkisar antara 5% - 25%. Sedang *Maltenes* mengandung senyawa *saturates*, *aromatic* dan *resins*. Kandungan *resins* dalam aspal akan menyebabkan *adhesi* aspal menjadi kuat. *Aromatic* adalah molekul aspal yang paling ringan dan paling banyak terkandung dalam aspal sekitar 40% - 65%. *Saturates* bersama-sama

dengan *Alkaline Neptane* dan sedikit *Alkaline Aromatic* merupakan cairan minyak *non-polar* berwarna putih bening.

Fungsi aspal dalam campuran adalah sebagai pengikat yang bersifat *visco-elastis* dengan tingkat *viscositas* yang tinggi selama masa layan. Fungsi yang lain adalah sebagai pelumas pada saat penghamparan campuran di lapangan sehingga akan memudahkan untuk pemadatan.

AASHTO (1982) menyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka *penetrasinya*. Angka *Penetrasi* menunjukkan tingkat kekerasan aspal atau tingkat *konsistensi* aspal. Semakin besar angka *penetrasi* aspal maka tingkat kekerasan aspal akan semakin rendah. Demikian pula sebaliknya, jika semakin kecil angka *penetrasi*, maka tingkat kekerasan aspal akan semakin tinggi.

Brown & Brunton (1984) menyatakan bahwa semakin besar angka penetrasi aspal maka akan memberikan nilai *modulus elastisitas* aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Semakin tinggi suhu udara dan semakin lambat beban yang lewat, maka *modulus elastisitas* aspal akan semakin kecil.

Ada beberapa tingkat penetrasi aspal yang sering digunakan dalam campuran aspal, diantaranya adalah *penetrasi 40/50; 60/70 dan 80/100*. Berikut diberikan spesifikasi aspal untuk *penetrasi 60/70*.

Yang harus dipenuhi dalam pengujian aspal adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Spesifikasi Teknis Aspal Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal Pen 60/70
1.	Penetrasi, 25 ⁰ C, 5 det, 100 gr	0,1 mm	60 - 79
2.	Titik Lembek	⁰ C	48 - 58
3.	Titik Nyala	⁰ C	> 200
4.	Daktalitas, 25 ⁰ C, 5 cm/ menit	cm	> 100
5.	Kehilangan Berat 163 ⁰ C, 5 jam	% berat	< 0,4
6.	Kelarutan dlm <i>CCL₄</i> atau <i>CS₂</i>	% berat	> 99
7.	Penetrasi setelah Kehilangan Berat	% awal	75
8.	Berat Jenis, 25 ⁰ C	-	> 1,00

Sumber : Spesifikasi Teknik Buku III Bina Marga (1988)

2.3. Agregat.

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan untuk campuran aspal, yang dapat berupa berbagai jenis butiran-butiran atau pecahan yang termasuk di dalamnya antara lain pasir, kerikil, agregat pecah, debu batu agregat dan lain-lain. *Sukirman* (1999), menyatakan bahwa gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal penting dalam menentukan stabilitas campuran. Gradasi agregat mempengaruhi

besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Agregat merupakan bahan pengisi *dominan* dalam suatu campuran aspal. Prosentase agregat dalam suatu campuran aspal berkisar antara 75% - 85% terhadap volume total atau sekitar 90% - 95% terhadap berat total campuran.

Pembagian agregat menurut sumbernya atau cara mempersiapkannya, adalah :

a. Agregat alam (*natural agreggat*)

Agregat ini bisa diperoleh langsung di alam, dan dapat langsung digunakan sebagai bahan lapis perkerasan jalan. Jenis agregat alam yang biasa digunakan misalnya kerikil (*gravel*), dan pasir kali (*sand*).

b. Agregat sebagai hasil proses tertentu (*manufactured aggreggat*)

Agregat jenis ini sebagai hasil suatu pengolahan dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Dari hasil pemecahan batu ini akan dihasilkan suatu ukuran agregat sesuai dengan gradasi yang diinginkan, serta mempunyai tekstur yang kasar dengan bentuk agregat bersudut.

c. Agregat buatan (*synthetic or artificial aggreggat*)

Agregat sebagai hasil perubahan/ rekayasa/ olahan baik secara fisik maupun kimia oleh manusia, disebut agregat buatan. Bahan olahan/ rekayasa manusia tadi biasa disebut sebagai bahan *sub-standart*. Bahan *sub standart* didefinisikan sebagai bahan buangan yang umumnya jarang dipakai, dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk digunakan sebagai bahan material yang berdaya guna. Bahan *Sub-standard* dengan rekayasa teknologi dapat dipertimbangkan sebagai bahan konstruksi perkerasan dalam campuran aspal. Agregat jenis ini biasanya diperoleh dari hasil sampingan pabrik pengolahan logam/ besi, disebut dengan *Slag*.

Shell (1990) mengelompokkan agregat menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu : agregat kasar, agregat halus dan material / bahan pengisi (*filler*).

2.3.1. Agregat Kasar

Beberapa syarat yang harus dipenuhi agregat kasar, diantaranya :

Agregat tertahan saringan No. 8 (2,38 mm) menurut pengujian *British Standart (BS)*. Bahan agregat harus kuat dan awet dibuktikan dengan test dengan mesin *Abrasi Los Angeles*, keausan tidak lebih dari 40%. Bebas dari tanah, lempung, debu atau bahan lain yang dapat mengganggu pelekatan aspal.

Penyerapan agregat terhadap air, diperbolehkan maksimum 3 %. *Index* kepipihan agregat adalah maksimum 25%. Berat jenis curah (*bulk*) agregat minimum 2,50. Kelekatan agregat terhadap aspal minimum 95%.

Kekuatan campuran akan berkurang seiring dengan penambahan agregat kasar secara teoritis, karena proporsi mortar yang menjadi tumpuan kekuatan campuran akan berkurang.

Tabel 2.2. Persyaratan Agregat Kasar dan Metode Pengujian

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min	Maks
Agregat Kasar					
1	Penyerapan Air	SNI-M-09-1989-F	%	-	3
2	Berat Jenis Curah (<i>Bulk</i>)	SNI-M-09-1989-F	-	2,5	-
3	Berat Jenis Semu	SNI-M-09-1989-F	-	-	-
4	Berat Jenis Efektif	SNI-M-09-1989-F	-	-	-
5	Test Abrasi dg mesin <i>Los Angeles</i>	SNI-M-02-1990-F	%	-	40
6	Index Kepipihan	BS-812 : Part 1975	%	-	25
7	Kelekatan Agregat thd Aspal	SNI-M-28-1990-1	%	95	-

Sumber : SNI (1989,1990); BSI (1992); AASHTO (1975)

2.3.2. Agregat Halus

Untuk agregat halus, beberapa persyaratan harus dipenuhi diantaranya :

Material agregat lolos saringan No. 8 (2,38 mm) dan tertahan No. 200 (0,075 mm) menurut pengujian *BS*. Harus terdiri dari pasir bersih, pasir batu, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut. Harus terdiri dari bahan yang berbidang datar, bersudut tajam, bersih dari kotoran dan bahan yang tidak dikehendaki. Nilai pasir *ekivalen* (*sand equivalent*) diperbolehkan minimum 40%. Berat jenis curah (*bulk*) minimum 2,50. Peresapan terhadap air maksimum diperbolehkan 3 %.

Harus *non plastis*. Harus masuk dalam Spesifikasi gradasi yang dipersyaratkan.

Bahan material, biasanya nama sesuai dengan daerah asalnya, misalnya pasir Muntilan yaitu pasir yang diambil dari Muntilan, dsb

Tabel 2.3. Persyaratan Agregat Halus dan Metode Pengujian

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min	Maks
Agregat Halus					
1	Penyerapan Air	SNI-M-03-1970-1990-F	%	-	3
2	Berat Jenis Curah (<i>Bulk</i>)	SNI-M-03-1970-1990-F	-	2,5	-
3	Berat Jenis Semu	SNI-M-03-1970-1990-F	-	-	-
4	Berat Jenis Efektif	SNI-M-03-1970-1990-F	-	-	-
5	<i>Sand Equivalent</i>	AASHTO T-84-1974	%	40	-

Sumber : SNI (1989,1990); BSI (1992); AASHTO (1975)

2.4. Bahan Pengisi / Filler

Bahan Pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir sangat halus yang berfungsi sebagai butir pengisi, yang merupakan *fraksi* debu mineral yang lolos saringan BS no 200 (0,075mm). *Fraksi filler* ini sangat penting peranannya terutama untuk meningkatkan ketahanan campuran terhadap *flow* (kelelehan) dan aspal. Diperkirakan juga dapat meningkatkan daya ikat aspal terhadap agregat dan menaikkan nilai *Durabilitas* Campuran (E.J. Dickinson, 1984). Kandungan *filler* yang terlalu tinggi akan cenderung menghasilkan campuran yang mudah melunak pada cuaca panas (*bleeding*). Selain itu kadar *air void* yang cukup akan memberikan tingkat *elastisitas* yang baik terhadap *repetisi* beban yang ada serta lapisan menjadi kedap air (CQCMU Bina Marga, 1988)

Pengaruh *filler* di dalam campuran diantaranya adalah untuk membentuk *mastik* dan ini akan berpengaruh pada *viskositas* aspal murni, sehingga akan meningkatkan *durabilitas* (keawetan) campuran. Mekanisme pengaruh dari *filler* dapat meningkatkan daya adhesi aspal terhadap agregat, baik secara mekanik ataupun kimia. Hal ini akan nyata terlihat pada pengujian *Marshall* rendaman. Dengan penambahan kadar *filler*, maka campuran menjadi semakin kering. Sebaliknya pengurangan kadar *filler* akan mengakibatkan campuran semakin basah. (Crauss, Ishai, & Sides, 1982).

Pada awalnya bahan pengisi hanya diuji tentang sifatnya untuk memperpanjang umur konstruksi, terutama penyelimutan terhadap air. Ternyata penyelidikan selanjutnya menunjukkan adanya peningkatan pada *impact resistance*, geser, kuat tekan, mengurangi tingkat kegetasan, mengendalikan *deformasi plastis*, dan meningkatkan kekentalan campuran sehingga dapat mengurangi nilai kelelehan (*flow*). (Hunter, Robert 1994).

Lebih lanjut (Hunter, Robert 1994) juga meneliti pengaruh/ efek penggunaan bahan pengisi dalam campuran. Hal terpenting berpengaruh pada peningkatan nilai *softening point* dan penurunan nilai *penetrasi*. Penambahan bahan pengisi juga berpengaruh terhadap sifat performa campuran antara lain *weathering*, *durability*, *fire resistance*, *strength*, dan *pliability* (sifat liat). Selanjutnya disarankan untuk dilakukan peninjauan terhadap luas permukaan, bentuk partikel, penyebaran ukuran partikel, susunan partikel saat dipadatkan, dan kandungan volume pori dalam campuran yang digunakan bahan berbutir halus. Hal ini dirasa penting karena akan mempengaruhi kinerja atau karakteristik campuran.

Ada beberapa syarat untuk bahan pengisi (*filler*) yang harus dipenuhi yaitu :
Filler tidak boleh tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki. Nilai kadar air maksimum 1 %. Syarat gradasi/ penyaringan dari *filler* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4. Persyaratan Gradasi *Filler*

Ukuran Saringan		Persen Lolos
Nomor	mm	
No. 30	0,59	100
No. 50	0,279	95 – 100
No. 100	0,149	90 – 100
No. 200	0,074	70 - 100

Sumber : Spesifikasi Teknik Buku III Bina Marga (1988)

Tabel 2.5. Persyaratan *Filler* dan Metode Pengujian

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min	Maks
Filler					
1	Berat Jenis	SNI-15-2531-1991	-	-	-

Sumber : SNI (1989,1990); BSI (1992); AASHTO (1975)

Bahan-bahan lain yang pernah digunakan sebagai penelitian tentang *filler* adalah :

- a. *Fly Ash* : disebut juga sebagai debu batu bara, karena didapatkan dari sisa-sisa batu bara atau berasal dari limbah batu bara.
- b. Abu sekam padi : merupakan sisa atau abu dari pembakaran sekam padi, mengandung kadar silika sekitar 92 % dari berat abu yang merupakan komposisi kimia yang lazim dari mineral yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan.
- c. Semen : *Filler* yang berupa semen adalah jenis *filler* yang terbaik menurut BS. 594 (1992), namun penggunaan *filler* semen di Indonesia kurang, karena selain harganya yang cukup mahal juga terkadang susah didapat.
- d. Kapur : merupakan agregat standar menurut BS. 594 (1992), ideal digunakan untuk campuran pada perkerasan karena mempunyai stabilitas yang tinggi. Mempunyai mutu yang baik terhadap air, karena keberadaan ion kalsium yang terhidrasi memiliki *durabilitas* yang tinggi dalam kaitannya dengan air.
- e. Abu batu : berasal dari batu alam dengan ukuran yang paling kecil, *filler* dari bahan ini paling banyak digunakan di Indonesia, menurut BS. 549 (1992) abu batu juga merupakan agregat standar yang bisa digunakan dalam campuran *HRA*.
- f. Batu bata : berasal dari pecahan batu bata yang ditumbuk, sehingga didapatkan ukuran material yang mampu lolos dari saringan no 200 (0.075mm).
- g. Abu sawit : termasuk dalam penelitian yang baru (2001), dimana material *filler* yang dipergunakan adalah abu dari limbah pengolahan kelapa sawit. Berasal dari pembakaran cangkang dan serabut kelapa sawit.

2.4.1. Slag Hasil Sampingan Proses Pemurnian Logam Pada Tanur Tinggi

“*Slag*” adalah bahan bukan logam (*non-metallic*) yang umumnya didapatkan dari terak dapur tinggi (tanur tinggi) proses pengolahan besi. *Slag* mengapung diatas cairan besi panas, karena berat jenis *slag* lebih kecil dari berat jenis besi itu sendiri. Hal ini akan mempermudah mengeluarkan cairan besi dan *slag* secara terpisah, sehingga cairan besi yang dihasilkan bersih dari kotoran *slag* tersebut. Menurut beberapa sumber (*Pustrans, 1996*), *slag* yang dihasilkan dari suatu pengolahan besi atau pemurnian logam dapat mencapai tiga kali dari volume cairan besi yang dihasilkan. Produksi sampingan (*by product*) atau bahan buangan (*waste material*) pada proses pemurnian logam pada *tanur* dengan temperatur tinggi dapat berupa *Slag (lump slag)*.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan, baik di dalam maupun di luar negeri antara lain oleh Puslitbang Jalan, menyatakan bahwa *slag* yang merupakan produk sampingan dapat dimanfaatkan untuk timbunan badan jalan, stabilisasi tanah, lapis pondasi, pondasi atas dan campuran beraspal lapis permukaan sebagai agregat. (*Kurniadji dan Yamin, Anwar;, 2000*).

2.4.2. Penggunaan Slag Untuk Perkerasan Jalan

Sebenarnya *slag* telah lama dikenal orang dimana penggunaannya sangat bervariasi dari penggunaan untuk stabilisasi tanah dasar, lapis pondasi *granular* dan beraspal serta campuran beraspal.

Beberapa hasil pengkajian penggunaan bahan *slag* yang telah dilakukan diperlihatkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penggunaan *slag* serta beberapa hasil pengujian

No	Asal Slag	Produksi/ton	Hasil pengkajian	Keterangan
1.	Peleburan bijih tembaga PT Petro Kimia Gresik, Jawa Timur	± 290.000 (th. 1994)	Kandungan kimia dominan FeSiO ₄ Digunakan untuk Laston, dgn Stabilitas Marshall 1358 kg, Marshall kuosien 526 kg/mm pd kadar aspal optimum 5,47 %	Tanpa diberikan bahan tambah.
2.	Peleburan bijih besi Krakatau Steel Cilegon, Banten	> 50.000 (th.1985)	Kandungan kimia: - CaO : 13,69 - 46,37% ; - SiO ₂ 14,55 - 23,98% Kelekatan terhadap aspal < 95% Penggunaan: - Stabilisasi Tanah: menaikkan nilai CBR dari 1% ke 4,7% (30% <i>slag</i>) - Digunakan pada Lapis pondasi, Lapis Pondasi atas, Lapan Macadam dan Sebagai filler pada Laston	Untuk Lapan Macadam menghasilkan permukaan yang tajam diperlukan perbaikan proses pendinginan slag
3.	Peleburan bijih nickel Luwu, Sulawesi Selatan	3,528 juta (th.1996)	Kelekatan terhadap aspal >95%; Penyerapan terhadap air 0,97; Berat Jenis : bulk 3,31; semu 3,31 Keausan 9,95. Thn 1996 digunakan untuk Japat. Dapat digunakan untuk Lap pondasi, Lap Pondasi atas, Lap beraspal	Penggunaan untuk campuran beraspal tidak diperlukan bahan tambah
4.	Peleburan bijih nickel PT Aneka Tambang Pomalaa Sulawesi Tenggara	864.000 (th.2000)	Kelekatan terhadap aspal >95% Penyerapan terhadap air 0,69; Berat Jenis Bulk 3,19;Semu 3,36; dan Keausan 16,67 Dicoba digunakan utk Lasbutag dingin dengan Stabilitas 822 kg, Marshall kuosieon 375 kg/mm pada kadar aspal 7,2% ; Laston panas dg Stabilitas 1245 kg, Marshall kuosien 319 kg/mm, MR : 2023 Mpa pada kadar aspal 6,55%	Penggunaan sebelumnya adalah untuk reklamasi pantai

Sumber : Kurniaji dan Anwar Yamin,(2000)

2.5. Gradasi.

Penentuan distribusi partikel dalam suatu campuran disebut *Gradasi*. Gradasi sangat penting dalam menentukan stabilitas campuran perkerasan. Gradasi agregat akan mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dalam proses pelaksanaan. *Krebs and Walker (1971)* menyatakan bahwa gradasi dibedakan atas 3 (tiga) macam, yaitu :

- a. Gradasi seragan (*uniform graded*), yaitu gradasi yang mempunyai ukuran butiran hampir sama atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi ini akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan *permeabilitas* tinggi, *stabilitas* kurang dan mempunyai berat volume kecil.
- b. Gradasi Rapat (*Dense Graded*), yaitu campuran agregat kasar dan agregat halus dalam porsi berimbang, sehingga disebut juga dengan agregat bergradasi baik (*well-graded*). Gradasi ini akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan *stabilitas* tinggi, kurang kedap air, dan berat volume besar.

- c. Gradasi Buruk (*Poorly-Graded*), yaitu merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur, yaitu gradasi celah/ senjang (*gap-graded*), yaitu merupakan campuran agregat dengan satu fraksi dihilangkan atau satu fraksi dikurangi sedikit, dimana akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis gradasi diatas.

Penentuan distribusi ukuran agregat akan mempengaruhi kekakuan campuran aspal. Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan campuran dengan kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan agregat bergradasi terbuka. Dari segi uji kelelahan, kekakuan adalah suatu hal yang amat penting karena akan mempengaruhi tegangan dan regangan yang akan diderita campuran aspal akibat beban dinamik lalu lintas.

Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement) menetapkan gradasi dengan 2 (dua) spesifikasi khusus, yaitu target gradasi berada dalam batas titik-titik kontrol (*control-point*) dan sedapat mungkin hindari daerah penolakan (*restricted-zone*). Titik-titik kontrol akan berfungsi sebagai batas rentang dimana suatu target gradasi harus lewat. Titik-titik tersebut diletakkan di ukuran maksimum nominal dan di pertengahan saringan (2,36 mm) dan ukuran saringan terkecil No. 200 (0,075 mm). Sedangkan daerah penolakan terletak diantara pertengahan saringan 4,75 mm dan saringan 0,3 mm.

Gradasi yang melewati daerah penolakan disebut "*humped-gradation*". Disebut demikian karena berbentuk *hump* (punggung bukit) daerah ini. Di dalam campuran, daerah penolakan ini menunjukkan terlalu banyak pasir halus dari seluruh total pasir, sehingga akan mengalami kesulitan dalam pemadatan dan bisa mengurangi ketahanan terhadap *deformasi* selama umur rencana. Gradasi yang mengikuti garis kepadatan (*density*) maksimum seringkali memberikan *VMA (Void in Mineral Aggregate)* yang tidak mencukupi untuk memberikan kadar aspal yang sesuai dalam menghasilkan campuran dengan keawetan tinggi.

Kennedy (1994) menjelaskan tujuan adanya *zone* penolakan (*restricted-zone*) adalah :

- a. Membatasi jumlah pasir halus yang dapat mengakibatkan kehampaan atau mengalami kesulitan dalam pemadatan karena melendut, dalam kurva gradasi dalam rentang 600 μ m (0,6mm).
- b. Untuk menghindari gradasi jatuh pada *max. density line* dan biasanya akan menyebabkan kegagalan dalam pencapaian *VMA* yang diinginkan.

Lebih lanjut *Kennedy (1994)* menyarankan untuk memilih target gradasi yang lewat di bawah daerah penolakan untuk menghasilkan suatu campuran perkerasan dengan kinerja baik dan dengan volume lalu lintas yang tinggi.

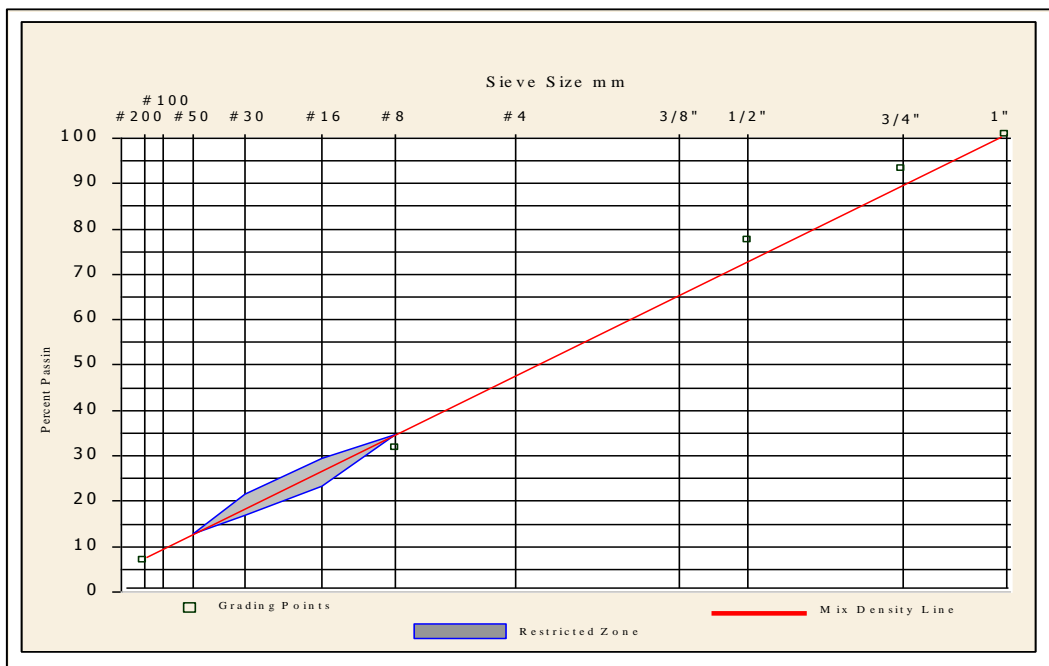
RJ Cominsky (1994) menjelaskan tentang gradasi sebagai berikut :

- Nominal max.size* adalah suatu saringan yang lebih kecil dari saringan pertama untuk menahan lebih dari 10% agregat.
- Max.Size* adalah suatu saringan yang terletak lebih atas (besar) dari *nominal max.size*.
- Max.Density Line (Kurva Fuller)* adalah suatu garis yang digambar berdasarkan pangkat 0,45 (*Fuller Gradation*) ke titik dimana *max.size* memotong 10% garis lolos.
- Restricted-zone* (daerah penolakan) adalah zona yang berada pada *Kurva Fuller* dan membentang dari 0,3 mm hingga 2,36 mm, dimana tidak diinginkan gradasi melewati zona ini. Untuk gradasi dengan nominal *max.size* 25 mm hingga 37,5 mm, zona penolakan terbentang hingga saringan 4,75 mm.

Tabel 2.9. Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos						
		Latasir (SS)		Lataston		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2 "	37,50	-	-	-	-	-	-	100
1 "	25,40	-	-	-	-	-	100	90 - 100
3/4 "	19,00	100	100	100	100	100	90 - 100	Maks 90
1/2 "	12,50	-	-	90 - 100	90 - 100	90 - 100	Maks 90	-
3/8 "	9,50	90 - 100	-	75 - 85	65 - 100	Maks 90	-	-
No. 8	2,36	-	75 - 100	50 - 72	35 - 55	28 - 58	23 - 39	19 - 45
No.16	1,18	-	-	-	-	-	-	-
No. 30	0,60	-	-	35 - 60	15 - 35	-	-	-
No. 200	0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8	3 - 7
Daerah Larangan								
No. 4	4,75	-	-	-	-	-	-	39,5
No. 8	2,36	-	-	-	-	39,1	34,6	26,8 - 30,8
No.16	1,18	-	-	-	-	25,6 - 31,6	22,3 - 28,3	18,1 - 24,1
No. 30	0,60	-	-	-	-	19,1 - 23,1	16,7 - 20,7	13,6 - 17,6
No. 50	0,30	-	-	-	-	15,5	13,7	11,4

Sumber : Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001)



Gambar 2.1. Grafik Superpave AC Binder Course.

2.6. Campuran Laston Lapis Pengikat (*Asphalt Concrete Binder Course - AC/BC*).

Aspal Beton (Laston) mulai diperkenalkan di Indonesia sekitar awal tahun 1970-an dan berkembang hingga pertengahan tahun 1980-an. Namun perkembangan selanjutnya terhadap Laston ini bahwa campuran ini ternyata sangat rentan terhadap retak.

Jenis campuran lain adalah *Hot Rolled Sheet (HRS)* yang diperkenalkan pada pertengahan tahun 1980-an. Sebagai alternatif dari Aspal Beton (Laston). Sifat dari *HRS* adalah mempunyai kelenturan yang tinggi, dan mempunyai film binder yang lebih tebal. Namun ternyata *HRS* mengalami kerusakan dini, yaitu terjadi *deformasi plastis*. Penyebabnya ternyata adalah kegagalan dalam persyaratan gradasi yang *gap graded*, dan kadar *bitumen* tidak memenuhi syarat. Untuk itulah, belajar dari kedua kasus tersebut, maka perlu dikembangkan suatu spesifikasi baru campuran aspal panas yang dapat memberikan keseimbangan antara tuntutan ketahanan terhadap retak lelah dan deformasi plastis.

Spesifikasi dibuat agar dapat dihasilkan suatu campuran yang memberikan kinerja yang baik sesuai persyaratan. Perencanaan Campuran beraspal yang berorientasi pada kinerja yang didasarkan pada pendekatan rasional atau mekanistik.

Karakteristik campuran beraspal berdasarkan kinerja (*performance based properties*) adalah karakteristik campuran yang berhubungan dengan respon perkerasan terhadap beban. Setelah sasaran kinerja tertentu didefinisikan maka target karakteristik campuran dapat ditetapkan atau

sebaliknya dengan mengetahui karakteristik campuran maka kinerja perkerasan dapat diperkirakan. (Priyatno, Bagus, 2001).

Laston (*Asphalt Concrete-AC*) adalah suatu campuran aspal panas yang diharapkan dapat lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun gradasi agregat. Laston AC ini dibagi dalam 3 (tiga) jenis, yaitu Laston Lapis Aus (*Asphalt Concrete Wearing Course-AC WC*), Laston Lapis Pengikat (*Asphalt Concrete Binder Course-AC BC*), dan Laston Lapis Pondasi (*Asphalt Concrete Base Course-AC Base*). Dalam penelitian ini dipergunakan campuran **Laston Lapis Pengikat** (*AC BC - AC Binder Course*). Fungsi utama dari *Laston Lapis Pengikat - AC BC* adalah sebagai lapis tambahan pada lapis permukaan.

Alasan dipergunakannya *Laston Binder Course (AC-BC)* adalah :

- 1) Lapisan aspal terlalu tebal bila dipadatkan dalam 1 (satu) lapis, jadi harus dihampar dan dipadatkan dalam 2 (dua) lapis.
- 2) *AC Binder Course* mempunyai grading agregat yang lebih kasar bila dibandingkan dengan grading *AC Wearing Course*.
- 3) Mempunyai kandungan kadar aspal yang rendah.
- 4) Tidak memerlukan kualitas yang sama dengan *AC Wearing Course*.

Dalam perkembangannya nanti, diharapkan *AC Binder Course* ini dapat menggantikan fungsi *AC Wearing Course*. Perkerasan *AC Binder Course* ini dipasang/ diletakkan dibawah perkerasan *AC Wearing Course*.

2.7. Persyaratan Campuran.

Perencanaan campuran mencakup kegiatan pemilihan dan penentuan proporsi material untuk mencapai sifat-sifat akhir dari campuran aspal yang diinginkan (*Ashalt Institute, 1993*). Tujuan dari perencanaan campuran adalah untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi agregat dan aspal, yang akan menghasilkan campuran yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. *Stabilitas*, adalah kemampuan campuran untuk melawan *deformasi* atau perubahan bentuk yang disebabkan beban lalu lintas. Stabilitas tergantung dari gaya gesek (*internal-friction*) dan kohesi (*cohesion*). Sedangkan gaya gesek tergantung pada tekstur permukaan (*surface texture*), gradasi agregat, bentuk kombinasi dari gaya gesek dan kemampuan untuk saling mengunci dari agregat dalam campuran.
- b. *Fleksibilitas*, adalah kemampuan lapis permukaan untuk menyesuaikan perubahan bentuk yang terjadi di bawahnya tanpa mengalami retak-retak. Sifat ini bertolak belakang dengan *stabilitas*. Dalam perencanaan kedua sifat ini diusahakan agar dapat dicapai batas

optimumnya, karena usaha untuk memaksimalkan sifat yang satu akan berarti meminimumkan sifat lainnya. Umumnya *fleksibilitas* campuran akan tinggi dengan menambahkan kadar aspal dengan *daktalitas* tinggi, mengurangi tebal lapis keras dan menggunakan gradasi agregat senjang.

- c. *Durabilitas*, adalah kemampuan campuran untuk mempertahankan kualitasnya dari kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca, dan lingkungan serta beban lalu lintas (*oksidasi, stripping, desintegrasi agregat*).
- d. *Impermeability*, adalah sifat kedap air dan udara yang dimiliki campuran. Sifat ini erat kaitannya dengan jumlah rongga dalam campuran yang dapat mempengaruhi *durabilitas* lapis perkerasan. Permukaan perkerasan dapat dimungkinkan kedap air dengan cara menggunakan gradasi rapat dan atau memperbesar kadar aspal agar dapat diperoleh nilai *void* yang kecil.
- e. *Fatigue Resistance*, adalah kemampuan perkerasan terhadap kelelahan akibat beban yang berulang-ulang (*load-repetition*) dari beban lalu lintas tanpa mengalami retak. Nilai *Fatigue Resistance* dapat dinaikkan dengan cara mempertinggi kadar aspal, mempertebal lapis permukaan dan memperkecil rongga terhadap campuran.
- f. *Skid Resistance*, adalah kekesatan lapis permukaan yang akan berkaitan dengan kemampuan permukaan lapis keras tersebut untuk melayani arus lalu lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi *skidding-slipping* pada saat kondisi permukaan perkerasan sedang basah. Nilai kekesatan yang tinggi dapat diperoleh dengan cara menggunakan agregat dengan *mikrotekstur* tinggi dan nilai abrasi rendah, dan mengurangi kadar aspal. Cara *mikrotekstur* adalah dengan *chipping*.
- g. *Workability*, adalah sifat kemudahan dari campuran untuk dapat dilaksanakan. Sifat kemudahan ini meliputi pencampuran, penghamparan dan pemadatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah gradasi agregat, suhu pencampuran dan kandungan *filler*.

Sifat-sifat campuran aspal panas sesuai ketentuan ditunjukkan seperti tabel dibawah ini :

Tabel 2.10. Ketentuan Sifat-sifat Campuran

Sifat-sifat Campuran			Latasir	Lataston		Laston		
			Kelas A & B	WC	Base	WC	BC	Base
Penyerapan kadar aspal		Maks	2.0	1.2 untuk Lalu lintas > 1,000,000 ESA 1.7 untuk Lalu lintas < 1,000,000 ESA				
Jumlah tumbukan per bidang			50	75				112 ⁽¹⁾
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Lalu lintas (LL) > 1 juta ESA	Min	Tidak digunakan untuk LL berat	-		4.9		
		Maks		-		5.9		
	> 0.5 juta ESA & < 1 juta ESA	Min		4.0		3.9		
		Maks		6.0		4.9		
	Lalu lintas (LL) < 0.5 juta ESA	Min		3.0			3.0	
Maks		6.0			5.0			
Rongga dalam Agregat (VMA) %		Min	20	18	17	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Lalu lintas (LL) > 1 juta ESA	Min	Tidak digunakan untuk LL berat	65		65	63	60
		Min		68				
	Lalu lintas (LL) < 0.5 juta ESA	Min		75				
Stabilitas Marshall (kg)		Min	200	800				800 ⁽¹⁾
		Maks	850	-				-
Kelelehan (mm)		Min	2	2				2 ⁽¹⁾
		Maks	3	-				-
Marshall Quotient (kg/mm)		Min	80	200				200
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾		Min	85 untuk Lalu lintas > 1,000,000 ESA 80 untuk Lalu lintas < 1,000,000 ESA					
Rongga dlm campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ^(2,3)	Lalu lintas (LL) > 1 juta ESA	Min	Tidak digunakan untuk LL berat	-		2.5		
		Maks		2				
	Lalu lintas (LL) < 0.5 juta ESA	Min		1				

Sumber : Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001)

Catatan tabel 2.5 :

1. Modifikasi Marshall
2. Untuk menentukan kepadatan membal (*refusal*), penumbuk bergetar (*vibratory hammer*) disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan per bidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inch.
3. Untuk Lalu lintas yang sangat lambat atau lajur padat, gunakan kriteria ESA yang lebih tinggi.
4. Berat jenis efektif agregat akan dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis Maksimum Agregat.
5. Direksi Pekerjaan dapat menyetujui prosedur pengujian AASHTO T.283 sebagai alternatif pengujian kepekaan kadar air. Pengondisian beku cair tidak diperlukan.

Pengujian sifat-sifat campuran menggunakan metode *Marshall-Test* serta tambahan prosedur *PRD (Percentage Refusal Density)* sesuai dengan *SNI Bina Marga 1999* tentang Tata Cara Penentuan Kepadatan Mutlak Campuran Beraspal Panas. Metode pemadatan *PRD* dapat dilakukan dengan Pemadat Getar (*Gyratory*) atau mengikuti prosedur *Marshall* tapi telah dimodifikasi dengan jumlah 2 x 400 tumbukan tiap sisi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Laston Binder Course (AC-BC)* dengan panduan *Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas edisi Agustus 2001 Departemen Kimpraswil* yang merupakan dasar dari Persyaratan. Sedangkan standar-standar pengujian lain yang digunakan, sebagian menggunakan standar yang dikeluarkan oleh *British Standard (BS)*, *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, *American Society for Testing and Materials (ASTM)*. Sebagian besar yang lain juga mengadopsi dari metode yang disahkan atau distandarkan oleh Departemen Kimpraswil yang berupa SK SNI. Bina Marga 1999 tentang Tata Cara Penentuan Kepadatan Mutlak Campuran Beraspal Panas, Revisi Spesifikasi Bina Marga, Juni 2000.

Di dalam penelitian ini, pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji *Marshall*). Pengujian terhadap agregat termasuk pemeriksaan berat jenis, pengujian *Los Angeles*, kelekatan agregat terhadap aspal, indeks kepipihan, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal termasuk juga pengujian *penetrasi*, titik nyala-titik bakar, titik lembek, kehilangan berat, kelarutan (*CCL₄*), *daktilitas* dan berat jenis. Sedangkan metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah metode *Marshall*, dimana dari pengujian *Marshall* tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa *properties Marshall* yaitu, *stabilitas*, *flow*, *Void In the Mix (VIM)*, *Void Filled with Bitumen (VFB)*, *Void in Mineral Aggregate (VMA)* dan dihitung *Marshall Quotient*-nya, pengujian terakhir adalah berupa uji rendaman *Marshall* atau uji *Immersion*.

Kemudian setelah semua pengujian tersebut di atas telah dilalui dan mendapatkan hasil yang berupa data, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan atau analisa dan setelah itu dapat dilakukan pembahasan apakah hasil analisa yang didapat sesuai dengan hipotesa, ataupun hasil tersebut bertolak belakang dengan hipotesa. Dan terakhir, dapat diambil kesimpulan dan juga saran dari penelitian yang telah dilakukan.

3.2. Dasar Perhitungan

Sebelum dapat melakukan suatu penelitian, maka perlu juga diperhitungkan atau dipertimbangkan mengenai suatu perencanaan terhadap cara atau tahap-tahap dalam penelitian

tersebut. Perencanaan tersebut penting sebab dapat dijadikan suatu dasar perhitungan atau acuan dalam menentukan langkah penelitian ini. Selain itu perencanaan ini penting supaya ketelitian atau kekompletan dalam mencari data dan menguji sampel dalam laboratorium dapat terjaga atau dalam kata lain hasil yang dicapai penelitian dapat akurat.

Beberapa dasar perhitungan yang sering dijumpai dalam perencanaan atau analisa dalam penelitian ini adalah :

a. Berat Jenis Curah (*Bulk*) Agregat.

Agregat total terdiri atas *fraksi-fraksi* agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/ *filler* yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda. Berat jenis bulk (G_{sb}) agregat total dapat dihitung sebagai berikut :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- G_{sb} = Berat jenis *bulk* curah total agregat
- P_1, P_2, P_3 = Persentase masing-masing fraksi agregat
- G_1, G_2, G_3 = Berat jenis *bulk* curah masing-masing fraksi agregat

Berat jenis bulk bahan pengisi/ *filler* sulit ditentukan dengan teliti. Namun demikian, jika berat jenis nyata (*apparent*) bahan pengisi dimasukkan, maka penyimpangan yang timbul dapat diabaikan

b. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif campuran (G_{se}), dapat ditentukan dengan memakai rumus berikut ini :

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- G_{se} = Berat jenis efektif agregat
- G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol
- P_{mm} = Persen berat total campuran (=100)
- P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum
- G_b = Berat jenis aspal

c. Berat Jenis Campuran.

Berat jenis maksimum campuran, G_{mm} pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaiknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah atau tiga buah.

Selanjutnya Berat jenis maksimum (G_{mm}) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat
- G_{sb} = Berat jenis *bulk* curah agregat
- G_{se} = Berat jenis efektif agregat
- G_b = Berat jenis aspal

d. Penyerapan Aspal.

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (P_{ba}) adalah sebagai berikut :

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} G_b \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat
- G_{sb} = Berat jenis *bulk* curah agregat
- G_{se} = Berat jenis efektif agregat
- G_b = Berat jenis aspal

e. Kadar Aspal Efektif.

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Rumus kadar aspal efektif adalah :

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- P_{be} = Kadar aspal efektif, persen total campuran
- P_b = Kadar aspal, persen total campuran
- P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat
- P_s = Kadar agregat, persen total campuran

f. Rongga di antara Mineral Agregat (VMA).

Rongga di antara mineral agregat (*Void in Mineral Agregat-VMA*) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). *VMA* dihitung berdasarkan Berat Jenis *Bulk* (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *Bulk* campuran yang dipadatkan. Perhitungan *VMA* terhadap campuran total adalah dengan rumus :

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(6)$$

VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total, rumusnya adalah sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

- VMA* = Rongga di antara mineral agregat, persen volume *bulk*
- G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat
- G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat
- P_s = Kadar agregat, persen total campuran
- P_b = Kadar aspal, persen total campuran

g. Rongga Dalam Campuran (VIM).

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau *Void in the Mix-VIM* dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

- V_a = Rongga udara campuran, persen total campuran
- G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat
- G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol.

h. Rongga Terisi Aspal (VFB).

Rongga terisi aspal (*Void Filled with Bitumen-VFB*) adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus *VFB* adalah sebagai berikut :

$$VFB = \frac{100(VMA - V_a)}{VMA} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

- VFB* = Rongga terisi aspal, persen *VMA*
- VMA* = Rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*
- V_a* = Rongga di dalam campuran, persen total campuran

i. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(10)$$

Kemudian setelah menghitung *Marshall Quotient (MQ)*, maka dilakukan uji Rendaman *Marshall (Immersion Test)*, sehingga *Index of Retained Strength (IRS)* dapat ditentukan dengan rumus :

$$IRS = \left[\frac{MSI}{MSS} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- MQ* = *Marshall Quotient* (kg/mm)
- MS* = *Stabilitas Marshall* (kg)
- MF* = *Marshall Flow / Kelelehan* (mm)
- IRS* = *Index of Retined Strength* = Indeks Stabilitas Sisa
- MSS* = *Stabilitas Marshall* kondisi standar dengan perendaman 30-40 menit pada suhu 60° C
- MSI* = *Stabilitas Marshall* kondisi setelah direndam selama 24 jam dengan suhu 60° C

j. Dust Proportion (DP)

Dust Proportion (DP) adalah nilai hasil bagi antara prosentase kadar *filler* dengan prosentase kadar aspal. Angka ini merupakan suatu nilai untuk mengetahui kondisi campuran aspal terbaik. Jika nilai *DP* ini terlalu tinggi, maka campuran aspal menjadi kurang dapat menyatu

antara agregat kasar dan agregat halus, dimana hal ini diakibatkan karena penyerapan aspal oleh *filler* yang terlalu tinggi. *The Asphalt Institute (1995)* menyebutkan bahwa nilai *DP* yang baik dan berkualitas berkisar antara 0,6 – 1,2. Persamaan yang digunakan untuk menentukan *DP* seperti berikut ini :

$$DP = \frac{P_f}{P_b} \dots\dots\dots(12)$$

3.3. Bahan Penelitian.

A. Agregat.

Agregat yang digunakan meliputi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi. Agregat kasar yang diambil adalah yang tertahan pada saringan no. 1/2” (Ø12,7 mm) sampai dengan tertahan pada saringan no. 8” (Ø 2,38mm). Untuk agregat halus diambil pada saringan tertahan no. 30” (Ø 0,59 mm) sampai dengan tertahan saringan no. 100 (Ø 0,149mm) dengan hasil dari tumbukan halus material “*Slag*” yang digunakan untuk variasi *fine aggregate*. Ukuran maksimal agregat untuk pengujian ini adalah 25,4 mm.

B. Bahan Pengisi (*filler*).

Bahan pengisi (*filler*) standar yang digunakan adalah dari debu batu untuk penentuan kadar aspal optimumnya. Bahan pengisi (*filler*) harus memenuhi persyaratan gradasi yaitu harus lolos saringan no. 200 (Ø 0,075mm).

C. Aspal Keras.

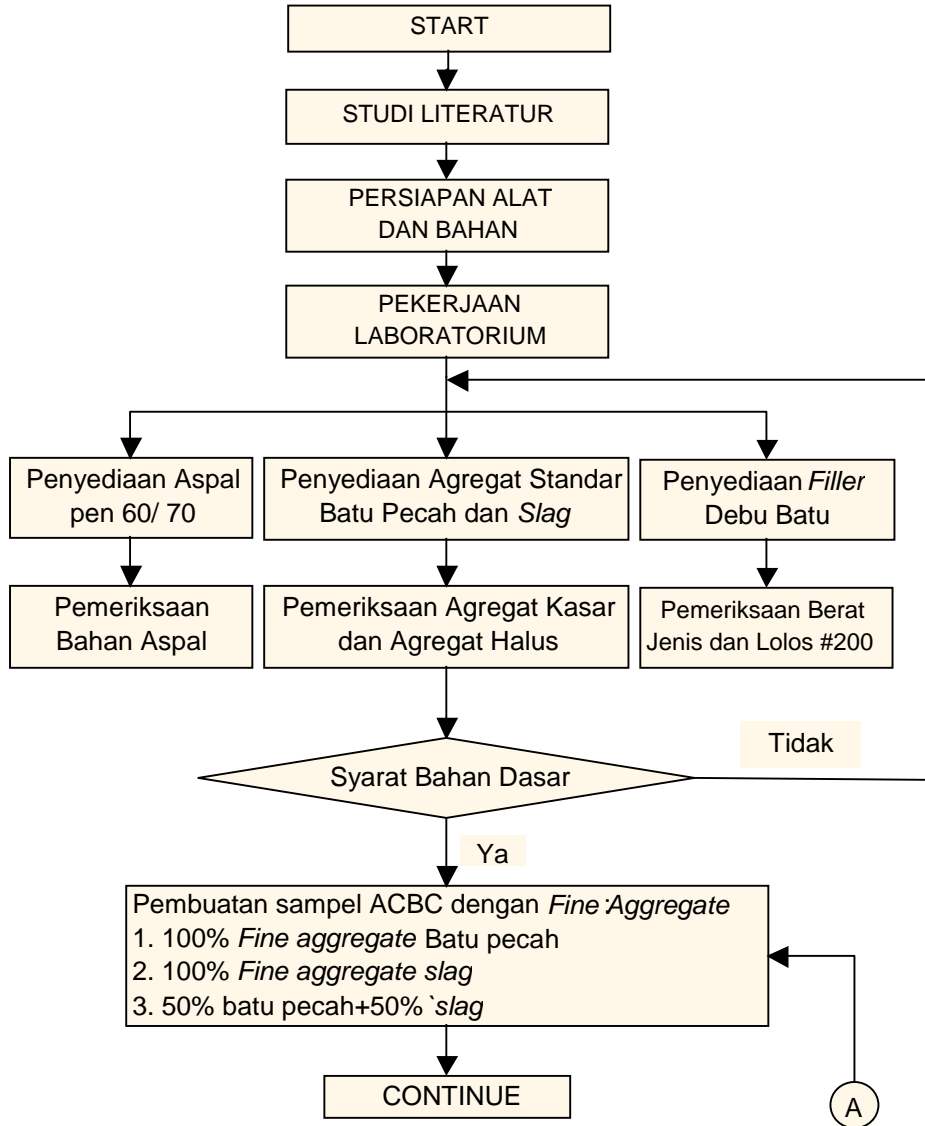
Aspal keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari jenis aspal cement penetrasi 60/70 dari pabrik pengolahan Pertamina, Cilacap.

3.4. Perencanaan Campuran Beraspal Laston Binder Course (AC-BC).

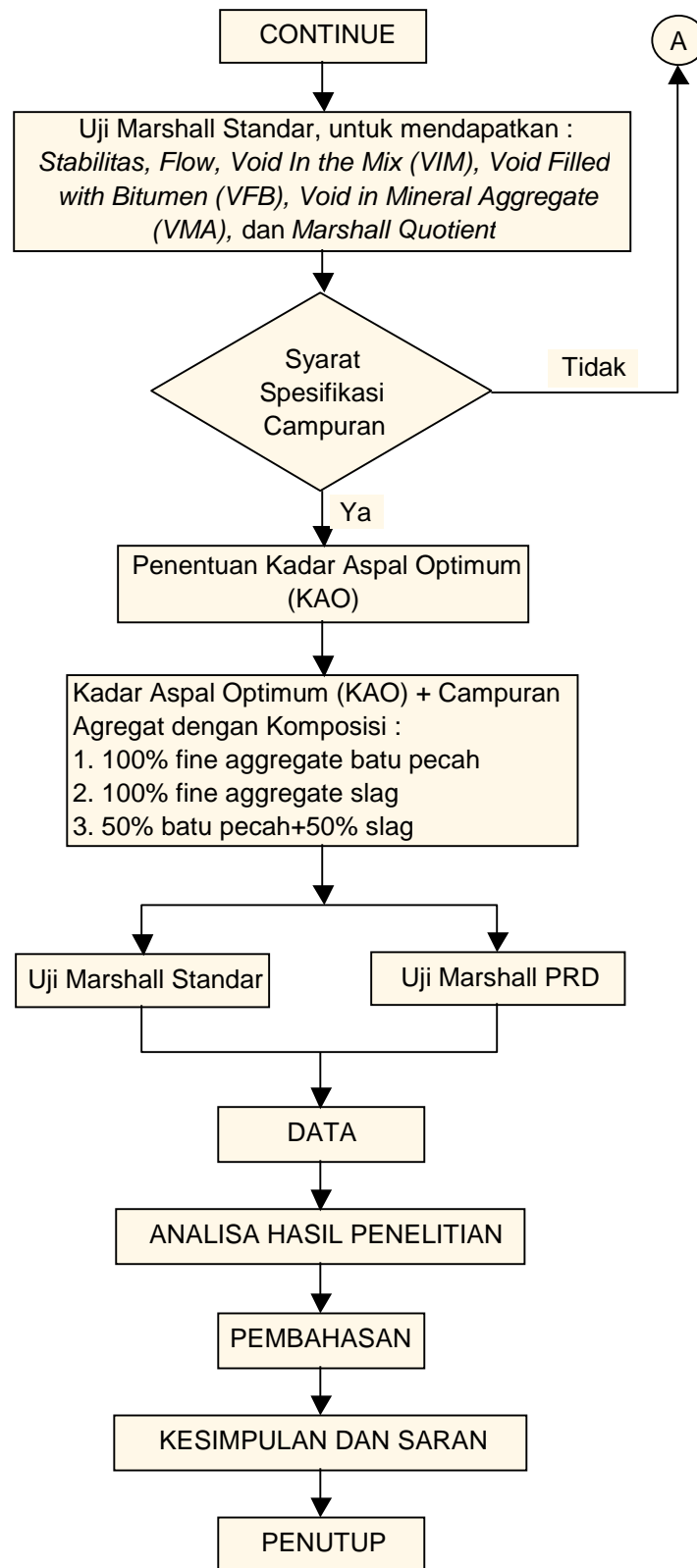
Jenis campuran yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji adalah campuran panas agregat aspal dengan gradasi spesifikasi Bina Marga untuk lapis *Laston Binder Course (AC-BC)*. Proporsi bahan susun campuran menggunakan perbandingan berat. Berdasarkan hasil analisis saringan maka ditentukan berat masing-masing ukuran agregat dengan prosentase yang telah ditetapkan terlebih dahulu dalam target gradasi. Target gradasi ditentukan sesuai spesifikasi untuk ukuran agregat maksimum 25,4 mm.

3.5. Tahapan Penelitian.

Tahapan atau cara melaksanakan penelitian ini, secara garis besar dapat digambarkan dalam suatu kerangka yang berbentuk diagram alir seperti diagram di bawah ini :



Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian



Gambar 3.2. Diagram Alir Tahapan Penelitian Lanjutan

3.6. Uraian Tahapan Penelitian

- a) Tahap pertama yang dilakukan adalah studi pustaka. Studi pustaka bertujuan untuk mendapatkan *referensi-referensi* dan *literatur-literatur* yang berguna sebagai dasar dari penelitian ini.
- b) Setelah *referensi* didapat, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan proposal tesis. Setelah proposal disetujui, maka perlu persiapan alat dan bahan, termasuk lokasi laboratorium yang akan digunakan sebagai tempat penelitian.
- c) Tahap selanjutnya yang paling penting adalah pekerjaan penelitian itu sendiri. Laboratorium Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang menjadi tempat penelitian ini.
- d) Dalam pekerjaan laboratorium, dimulai dengan pemeriksaan bahan penelitian dan pemeriksaan tersebut dibagi menjadi tiga hal, yaitu :
 - i. Pekerjaan pengujian aspal
Pengujian aspal ini dimulai dari penyediaan aspal, kemudian aspal tersebut diperiksa sesuai standar, yaitu : berat jenis, *penetrasi*, titik nyala dan titik bakar serta titik lembek.
 - ii. Pekerjaan pengujian agregat standar
Pengujian Agregat standar ini termasuk juga agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Pemeriksaan terhadap agregat meliputi : saringan (*Sieve Test*), berat jenis agregat, kelekatan terhadap aspal, *sand equivalent*, kepipihan, kelonjongan serta penyerapan air.
 - iii. Pekerjaan pengujian material *slag*
Materi *fine aggregate* yang diperiksa adalah dari debu batu dan *slag*. Pemeriksaan yang perlu dilakukan terhadap *fine aggregate* ini adalah hanya berupa pengujian *Sieve Test* dan juga pengujian terhadap berat jenisnya.
- e) Jika semua material/bahan penelitian di atas memenuhi syarat, maka dapat dibuat benda uji sample dan kemudian diuji dengan *Marshall* standar dan juga berguna untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (*KAO*) dari masing-masing benda uji (sesuai dengan kondisi *fine aggregate* yang digunakan).
- f) Setelah *KAO* diketahui, maka benda uji yang baru dibuat dengan menggunakan campuran agregat ditambah dengan kadar aspal optimum yang telah diuji.
- g) Benda uji tersebut diuji lagi dengan menggunakan uji *Marshall*. Pengujian *Marshall* dilakukan dua kali, yaitu Uji *Marshall Standar* (2 x 75) tumbukan dan Uji *Marshall PRD/* Kepadatan Mutlak (2 x 400) tumbukan agar dapat ditentukan masing-masing nilai *stability*,

flow, *Void In the Mix (VIM)*, *Void Filled with Bitumen (VFB)*, *Void in Mineral Aggregat (VMA)* dan *Marshall Quotient*.

- h) Analisa hasil penelitian dilakukan setelah semua data pengujian diperoleh. Dalam analisa hasil penelitian ini akan diperoleh perhitungan-perhitungan yang berguna untuk mendapatkan hasil akhir sebagai bagian dari tujuan penelitian ini.
- i) Kemudian setelah semua perhitungan dilakukan, maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah pembahasan mengenai semua hasil penelitian, apakah sesuai dengan hipotesa, atau tidak sesuai.
- j) Terakhir dapat diambil kesimpulan dan saran.

3.7. Pemeriksaan dan Pengujian Bahan

A. Pemeriksaan Agregat

- i. Pemeriksaan agregat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Adapun untuk pemisahan agregat tersebut digunakan pengujian saringan atau *Sieve Test* dengan tujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase butiran baik agregat halus, *filler* maupun agregat kasar. Standar pemeriksaan secara umum digunakan SNI 03-1968-1990.
- ii. Agregat kasar didefinisikan sebagai agregat yang tertahan pada saringan 2,36 mm. Agregat kasar yang digunakan berupa batu alam, kemudian dipecah dengan *stone crusher* dalam ukuran tertentu sehingga didapatkan betuan-batuan kecil yang masuk dalam uji saringan atau *sieve test*.
- iii. Sesuai dengan persyaratan *BS. 594 (1992)*, agregat halus adalah semua material yang telah melewati uji *sieve* dan lolos dari saringan 2.36 mm serta tertahan pada saringan no 200 (0.075 mm).

B. Filler

Pengujian terhadap bahan *filler* debu batu adalah juga merupakan bagian dari uji *Sieve*. Material *filler* adalah material yang lolos dari saringan terbawah atau saringan no. 200 dan tertinggal di pan. Suatu *filler* mengandung tidak kurang dari (*less than*) 85% dari material yang melewati saringan 0.075 mm. Uji yang dilakukan terhadap material *filler* ini adalah pengujian terhadap berat jenis (*BS. 812 : 1975*) dan gradasi (*BS. 812 : 1975*).

C. Pengujian Aspal

Pengujian pada aspal bertujuan menguji aspal yang akan dipergunakan dalam penelitian, sesuai dengan syarat atau tidak. Dalam hal ini aspal yang digunakan adalah aspal minyak Pertamina dengan penetrasi 60/70.

3.8. Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dalam penelitian pendahuluan, kita akan menentukan *Kadar Aspal Optimum yang diperkirakan* dengan cara empiris menggunakan rumus/ persamaan :

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K$$

Dimana :

P_b = Perkiraan kadar aspal terhadap campuran; prosentase berat terhadap campuran (%).

CA = *Coarse Agregate*; Agregat kasar tertahan saringan no. 8 (2,36mm).

FA = *Fine Agregate*; Agregat halus lolos saringan no. 8 (2,36 mm).

FF = *Fine Filler*; Bahan pengisi lolos saringan no. 200 (0,075 mm)

K = Konstansta; untuk Laston ACBC dipakai 0,5 – 1,0

Bila Kadar Aspal Perkiraan P_b telah diketahui, misalnya 5,3%, maka bulatkan sampai 0,5% terdekat menjadi 5,5%. Berdasarkan perkiraan kadar aspal P_b , dibuat benda uji dengan variasi kadar aspal dan variasi kadar *fine aggregate*. Dua variasi kadar aspal diatas P_b dan dua variasi dibawah P_b . Kadar aspal yang perlu dibuat adalah -1%; -0,5%; P_b ; +0,5%; +1%. Variasi *fine aggregate* yang dipakai adalah debu batu 100%; *slag* 100%; dan kombinasi debu batu 50%+*slag* 50%, dengan masing-masing sebanyak 4 (empat) benda uji. Pembuatan benda uji menggunakan metode *Marshall* standar dengan jumlah tumbukan 2 x 75 kali. Kemudian dilakukan Test *Marshall* untuk menentukan *VIM*, *VMA*, *VFB*, Kapadatan (*density*), Stabilitas, Kelelehan (*flow*), Hasil Bagi *Marshall*. Dari hasil pengujian tersebut, kemudian diplotkan pada suatu grafik hubungan antara kadar aspal dengan semua parameter *Marshall*. Kemudian pilih/ tentukan Kadar Aspal Optimum (P_{opt}). Kadar Aspal Optimum (*KAO*) ini digunakan sebagai patokan kadar aspal untuk melangkah pada pengujian tahap lanjutan.

3.9. Pengujian Lanjutan.

Setelah Kadar Aspal Optimum ($KAO = P_{opt}$) ditentukan sebagai patokan kadar aspal, maka berikutnya adalah membuat benda uji dengan variasi kadar aspal dan variasi kadar *fine aggregate*. Variasi *fine aggregate* ditetapkan : debu batu 100%; *slag* 100%; dan kombinasi debu

batu 50% dan *slag* 50%. Sedangkan untuk variasi kadar aspal ditetapkan dua variasi diatas KAO dan dua variasi dibawah KAO, yaitu +1%; +0,5%; P_{opi} ; -0,5%; dan -1%. Untuk masing-masing dengan 4 (empat) benda uji. Selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall* standar (2 x 75) tumbukan dan Pengujian *Marshall PRD/* Kepadatan Membal (2 x 400) tumbukan untuk menentukan *VIM*, *VMA*, *VFB*, Kepadatan (*density*), Stabilitas, Kelelahan (*flow*), serta pengujian *Durabilitas*.

3.10. Pengujian Rendaman *Marshall* (*Marshall Immersion Test*)

Pengujian rendaman *Marshall* bertujuan untuk menguji pengaruh ketahanan campuran aspal panas terhadap kerusakan akibat pengaruh air. Uji rendaman ini sering disebut dengan uji *Stabilitas Marshall Sisa* setelah perendaman 24 jam suhu 60⁰ C, yaitu perbandingan stabilitas *Marshall* sebelum dan setelah perendaman. Hasil pengujian ini disebut sebagai *Index of Retained Strength (IRS)*.

Perlu dibuat empat benda uji masing-masing dua benda uji untuk pengujian kering dan dua benda uji lain untuk pengujian basah. Pengujian kering dilakukan pada *Marshall standar*, dimana benda uji direndam dalam *waterbath* selama ½ jam pada suhu 60⁰ C. Sedangkan pengujian basah dilakukan setelah benda uji direndam dalam *waterbath* selama 24 jam pada suhu 60⁰ C. Semua pengujian dilakukan dengan metode *Marshall Standar* dan *Marshall PRD*.

3.11. Estimasi Jumlah Benda Uji

Perkiraan benda uji yang akan dibuat dalam pengujian ini adalah dihitung berdasarkan beberapa tahap pengujian berikut :

- a. Campuran Laston AC Binder Course dengan tiga variasi kadar *filler* yaitu :
100% debu batu, 100% *slag*, dan kombinasi 50% debu batu + 50% *slag* ,
- b. Campuran dengan lima variasi kadar aspal perkiraan.
- c. Masing-masing dua benda uji pada kadar aspal optimum, dengan pengujian kondisi kering dan kondisi basah.
- d. Pengujian dengan *Marshall Standar* 2x75 tumbukan dan *Marshall Kepadatan Mutlak (PRD)* 2x400 tumbukan.

Selengkapnya perkiraan benda uji yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2. Estimasi Jumlah Benda Uji yang Diperlukan

Tahap I : Uji *Marshall Standar* untuk menentukan *Kadar Aspal Optimum*

Jenis Variasi <i>Fine Aggregate</i>	Variasi Kadar Aspal					Sub Total
	-1%	-0.5%	Pb	0,5%	1%	
Debu Batu 100%	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
Kombinasi 50% <i>slag</i> + 50% debu batu	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
<i>Slag</i> 100%	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
Total						60

Keterangan : D= kondisi kering (*Dry*); S= kondisi rendaman (*Soaked*)

Tahap II A : Uji *Marshall Standar* (2 x 75) pada *Kadar Aspal Optimum*

Jenis Variasi <i>Fine Aggregate</i>	Variasi Kadar Aspal					Sub Total
	-1%	-0.5%	Pb opt	0,5%	1%	
Debu Batu 100%	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
Kombinasi 50% <i>slag</i> + 50% debu batu	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
<i>Slag</i> 100%	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
Total						60

Keterangan : D= kondisi kering (*Dry*); S= kondisi rendaman (*Soaked*)

Tahap II B : Uji *Marshall PRD* (2 x 400) pada *Kadar Aspal Optimum*

Jenis Variasi <i>Fine Aggregate</i>	Variasi Kadar Aspal					Sub Total
	-1%	-0.5%	Pb opt	0,5%	1%	
Debu Batu 100%	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
Kombinasi 50% <i>slag</i> + 50% debu batu	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
<i>Slag</i> 100%	2D	2D	2D	2D	2D	10D
	2S	2S	2S	2S	2S	10S
Total						60

Keterangan : D= kondisi kering (*Dry*); S= kondisi rendaman (*Soaked*)

Jumlah Total Sample Pengujian = 60 + 60 + 60 = **180 sample**.

3.12. Prosedur Pembuatan Benda Uji.

- i. Timbang material agregat sesuai proporsi persentasi pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing fraksi dengan berat campuran sekitar 1200 gram untuk diameter 4 inch. Prosentase tiap fraksi dihitung berdasarkan prosentase berat total agregat yang tersedia. Lakukan penimbangan sesuai berat yang telah ditarget. Untuk lebih mudahnya penimbangan dilakukan secara *komulatif*. Keringkan campuran agregat tersebut pada oven hingga beratnya tetap pada suhu $(105 \pm 5)^{\circ} \text{C}$.
- ii. Siapkan peralatan yang diperlukan seperti kompor listrik atau gas, dan alat pengujian lainnya. Pastikan semua peralatan dalam keadaan siap pakai dan bersih. Khusus untuk cetakan benda uji, olesi bagian dalam cetakan dengan *gliserin* agar tidak lengket pada cetakan dan pasang kertas *filter* di bagian bawah cetakan.
- iii. Masukkan campuran agregat ke dalam panci penggorengan yang telah dipanaskan di kompor sambil diaduk hingga campuran merata panasnya. Ukur suhu pencampuran hingga mencapai 170°C . Di lain kompor panaskan aspal hingga mencapai suhu 150°C .
- iv. Setelah suhu campuran dan aspal terpenuhi, timbang berat aspal sesuai prosentase aspal yang telah ditentukan. Prosentase aspal ini dihitung berdasarkan prosentase berat terhadap total campuran, yaitu total berat campuran agregat dan berat aspal yang dicampurkan.

Misalnya untuk kadar aspal : 5,5 % ; Berat total campuran : 1200 gram;

Berat Aspal (5,5%) : A gram, maka berat total campuran : $(1200 + A)$ gram.

Diperoleh persamaan : $A = 5,5\% \times (1200 + A)$ gram

$$A = 66 + 0,055 A$$

$$A = 69,8 \text{ gram}$$

Jadi berat aspal untuk 5,5% adalah 69,8 gram.

- v. Masukkan aspal tadi kedalam campuran agregat sambil diaduk rata diatas kompor hingga mencapai suhu $140^{\circ} \text{C} - 150^{\circ} \text{C}$. Di lain kompor, panaskan cetakan benda uji hingga mencapai $95^{\circ} \text{C} - 150^{\circ} \text{C}$.
- vi. Siapkan cetakan benda uji, dan beri dengan kertas *filter* / kertas saring yang dipotong sesuai dengan diameter dalam cetakan. Masukkan campuran agregat dan aspal ke dalam cetakan tersebut dengan tiga kali pengisian sambil di tusuk-tusuk dengan spatula 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah. Lakukan hingga campuran benar-benar padat.
- vii. Lakukan pemadatan dengan alat pemadat standar dari Marshall Standar dengan jumlah 2×75 kali tumbukan. Tumbukan dilakukan 75 kali untuk bagian atas, cetakan dibalik, dan lakukan pemadatan lagi 75 kali.

- viii. Ulangi lagi pembuatan benda uji untuk pemadatan *Marshall PRD* / Kepadatan Mutlak/ Membal dengan (2 x 400) tumbukan.
- ix. Setelah pemadatan selesai, benda uji didiamkan agar suhunya turun hingga mencapai suhu kamar. Kemudian benda uji dikeluarkan dengan bantuan dongkrak (*ejector*). Catat dan beri kode benda uji tersebut. Diamkan benda uji selama 24 jam.

3.13. Pengujian Marshall.

- i. Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel. Ukur tinggi dan diameter benda uji dalam 3 kali pengukuran dengan ketelitian 0,1 mm. Timbang benda uji dan keadaan berat kering udara dan catat beratnya.
- ii. Rendam benda uji dalam *water bath* suhu kamar selama 24 jam agar jenuh permukaan. Timbang benda uji di dalam air. Catat berat benda uji dalam air.
- iii. Keluarkan benda uji dari dalam air. Keringkan benda uji dengan kain/ lap, agar permukaan benda uji kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry=SSD*). Timbang benda uji dan catat beratnya dalam keadaan *SSD*.
- iv. Rendam benda uji dalam *water bath* pada suhu $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit.
- v. Setelah 30 menit, keluarkan benda uji dari *water bath*. Lakukan pengujian *Marshall* pada benda uji. Kepala dan alas penekan pada alat *Marshall* diolesi dengan *gliserin*. Letakkan alas dan kepala penekan tepat dibawah alat beban *Marshall*.
- vi. Stel Kepala penekan beban, dengan dinaikkan hingga menyentuh bagian atas cincin penguji. Pasang arloji penguji kelelahan (*flow meter*) pada kedudukannya diatas salah satu batang penuntun dan atur jarum penunjuk pada posisi nol.
- vii. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inch) per menit hingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat tercapai pembebanan maksimum maka jarum arloji pembebanan akan berhenti dan jarum kemudian berputar menurun. Pembacaan alroji beban dilakukan pada saat benda uji mengalami pembebanan maksimum ini adalah Nilai *Stabilitas Marshall*. Catat pembacaan *Stabilitas* dengan teliti.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Material

Pengujian material yang dilakukan dengan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *AASHTO* sebagai acuan meliputi : Sifat agregat (kasar, halus dan *filler*), serta pemeriksaan sifat fisik aspal Penetrasi 60/70.

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat

Agregat yang dilakukan pengujian meliputi agregat yang berasal dari material *stone crusser* AMP PT. Adhi Karya Semarang dan material *slag* yang berasal dari hasil sampingan pemrosesan jenis logam besi di Ceper Klaten Jawa Tengah. Pengujian *fine aggregate* dilakukan sesuai target variasi persentase kandungan *slag* dalam campuran agregat halus, yaitu 100% batu pecah, 100% *slag* dan campuran antara batu pecah dengan *slag* (50%BP + 50% *slag*). Untuk agregat kasar dan *filler* semuanya berasal dari material batu pecah dari *stone crusser* AMP.

Adapun hasil pemeriksaan material agregat batu pecah, *filler* dan *slag* ditampilkan pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Material Agregat Kasar

No.	Karakteristik	Standar Uji	Persyaratan	Hasil	Keterangan
A. Agregat Kasar Max. 1" Batu Pecah					
1	Berat Jenis bulk	SNI-M-09-1989-F	min. 2.5 gr/cc	2,665 gr/cc	memenuhi
2	Berat Jenis Apparent	SNI-M-09-1989-F		2,801 gr/cc	memenuhi
3	Penyerapan	SNI-M-09-1989-F	maks. 3%	1,8%	memenuhi
4	Kelekatan agregat thd aspal	SNI-M-28-1990-1	min. 95%	98%	memenuhi
B. Agregat Kasar Max. ¾" Batu Pecah					
1	Berat Jenis bulk	SNI-M-09-1989-F	min. 2.5 gr/cc	2,655 gr/cc	memenuhi
2	Berat Jenis Apparent	SNI-M-09-1989-F		2,812 gr/cc	memenuhi
3	Penyerapan	SNI-M-09-1989-F	maks. 3%	2,1%	memenuhi
4	Kelekatan agregat thd aspal	SNI-M-28-1990-1	min. 95%	98%	memenuhi
C. Agregat Kasar Max. ½" Batu Pecah					
1	Berat Jenis bulk	SNI-M-09-1989-F	min. 2.5 gr/cc	2,660 gr/cc	memenuhi
2	Berat Jenis Apparent	SNI-M-09-1989-F		2,800 gr/cc	memenuhi
3	Penyerapan	SNI-M-09-1989-F	maks. 3%	1,9%	memenuhi
4	Kelekatan agregat thd aspal	SNI-M-28-1990-1	min. 95%	98%	memenuhi

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Material Agregat Halus

No.	Karakteristik	Standar Uji	Persyaratan	Hasil	Keterangan
A. Agregat Halus 100% Abu Batu					
1	Berat Jenis bulk	SNI 03-1970-1990-F	min. 2.5 gr/cc	2,550 gr/cc	memenuhi
2	Berat Jenis Apparent	SNI 03-1970-1990-F		2,751 gr/cc	memenuhi
3	Penyerapan	SNI 03-1970-1990-F	maks. 3%	2,9%	memenuhi
B. Agregat Halus 100% Slag					
1	Berat Jenis bulk	SNI 03-1970-1990-F	min. 2.5 gr/cc	3,205 gr/cc	memenuhi
2	Berat Jenis Apparent	SNI 03-1970-1990-F		3,322 gr/cc	memenuhi
3	Penyerapan	SNI 03-1970-1990-F	maks. 3%	1,1%	memenuhi
C. Agregat Halus campuran (50% Abu Batu + 50% Slag)					
1	Berat Jenis bulk	SNI 03-1970-1990-F	min. 2.5 gr/cc	2,740 gr/cc	memenuhi
2	Berat Jenis Apparent	SNI 03-1970-1990-F		2,914 gr/cc	memenuhi
3	Penyerapan	SNI 03-1970-1990-F	maks. 3%	2,2%	memenuhi

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Material Filler

No.	Karakteristik	Standar Uji	Persyaratan	Hasil	Keterangan
Filler 100% Abu Batu					
1	Berat Jenis	SNI-15-2531-1991	min. 1,00	2,546	memenuhi

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Aspal Pen. 60/70

Aspal yang digunakan dalam penelitian adalah aspal Ex. Pertamina Pen. 60/70. Acuan pengujian menggunakan spesifikasi SNI dan AASHTO, adapun hasil pemeriksaan dari material aspal ditampilkan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Aspal Pertamina Pen. 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesikasi Pen. 60/70		Hasil	Keterangan
			Min.	Max.		
1	Penetrasi (25 ⁰ C, 100 gr, 5 detik)	0,1 mm	60	79	62	Memenuhi
2	Titik lembek (<i>ring and ball test</i>)	⁰ C	48	58	54	Memenuhi
3	Titik nyala (<i>cleveland open cup</i>)	⁰ C	200	-	321	Memenuhi
4	Kehilangan berat (163 ⁰ C), 5 jam	% berat	-	0,4	0,16	Memenuhi
5	Kelarutan (CCl ₄)	% berat	99	-	99,32	Memenuhi
6	Daktilitas (25 ⁰ C, 5 cm per menit)	Cm	100	-	>110	Memenuhi
7	Pen setelah kehilangan berat	% asli	75	-	81,83	Memenuhi
8	Berat jenis (25 ⁰ C)	gr/cm ³	1	-	1,031	Memenuhi

4.1.3 Hasil Pengujian Marshall Dengan Variasi Fine Aggregate Slag Dalam Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dalam pelaksanaan penelitian guna menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan penentuan rancangan target gradasi yang akan membentuk campuran aspal panas AC-BC. Target gradasi campuran material AC-BC yang diinginkan disajikan pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Target Gradasi Campuran Aspal Panas AC-BC

UKURAN SARINGAN		PROSENTASE			BERAT CAMPURAN	BERAT CAMPURAN KOMULATIF	KETERANGAN
		SPEKIFIKASI	LOLOS TARGET GRADASI	TERTAHAN			
mm	ASTM						
25.4	1"	100	100	0.00	0.00	0.00	Agregat Kasar = 66.8%
19.1	3/4"	90 -100	91.3	8.70	104.4	104.4	
12.5	1/2"	Maks. 90	80.42	10.88	130.6	235.0	
9.5	3/8"		66.83	13.59	163.1	398.0	
4.76	# 4		48.13	18.70	224.4	622.4	
2.38	# 8	23 - 39	33.19	14.94	179.3	801.7	
1.18	# 16		22.15	11.04	132.5	934.2	Agregat Halus = 28.8%
0.60	# 30		15.51	6.64	79.7	1013.9	
0.30	# 50		13	2.51	30.1	1044.0	
0.075	# 200	4 - 8	4.38	8.62	103.4	1147.4	
Pan - Filler				4.38	52.6	1200	Filler = 4.4%
Total Agregat				100	1200		

Dari rancangan target gradasi agregat penyusun campuran aspal panas AC-BC dengan menggunakan persamaan empiris berikut:

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K$$

Dengan memasukan nilai persentase agregat kasar (CA) sebesar 66,8, nilai persentase agregat halus (FA) sebesar 28,8, persentase filler (FF) sebesar 4,4 serta nilai koefisien K sebesar 0,7, maka didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum Perkiraan (KAO_{perk}) sebesar 5,0%. Berdasarkan kadar aspal optimum perkiraan tersebut dibuat benda uji campuran aspal panas sebanyak 4 briket aspal terdiri 2 briket untuk pengujian *dry* dan 2 briket untuk pengujian *soaked* sesuai variasi persentase *fine aggregate slag* yang terkandung dalam rancangan campuran aspal panas tersebut dengan target kadar aspal campuran sebesar 4%; 4,5%; 5%; 5,5% dan 6%..

Hasil dari pemeriksaan benda uji briket campuran aspal panas aspal AC-BC disajikan pada tabel dibawah ini. Hasil-hasil pengujian briket aspal tersebut dibandingkan dengan sifat-sifat campuran aspal panas AC-BC untuk rencana lalu lintas (LL) diatas 1 juta ESA.

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* 100% Abu Batu

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4	4,5	5	5,5	6
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,316	2,321	2,377	2,353	2,393
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	15,7	16,0	14,4	15,8	14,7
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	42,8	49,2	63,9	65,4	78,9
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	9,0	8,1	5,2	5,5	3,1
5	Stabilitas (kg)	min 800	3514,6	3043,9	3032,6	2605,8	2959,6
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	5,04	6,87	6,72	5,97	7,00
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	698,7	444,48	451,74	436,31	422,92

Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* Campuran
50% Abu Batu + 50% *Slag*

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4	4,5	5	5,5	6
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,337	2,364	2,366	2,390	2,400
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	16,2	15,7	16,0	15,6	15,7
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	42,2	51,5	57,6	67,2	74,5
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	9,4	7,6	6,8	5,1	4,0
5	Stabilitas (kg)	min 800	3414,5	3126,7	2979,8	3123,9	3053,7
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	5,70	5,68	5,98	5,69	6,25
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	606,17	554,81	498,55	549,43	429,31

Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* 100% *Slag*

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4	4,5	5	5,5	6
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,364	2,448	2,453	2,456	2,439
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	18,7	16,3	16,5	16,9	17,9
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	38,9	53,8	60,3	66,2	68,7
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	11,4	7,5	6,6	5,7	5,6
5	Stabilitas (kg)	min 800	2298,3	3165,1	3029,4	2377,9	2117,7
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	6,18	5,99	6,66	5,58	6,02
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	370,38	528,36	456,21	426,77	351,32

4.1.4 Hasil Pengujian *Marshall* Standar 2x75 Tumbukan Pada Kondisi KAO Sesuai Variasi *Fine Aggregate Slag*

Penelitian berikutnya dilakukan pembuatan briket aspal dengan tumbukan standar 2 x 75 pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO) ideal yang didapat dari hasil analisa secara teoritis grafis yang sesuai variasi *fine aggregate* campuran *slag*. Pemeriksaan briket ini dilaksanakan guna mengetahui karakteristik masing-masing campuran aspal AC-BC akibat adanya variasi *fine aggregate* dalam campuran aspal. Briket dibuat berdasarkan variasi target kadar aspal sebesar 1% diatas KAO dan 1% dibawah KAO

yang didapat dari analisa ideal teoritis grafis masing-masing variasi *fine aggregate* dengan interval antar target kadar aspal sebesar 0,5% terhadap nilai KAO.

Target kadar aspal briket campuran aspal dengan *fine aggregate* 100% berasal dari material abu batu adalah 4,35%; 4,85%; 5,35%; 5,85%; 6,35%. Untuk target kadar aspal briket campuran aspal dengan *fine aggregate* berasal dari gabungan material 50% abu batu dan 50% *slag* adalah 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%. Sedangkan target kadar aspal briket campuran aspal dengan *fine aggregate* berasal dari 100% material *slag* adalah 4,8%; 5,3%; 5,8%; 6,3%; 6,8%.

Hasil dari pemeriksaan benda uji briket campuran aspal panas aspal AC-BC disajikan pada tabel dibawah ini. Hasil-hasil pengujian briket aspal tersebut dibandingkan dengan sifat-sifat campuran aspal panas AC-BC untuk rencana lalu lintas (LL) diatas 1 juta ESA.

Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* 100% Abu Batu pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x75

No.	Karakterisrik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4,35	4,85	5,35	5,85	6,35
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,341	2,343	2,362	2,360	3,369
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	15,1	15,5	15,3	15,8	15,9
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	50,1	56,4	65,3	70,3	77,3
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	7,6	6,8	5,3	4,7	3,6
5	Stabilitas (kg)	min 800	3286,1	3313,4	2979,8	2695,7	2819,2
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	5,76	6,42	5,87	5,47	6,54
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	575,2	519	509,6	494,7	433,4

Tabel 4.10 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* 50% Abu Batu + 50% *Slag* pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x75

No.	Karakterisrik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4,5	5	5,5	6	6,5
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,386	2,394	2,392	2,379	2,395
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	14,9	15	15,5	16,5	16,4
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	54,7	62,1	67,6	70,6	78,6
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	6,7	5,7	5	4,8	3,5
5	Stabilitas (kg)	min 800	3638,7	3451,5	3474,9	3030,3	2784,6
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	5,46	5,92	5,74	5,99	6,56
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	670,4	585,1	608,8	506	452,3

Tabel 4.11 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* 100% *Slag* pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x75

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4,8	5,3	5,8	6,3	6,8
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,395	2,440	2,450	2,442	2,436
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	18,3	17,2	17,3	18	18,7
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	50,6	61,7	68,5	72,2	75,9
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	9,1	6,6	5,5	5	4,5
5	Stabilitas (kg)	min 800	2541,7	3184,3	3297,5	2633,4	2106
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	5,97	5,21	5,84	6,02	6,42
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	425,8	613	567,4	438,7	329,3

4.1.5 Hasil Pengujian *Marshall* Kepadatan Membal 2x400 Tumbukan Pada Kondisi KAO Sesuai Variasi *Fine Aggregate Slag*

Setelah dilakukan pembuatan briket aspal sesuai KAO yang didapat dengan penumbukan 2x75 pada masing-masing variasi campuran material *slag* dalam material *fine aggregate*, maka dilanjutkan pembuatan briket aspal sesuai KAO dengan penumbukan 2x400 guna dilakukan pemeriksaan sifat campuran aspal panas metode *Marshall* dalam keadaan kepadatan membal.

Target kadar aspal briket campuran aspal dengan *fine aggregate* 100% berasal dari material abu batu adalah 4,35%; 4,85%; 5,35%; 5,85%; 6,35%. Untuk target kadar aspal briket campuran aspal dengan *fine aggregate* berasal dari gabungan material 50% abu batu dan 50% *slag* adalah 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%. Sedangkan target kadar aspal briket campuran aspal dengan *fine aggregate* berasal dari 100% material *slag* adalah 4,8%; 5,3%; 5,8%; 6,3%; 6,8%.

Hasil dari pemeriksaan benda uji briket campuran aspal panas aspal AC-BC dalam kepadatan membal disajikan pada tabel dibawah ini. Hasil-hasil pengujian briket aspal keadaan membal tersebut dibandingkan dengan sifat-sifat campuran aspal panas AC-BC untuk rencana lalu lintas (LL) diatas 1 juta ESA.

Tabel 4.12 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* 100% Abu Batu pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x400

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4,35	4,85	5,35	5,85	6,35
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,412	2,416	2,421	2,413	2,415
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	12,6	12,9	13,2	13,9	14,3
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	62,2	70,1	77,6	81,8	87,8
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	4,7	3,9	3,0	2,5	1,7
5	Stabilitas (kg)	min 800	3697,2	3521,7	3533,4	3276	3018,6
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	4,76	4,95	4,69	4,45	5,19
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	782	711,7	755,7	745,4	583,3

Tabel 4.13 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* 50% Abu Batu + 50% *Slag* pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x400

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4,5	5	5,5	6	6,5
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,459	2,465	2,457	2,443	2,432
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	12,3	12,5	13,3	14,2	15,1
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	68,3	76,8	81,2	84	86,7
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	3,9	2,9	2,5	2,3	2,0
5	Stabilitas (kg)	min 800	3723,4	3711,2	3557,3	3235,3	2889,9
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	5,53	4,98	5,3	5,36	4,78
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	678,4	750	673,4	608,9	609,4

Tabel 4.14 Hasil Pemeriksaan Briket AC-BC dengan *Fine Aggregate* 100% *Slag* pada Kondisi KAO, Tumbukan 2x400

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap berat total agregat				
			4,8	5,3	5,8	6,3	6,8
1	<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,484	2,514	2,523	2,512	2,502
2	<i>VMA</i> (%)	min 14	15,3	14,7	14,9	15,7	16,5
3	<i>VFA</i> (%)	min 63	62,9	74,5	82,2	85,4	88,3
4	<i>VIM</i> (%)	4,9 – 5,9	5,7	3,8	2,7	2,3	1,9
5	Stabilitas (kg)	min 800	3407	3422,8	3512,7	2905,9	2555,3
6	<i>Flow</i> (mm)	min 2.0	5,91	4,9	5,4	5,43	5,58
7	<i>MQ</i> (kg/mm)	min 200	577,1	700,1	653,8	536,2	458,2

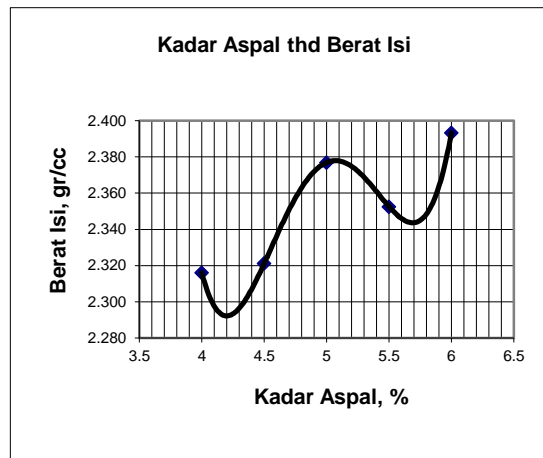
4.2. Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Variasi Persentase *Fine Aggregate Slag* Terhadap Sifat Campuran AC-BC.

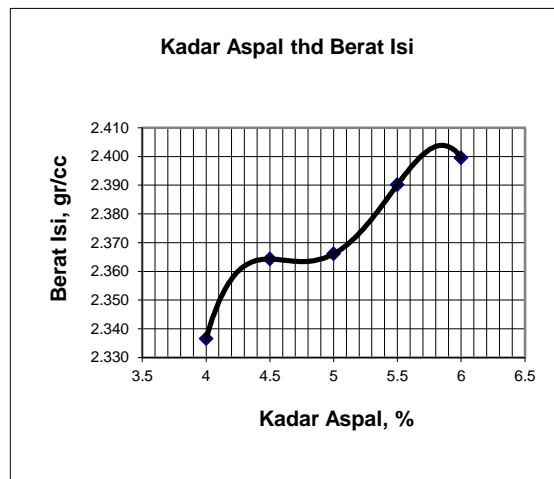
- Variasi persentase *fine aggregate slag* terhadap nilai *density* campuran AC-BC dalam penentuan KAO.

Dalam sampel briket campuran aspal beton yang sudah dipadatkan mempunyai tingkat kerapatan campuran (*density*) pada jumlah pemadatan tertentu. Untuk

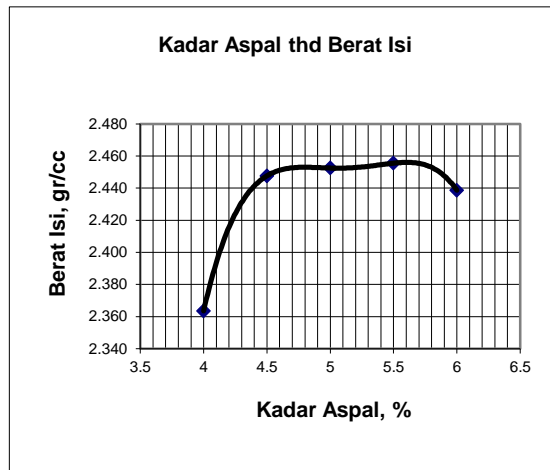
menentukan nilai density aspal beton tersebut terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, diantaranya nilai berat jenis masing-masing agregat penyusun campuran aspal beton serta tingkat penyerapannya, cara mendapatkan kondisi kering permukaan jenuh (SSD) briket tersebut, suhu pencampuran agregat dengan aspal dan jumlah tumbukan yang dilakukan. Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3 menunjukkan nilai *density* pada variasi kadar persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.



Gambar 4.1 Nilai *density* dengan 0% *slag* dalam campuran AC-BC



Gambar 4.2 Nilai *density* dengan 50% AB + 50% *slag* dalam campuran AC-BC

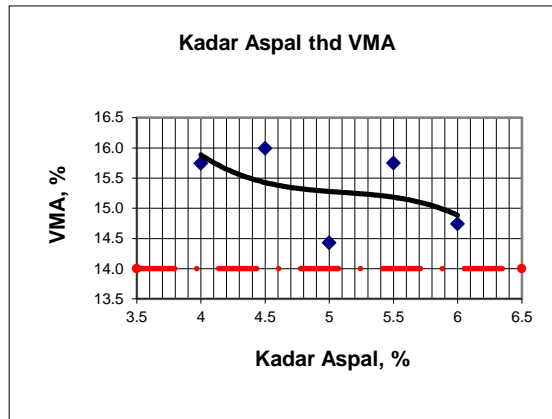


Gambar 4.3 Nilai *density* dengan 100% *slag* dalam campuran AC-BC

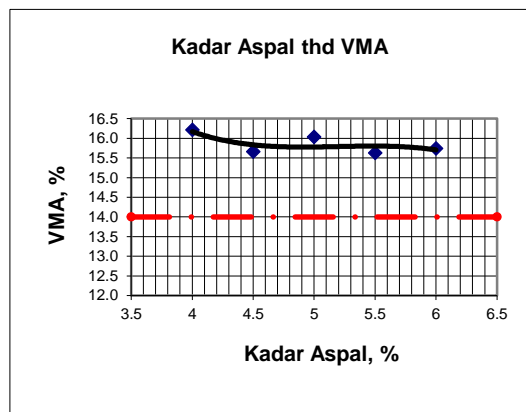
Seperti ditunjukkan pada grafik diatas, terjadi kenaikan nilai *density* yang diikuti dengan kenaikan kadar aspal dalam campuran AC-BC terutama pada variasi persentase *fine aggregate slag* 0% dan 50%. Namun pada variasi persentase *fine aggregate slag* 100% terjadi sedikit penurunan nilai *density* pada kadar aspal yang tertinggi dalam campuran aspal AC-BC. Secara umum terjadi peningkatan nilai *density* akibat pengaruh penambahan persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.

- b. Variasi *fine aggregate slag* terhadap nilai *Void in Mineral Aggregate* (VMA) campuran AC-BC dalam penentuan KAO.

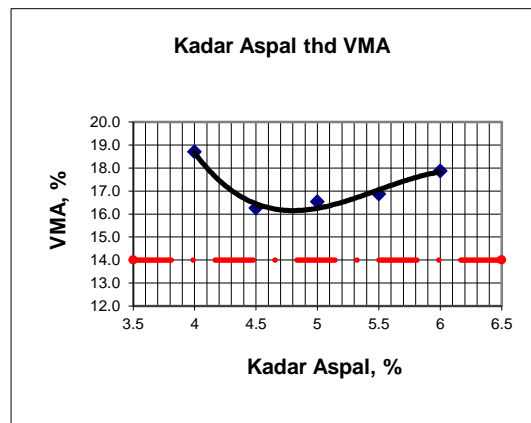
VMA merupakan volume rongga diantara pori-pori agregat di dalam campuran beton aspal yang telah dipadatkan. Nilai VMA dalam campuran padat aspal beton ini merupakan salah satu indikator dari durabilitas campuran aspal beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi besaran dari nilai VMA diantaranya besarnya kadar aspal, berat isi dari sampel padat campuran aspal beton dan berat jenis *bulk* dari agregat gabungan yang membentuk gradasi agregat campuran aspal beton. Gambar 4.4 sampai Gambar 4.6 menunjukkan nilai VMA pada variasi kadar persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.



Gambar 4.4 Nilai VMA dengan 0% slag dalam campuran AC-BC



Gambar 4.5 Nilai VMA dengan 50% AB + 50% slag dalam campuran AC-BC



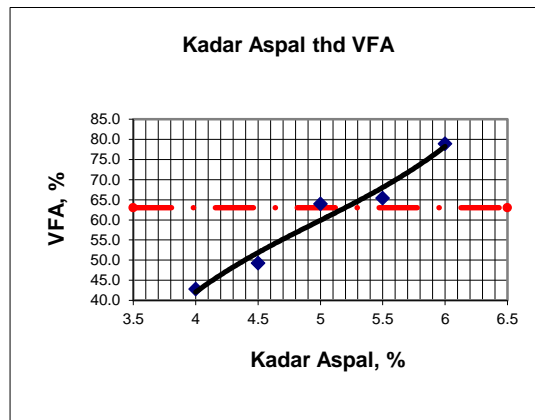
Gambar 4.6 Nilai VMA dengan 100% slag dalam campuran AC-BC

Secara keseluruhan nilai VMA akibat pengaruh penambahan variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC masuk dalam persyaratan

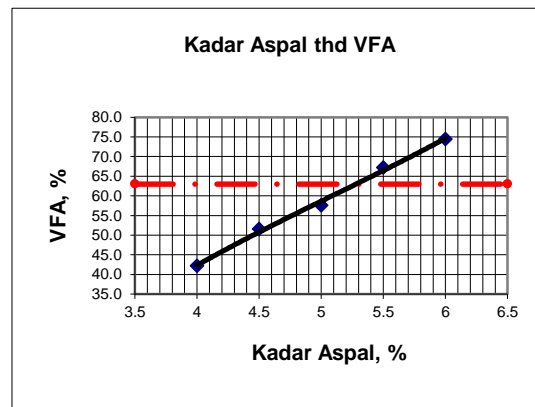
Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001), di atas 14% (> 14%) dari kadar aspal 4% sampai 6%.

- c. Variasi *fine aggregate slag* terhadap nilai *Void Filled Asphalt* (VFA) campuran AC-BC dalam penentuan KAO.

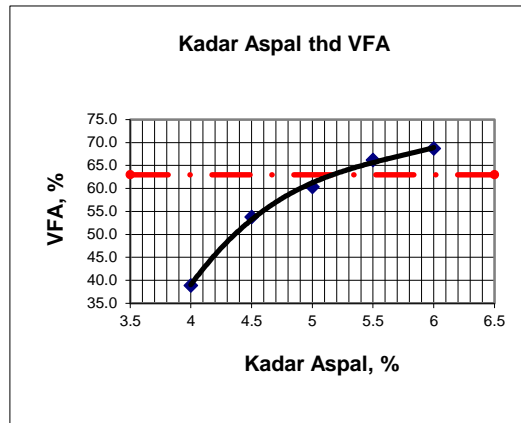
VFA merupakan volume rongga antar butir agregat dalam campuran aspal beton yang terisi oleh aspal. Semakin besar nilai VFA dalam campuran aspal beton, maka campuran aspal beton tersebut semakin awet dikarenakan agregat yang terselimuti aspal semakin banyak. Besaran nilai VFA ini sangat dipengaruhi dari nilai VMA dan nilai VIM dalam campuran aspal beton. Gambar 4.7 sampai Gambar 4.9 menunjukkan nilai VFA pada variasi kadar persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.



Gambar 4.7 Nilai VFA dengan 0% *slag* dalam campuran AC-BC



Gambar 4.8 Nilai VFA dengan 50% AB + 50% *slag* dalam campuran AC-BC

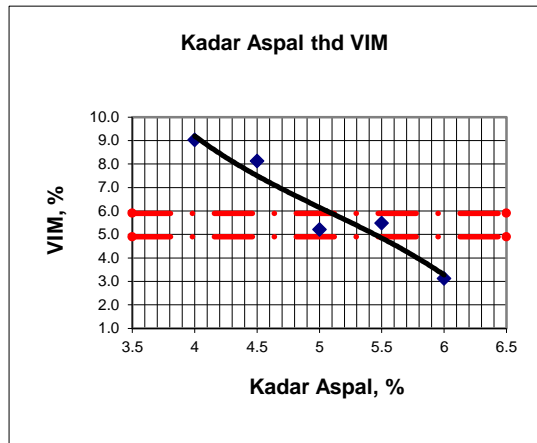


Gambar 4.9 Nilai VFA dengan 100% *slag* dalam campuran AC-BC

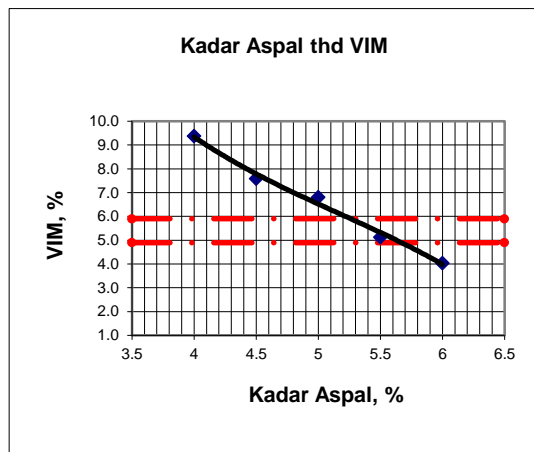
Di dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) disebutkan bahwa batasan nilai VFA campuran AC-BC minimal 63%. Pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC sebesar 0% seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7 diatas, campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,2% - 6,0% yang menghasilkan nilai VFA > 63%. Untuk pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC sebesar 50% seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8 diatas, campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,3% - 6,0% yang menghasilkan nilai VFA > 63%. Sedangkan pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC sebesar 100% seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9 diatas, campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,2% - 6,0% yang menghasilkan nilai VFA > 63%.

- d. Variasi *fine aggregate slag* terhadap nilai *Void In the Mix* (VIM) campuran AC-BC dalam penentuan KAO.

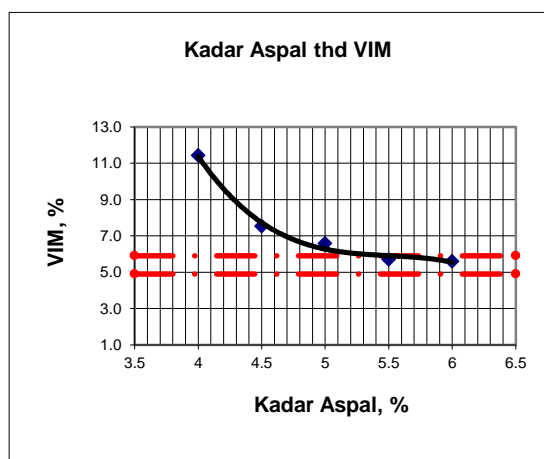
VIM adalah volume rongga dalam aspal beton yang telah dipadatkan. Nilai VIM campuran aspal beton ini sangatlah penting dalam perancangan campuran aspal beton, selain nilai VMA dan VFA. Faktor-faktor yang mempengaruhi VIM diantaranya kadar aspal, berat jenis aspal, berat isi campuran aspal padat dan berat jenis efektif dari agregat pembentuk aspal beton padat. Gambar 4.10 sampai Gambar 4.12 menunjukkan nilai VIM pada variasi kadar persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.



Gambar 4.10 Nilai VIM dengan 0% slag dalam campuran AC-BC



Gambar 4.11 Nilai VIM dengan 50% AB + 50% slag dalam campuran AC-BC

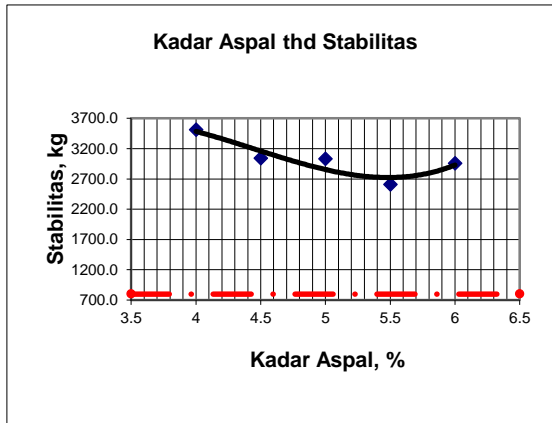


Gambar 4.12 Nilai VIM dengan 100% slag dalam campuran AC-BC

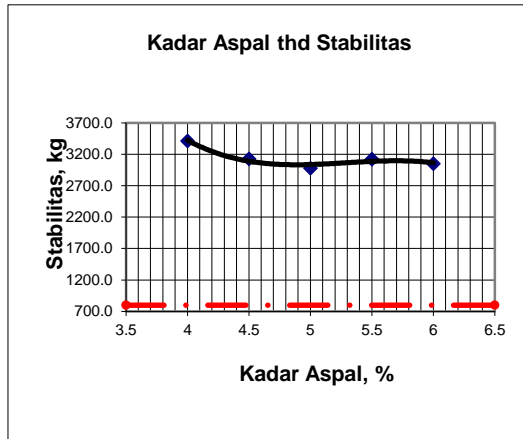
Di dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) disebutkan bahwa batasan nilai VIM campuran AC-BC untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA adalah 4,9% - 5,9%. Pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC sebesar 0% seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10 diatas, campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,1% - 5,5% yang menghasilkan nilai VIM sesuai persyaratan spesifikasi. Untuk pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC sebesar 50% seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11 diatas, campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,2% - 5,7% yang menghasilkan nilai VIM sesuai persyaratan spesifikasi. Sedangkan pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC sebesar 100% seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12 diatas, campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,6% - 6,0% yang menghasilkan nilai VIM sesuai persyaratan spesifikasi.

- e. Variasi *fine aggregate slag* terhadap nilai stabilitas campuran AC-BC dalam penentuan KAO.

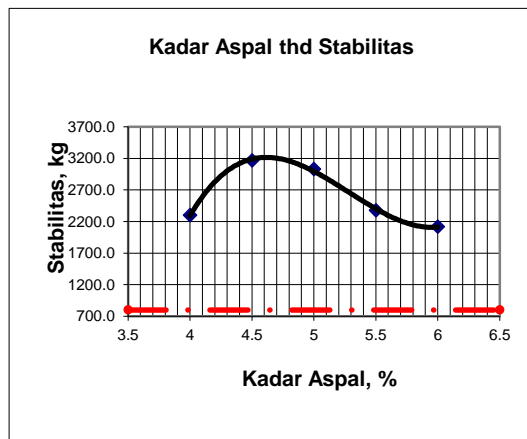
Stabilitas merupakan beban maksimum yang dapat ditahan oleh bahan susun campuran aspal beton padat, diaktualisasikan dalam satuan beban. Stabilitas menyatakan kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap. Gambar 4.13 sampai Gambar 4.15 menunjukkan nilai stabilitas pada variasi kadar persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.



Gambar 4.13 Nilai Stabilitas dengan 0% slag dalam campuran AC-BC



Gambar 4.14 Nilai Stabilitas dengan 50% AB + 50% slag dalam campuran AC-BC

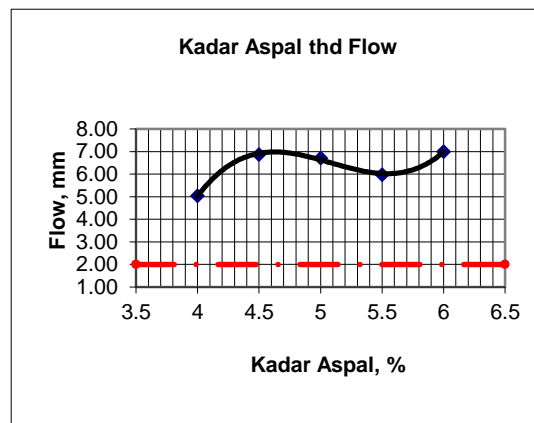


Gambar 4.15 Nilai Stabilitas dengan 100% slag dalam campuran AC-BC

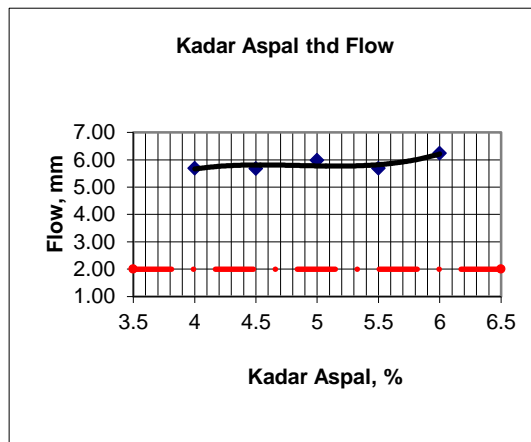
Di dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) disebutkan bahwa batasan nilai stabilitas campuran AC-BC untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA adalah minimal 800 kg. Berdasarkan Grafik 4.13 sampai Grafik 4.15 diatas, maka nilai stabilitas pada campuran AC-BC akibat adanya pengaruh persentase variasi *fine aggregate slag* sebesar 0%, 50% dan 100% dalam campuran semua nilai stabilitas diatas persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001), > 800 kg.

- f. Variasi *fine aggregate slag* terhadap nilai *flow* campuran AC-BC dalam penentuan KAO.

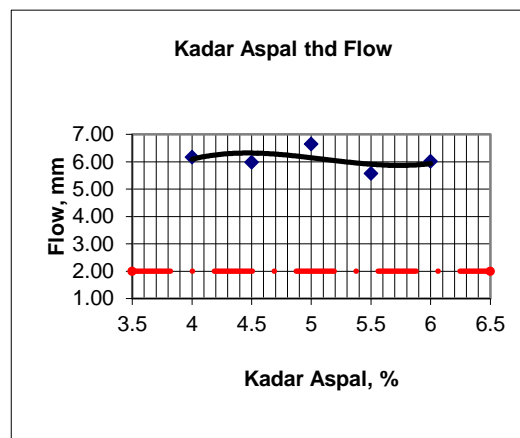
Flow merupakan perubahan penurunan dari suatu campuran aspal beton padat pada suatu beban maksimal yang bekerja pada campuran tersebut, dinyatakan dalam satuan millimeter. Nilai *flow* ini merupakan salah satu penentuan indikator dari tingkat kelenturan suatu campuran aspal beton padat jika beban repetitive lalu lintas bekerja diatasnya. Gambar 4.16 sampai Gambar 4.18 menunjukkan nilai *flow* pada variasi kadar persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.



Gambar 4.16 Nilai *Flow* dengan 0% *slag* dalam campuran AC-BC



Gambar 4.17 Nilai *Flow* dengan 50% AB + 50% *slag* dalam campuran AC-BC

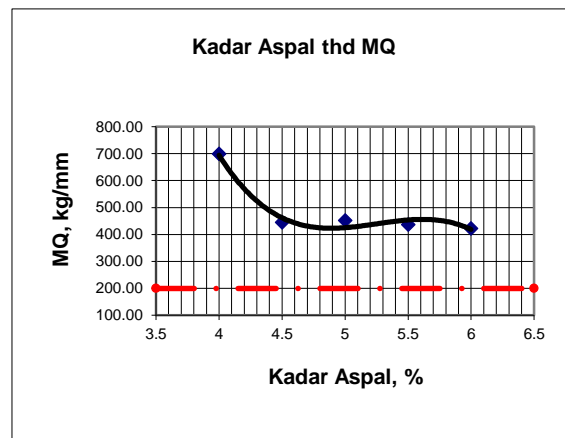


Gambar 4.18 Nilai *Flow* dengan 100% *slag* dalam campuran AC-BC

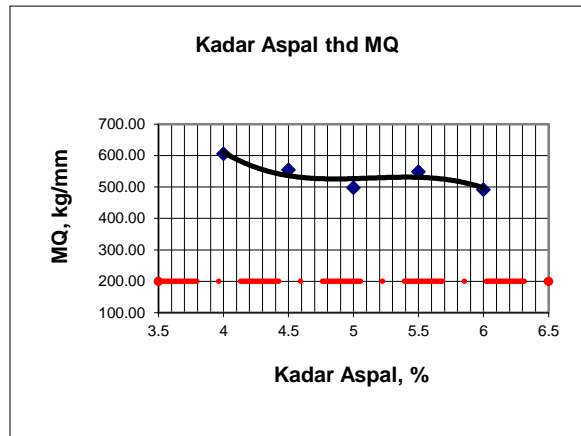
Di dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) disebutkan bahwa batasan nilai *flow* campuran AC-BC untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA adalah minimal 2 mm. Berdasarkan Grafik 4.16 sampai Grafik 4.18 diatas, maka nilai *flow* pada campuran AC-BC akibat adanya pengaruh persentase variasi *fine aggregate slag* sebesar 0%, 50% dan 100% dalam campuran semua nilai *flow* diatas persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001), > 2 mm.

- g. Variasi *fine aggregate slag* terhadap nilai *Marshall Quotient* (MQ) campuran AC-BC dalam penentuan KAO.

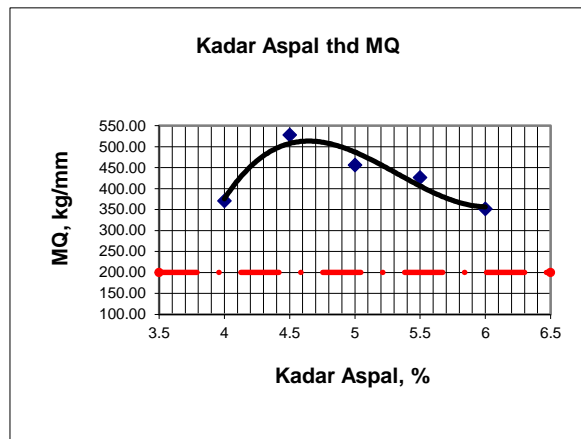
Hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai *flow* suatu campuran aspal beton padat disebut sebagai nilai *Marshall Quotient* (MQ). Nilai MQ ini mengindikasikan kolaborasi antara kelenturan dan kekuatan dari suatu campuran aspal beton padat yang diberikan suatu beban di atasnya sampai terjadi keruntuhan pada beban maksimum tersebut. Semakin tinggi nilai MQ terindikasi bahwa campuran aspal beton tersebut kaku dan kurang lentur sehingga campuran aspal beton padat tersebut mudah pecah bila dilalui beban berat kendaraan di atasnya, namun sebaliknya jika nilai MQ kecil terindikasi bahwa campuran sangat lentur sehingga campuran aspal beton padat tersebut mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban repetitive lalu lintas di atasnya. Gambar 4.19 sampai Gambar 4.21 menunjukkan nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada variasi kadar persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.



Gambar 4.19 Nilai MQ dengan 0% *slag* dalam campuran AC-BC



Gambar 4.20 Nilai MQ dengan 50% AB + 50% slag dalam campuran AC-BC

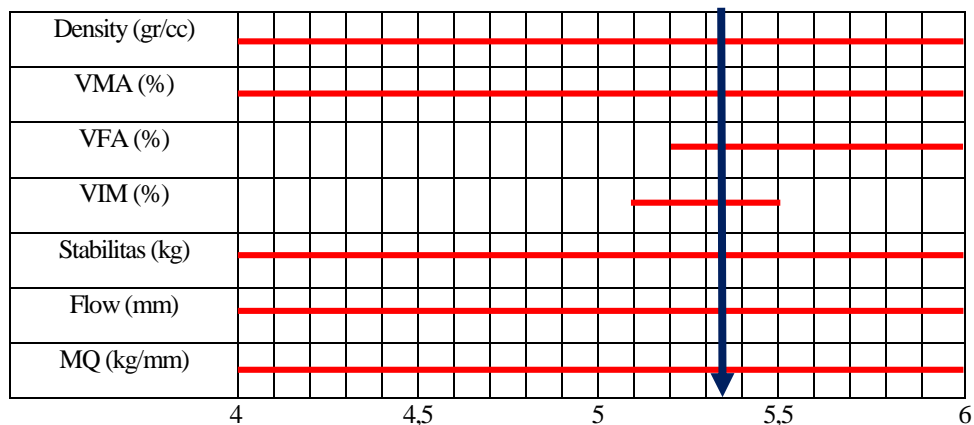


Gambar 4.21 Nilai MQ dengan 100% slag dalam campuran AC-BC

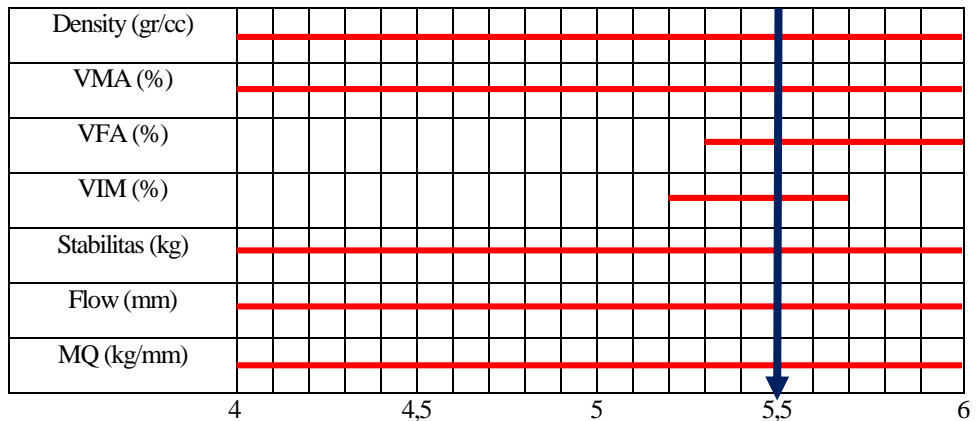
Di dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) disebutkan bahwa batasan nilai *Marshall Quotient* (MQ) campuran AC-BC untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA adalah minimal 200 kg/mm. Berdasarkan Gambar 4.19 sampai Gambar 4.21 diatas, maka nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada campuran AC-BC akibat adanya pengaruh persentase variasi *fine aggregate slag* sebesar 0%, 50% dan 100% dalam campuran semua nilai MQ diatas persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001), > 200 kg/mm.

- h. Nilai KAO pada masing-masing variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC.

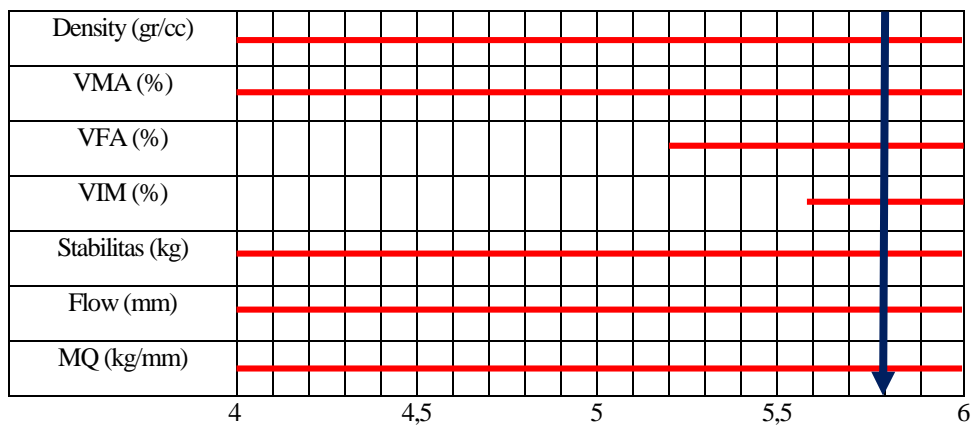
Penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) suatu campuran aspal beton padat didasarkan pada kriteria dari nilai-nilai yang dipersyaratkan dalam suatu peraturan, dimana dalam penelitian ini persyaratan yang digunakan adalah Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA khususnya campuran AC-BC. Dalam spesifikasi tersebut kriteria yang menentukan campuran AC-BC padat guna menentukan nilai KAO nya, yaitu nilai VIM (4,9% - 5,9%), nilai VMA (min. 14%), nilai VFA (min. 63%), nilai stabilitas (min. 800 kg), nilai kelelehan/*flow* (min. 2 mm), nilai *Marshall Quotient*/MQ (min. 200 kg/mm). Dengan memperhatikan Gambar 4.1 sampai Grafik 4.21 diatas, maka penentuan nilai KAO untuk masing-masing pengaruh penambahan variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC dapat ditentukan dengan memperhatikan kriteria yang persyaratkan. Gambar 4.22 sampai Gambar 4.24 menggambarkan penentuan nilai KAO secara teoritis akibat pengaruh penambahan variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC untuk tingkat Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA.



Gambar 4.22 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) material *fine aggregate* 100% Abubatu



Gambar 4.23 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) material *fine aggregate* 50% Abu Batu + 50% Slag



Gambar 4.24 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) material *fine aggregate* 100% Slag

Dari Gambar 4.22 sampai Gambar 4.24 diatas dapat ditentukan nilai KAO akibat pengaruh persentase *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC, dimana dalam menentukan nilai KAO suatu campuran aspal beton semua kriteria sifat campuran aspal beton tersebut harus terpenuhi, yaitu dari nilai VMA, VFA, VIM, stabilitas, *flow* dan MQ. Terjadi peningkatan nilai kadar aspal optimum pada campuran AC-BC akibat adanya *fine aggregate slag* didalamnya. Pada persentase *fine aggregate slag* sebesar 0% dalam campuran AC-BC, ini berarti bahwa semua *fine aggregate* berasal dari 100% material abubatu, kadar aspal campuran AC-BC yang memenuhi kriteria sifat campuran dari kadar aspal 5,2% sampai 5,5% (Gambar 4.21) sehingga secara teoritis nilai kadar aspal optimum (KAO) yang merupakan nilai tengah dari rentang nilai kadar aspal campuran sesuai persyaratan adalah sebesar 5,35%. Untuk persentase *fine aggregate slag* sebesar 50% dalam campuran AC-BC, kadar aspal

yang memenuhi kriteria sifat campuran dari kadar aspal 5,3% sampai 5,7% (Gambar 4.22) sehingga secara teoritis nilai kadar aspal optimum (KAO) campuran sebesar 5,5%. Sedangkan persentase *fine aggregate slag* sebesar 100% dalam campuran AC-BC, kadar aspal yang memenuhi kriteria sifat campuran dari kadar aspal 5,6% sampai 6% (Gambar 4.23) sehingga secara teoritis nilai kadar aspal optimum (KAO) campuran sebesar 5,8%.

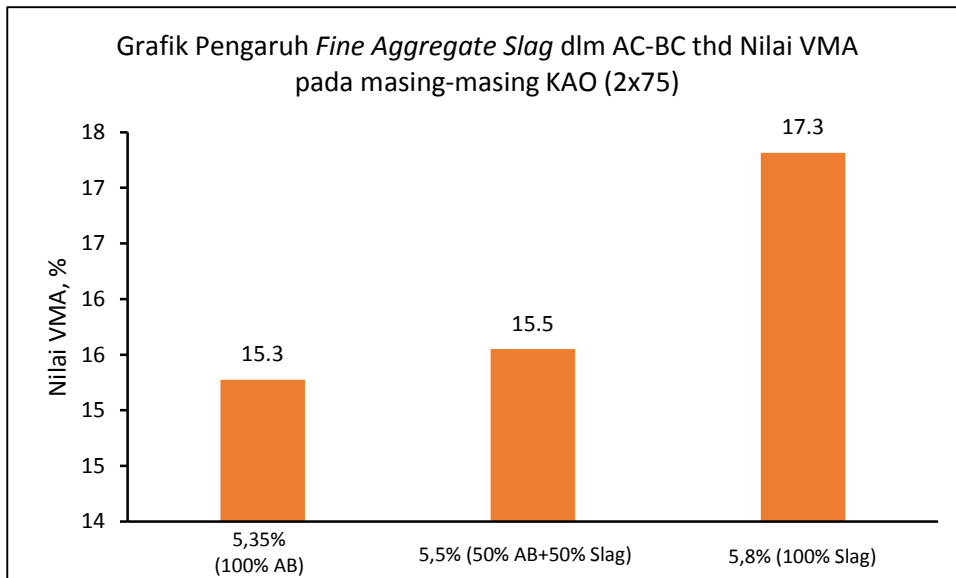
Peningkatan nilai KAO dalam campuran AC-BC akibat pengaruh *fine aggregate slag* dalam campuran ini disebabkan karena nilai absorpsi material *slag* yang terlalu kecil yaitu sebesar 1,1% sehingga untuk mengikat material *slag* tersebut agar tetap kompak dalam campuran dibutuhkan kadar aspal yang lebih besar dalam campuran.

4.2.2 Sifat AC-BC Kondisi KAO Sesuai Persentase *Fine Aggregate Slag* Dalam Campuran.

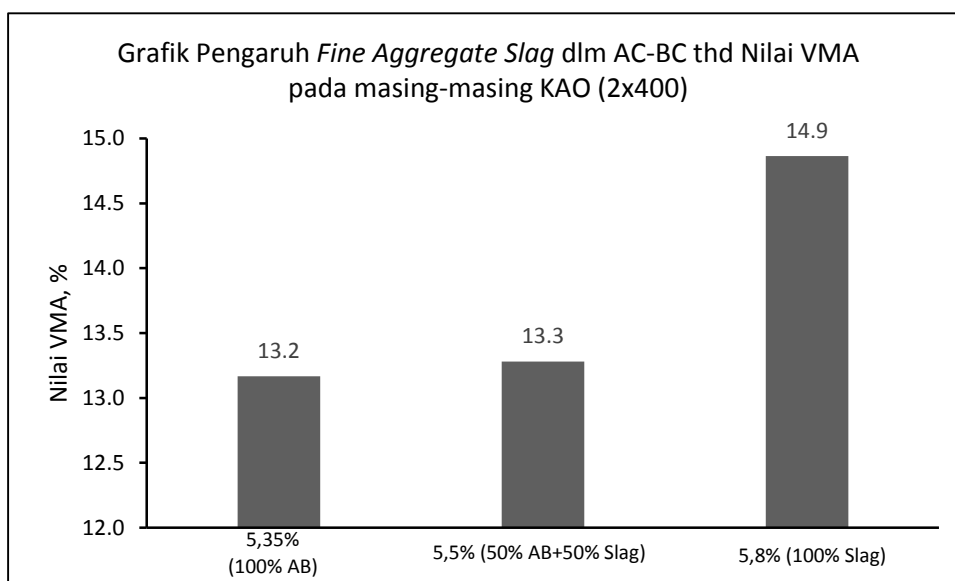
Dalam analisa pembahasan kriteria sifat campuran AC-BC akibat pengaruh *fine aggregate slag* dalam campuran, faktor kriteria campuran aspal beton padat yang sangat berpengaruh terhadap durabilitas campuran aspal beton padat sesuai dengan hasil pengujian yang telah ditampilkan dalam tabel dan grafik diatas adalah nilai VMA, VFA dan VIM.

- a. Nilai VMA AC-BC campuran *fine aggregate slag* pada kondisi KAO.

Fine aggregate slag yang terkandung dalam campuran AC-BC memberikan nilai KAO yang bervariasi aspal beton padat sesuai dengan persentase material tersebut. Saat kondisi KAO tersebut, sampel campuran *fine aggregate slag* AC-BC dilakukan penumbukan 2x75 serta penumbukan 2x400. Grafik 4.22 dan Grafik 4.23 menunjukkan nilai VMA campuran AC-BC akibat pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* didalamnya saat kondisi KAO dengan jumlah tumbukan untuk sampel briket aspal beton 2x75 serta 2x400.



Gambar 4.25 Pengaruh *fine aggregate slag* dalam AC-BC terhadap nilai VMA pada kondisi KAO (2x75)



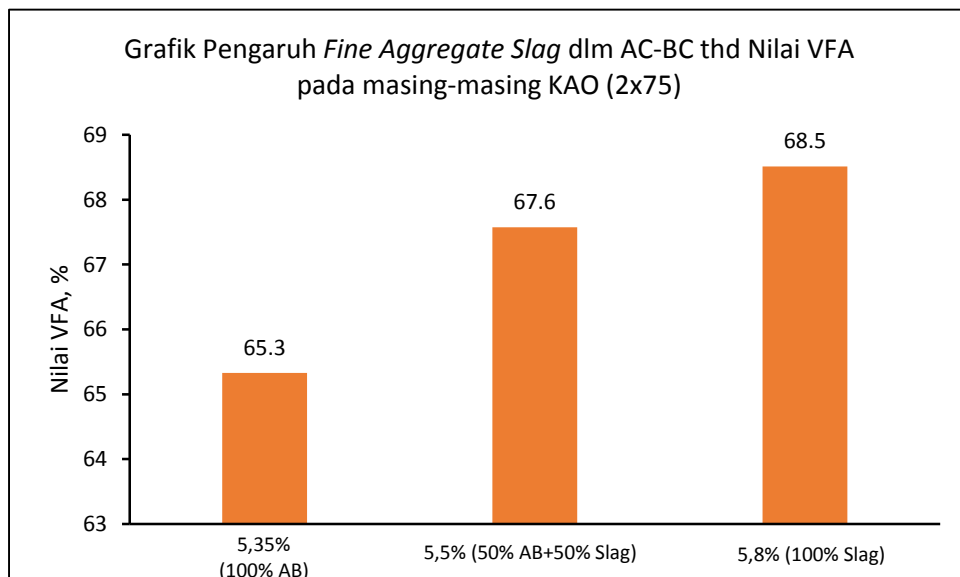
Gambar 4.26 Pengaruh *fine aggregate slag* dalam AC-BC terhadap nilai VMA pada kondisi KAO (2x400)

Pada penumbukan 2x75 briket aspal beton AC-BC campuran *fine aggregate slag* dengan KAO sebesar 5,35% (0% *fine aggregate slag* atau 100% abubatu), KAO

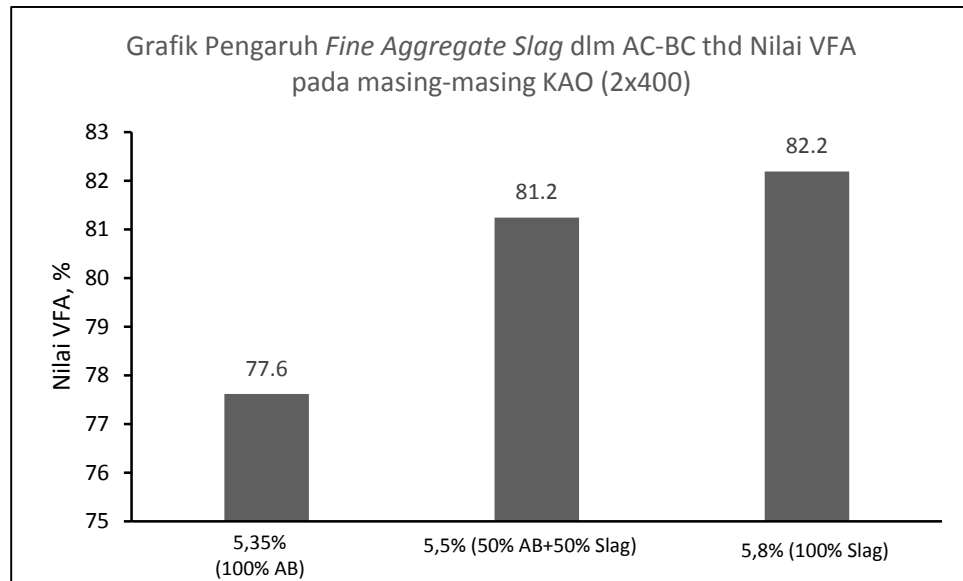
sebesar 5,5% (50% abubatu + 50% *slag*) serta KAO sebesar 5,8% (100% *fine aggregate slag*), menghasilkan nilai VMA yang masih masuk persyaratan dalam Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA (minimal nilai VMA = 14%). Sedangkan pada penumbukan 2x400 sampel briket aspal beton AC-BC campuran slag, yang masuk dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA adalah saat kondisi KAO sebesar 5,8%. Hal ini terjadi karena pada kondisi KAO 5,8% terkandung jumlah aspal yang banyak dalam campuran aspal beton, sehingga penyelimutan aspal terhadap material dalam campuran semakin tebal dan menyebabkan jarak antar agregat dalam campuran agak jauh meskipun dilakukannya penumbukan sebanyak 2x400.

b. Nilai VFA AC-BC campuran *fine aggregate slag* pada kondisi KAO.

VFA mengindikasikan banyak rongga campuran aspal beton padat yang terisi dengan zat perekat berupa aspal. Gambar 4.27 dan Gambar 4.28 menunjukkan nilai VFA campuran AC-BC akibat pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* didalamnya saat kondisi KAO dengan jumlah tumbukan untuk sampel briket aspal beton 2x75 serta 2x400.



Gambar 4.27 Pengaruh *fine aggregate slag* dalam AC-BC terhadap nilai VFA pada kondisi KAO (2x75)

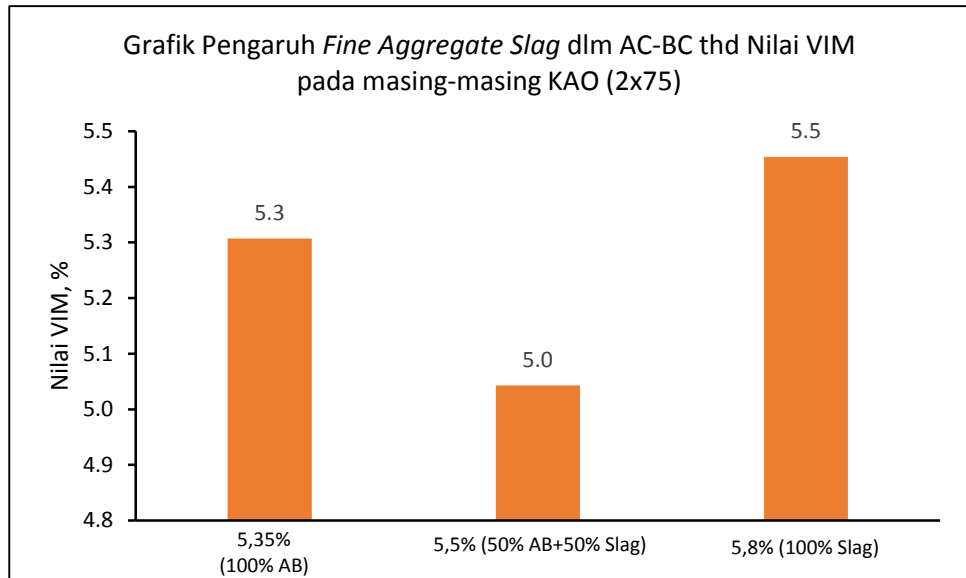


Gambar 4.28 Pengaruh *fine aggregate slag* dalam AC-BC terhadap nilai VFA pada kondisi KAO (2x400)

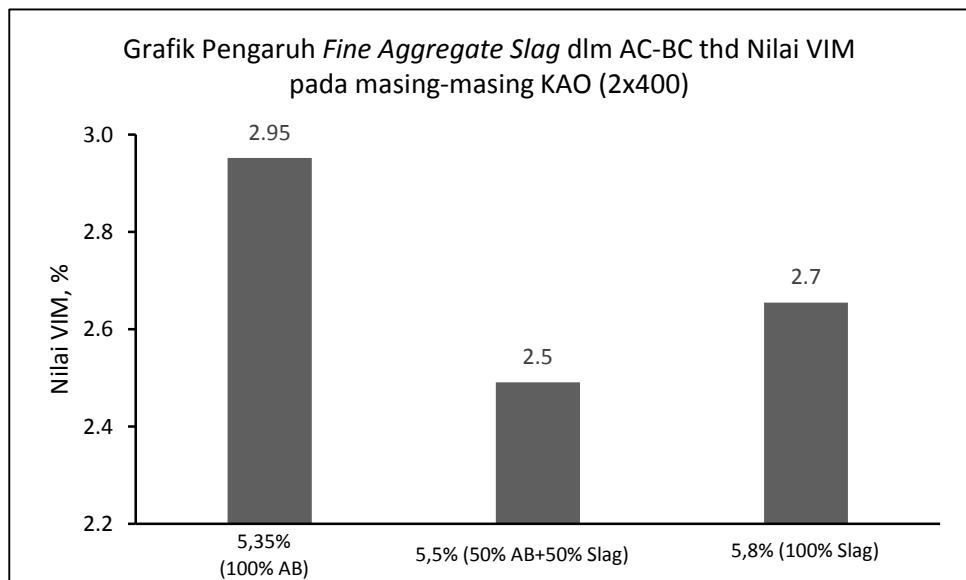
Terlihat pada grafik diatas bahwa semakin besar nilai kadar aspal yang terkandung dalam campuran aspal beton serta semakin banyak tumbukan yang dilakukan pada sampel briket aspal beton pada kondisi KAO yang sama akan menghasilkan nilai VFA yang semakin besar. Pengaruh *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC dengan berbagai variasi persentasenya, pada penumbukan 2x75 maupun penumbukan 2x400 menunjukkan hasil yang masih masuk dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA (minimal VFA = 63%).

c. Nilai VIM AC-BC campuran *fine aggregate slag* pada kondisi KAO.

VIM mengindikasikan rongga yang terdapat dalam campuran aspal beton padat. Banyaknya aspal yang terkandung dalam campuran serta jumlah tumbukan akan berpengaruh terhadap nilai VIM campuran tersebut. Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 menunjukkan nilai VIM campuran AC-BC akibat pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* didalamnya saat kondisi KAO dengan jumlah tumbukan untuk sampel briket aspal beton 2x75 serta 2x400.



Gambar 4.29 Pengaruh *fine aggregate slag* dalam AC-BC terhadap nilai VIM pada kondisi KAO (2x75)



Gambar 4.30 Pengaruh *fine aggregate slag* dalam AC-BC terhadap nilai VIM pada kondisi KAO (2x400)

Terlihat pada grafik diatas bahwa kadungan *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC pada penumbukan 2x75 pada kondisi KAO, masing-masing sesuai persentase kandungan *slag* didalamnya, masih masuk dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA (nilai VIM = 4,9% - 5,9%). Demikian juga dengan pada penumbukan 2x400, bahwa kadungan *fine aggregate slag* dalam campuran AC-BC pada penumbukan 2x400 pada kondisi KAO, masing-masing sesuai persentase kandungan *slag* didalamnya, masih masuk dalam persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA (minimal VIM = 2%).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari serangkaian pengujian pengaruh *fine aggregate slag* dalam campuran aspal panas beton AC-BC untuk lalu lintas > 1 juta ESA sesuai dengan persentasenya, adalah sebagai berikut :

- A. Hasil pengujian berat isi sampel aspal beton padat AC-BC campuran *fine aggregate slag*, dari variasi persentase sebesar 0%, 50% dan 100% yang terkandung dalam campuran AC-BC tersebut, semuanya bernilai lebih besar dari 2 gr/cc pada kadar aspal 4% - 6%. Nilai ini tidak dipersyaratkan dalam Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA.
- B. Pada proses rangkaian tahap penentuan kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-BC akibat pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran tersebut, didapat hasil karakteristik sifat campuran AC-BC dengan 0% *fine aggregate slag* atau 100% *fine aggregate* abubatu berdasarkan gambar penentuan KAO sebagai berikut : nilai VMA > 14% pada kadar aspal 4% - 6%, VFA > 63% pada kadar aspal 5,2% - 6%, VIM = 4,9% sampai 5,9% (pada kadar aspal 5,1% - 5,5%), stabilitas > 800 kg pada kadar aspal 4% - 6%, flow > 2 mm pada kadar aspal 4% - 6%, MQ > 200 kg/mm pada kadar aspal 4% - 6%, sehingga kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-BC sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA ini didapat sebesar 5,35%.
- C. Pada proses rangkaian tahap penentuan kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-BC akibat pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran tersebut, didapat hasil karakteristik sifat campuran AC-BC dengan 50% *fine aggregate slag* berdasarkan gambar penentuan KAO sebagai berikut : nilai VMA > 14% pada kadar aspal 4% - 6%, VFA > 63% pada kadar aspal 5,3% - 6%, VIM = 4,9% sampai 5,9% (pada kadar aspal 5,2% - 5,7%), stabilitas > 800 kg pada kadar aspal 4% - 6%, flow > 2 mm pada kadar aspal 4% - 6%, MQ > 200 kg/mm pada kadar aspal 4% - 6%, sehingga kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-BC sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA ini didapat sebesar 5,5%.

- D. Pada proses rangkaian tahap penentuan kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-BC akibat pengaruh variasi persentase *fine aggregate slag* dalam campuran tersebut, didapat hasil karakteristik sifat campuran AC-BC dengan 100% *fine aggregate slag* berdasarkan gambar penentuan KAO sebagai berikut : nilai VMA > 14% pada kadar aspal 4% - 6%, VFA > 63% pada kadar aspal 5,2% - 6%, VIM = 4,9% sampai 5,9% (pada kadar aspal 5,6% - 6%), stabilitas > 800 kg pada kadar aspal 4% - 6%, flow > 2 mm pada kadar aspal 4% - 6%, MQ > 200 kg/mm pada kadar aspal 4% - 6%, sehingga kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-BC sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Baru Beton Aspal Panas, Departemen Kimpraswil (Agustus 2001) untuk Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA ini didapat sebesar 5,8%.
- E. Sifat campuran AC-BC akibat pengaruh *fine aggregate slag* didalamnya sebesar 0% pada kondisi KAO, pada penumbukan 2x75 didapatkan nilai VMA = 15,3%; VFA = 65,3% serta VIM = 5,3%. Untuk sifat campuran AC-BC akibat pengaruh *fine aggregate slag* didalamnya sebesar 50% pada kondisi KAO, pada penumbukan 2x75 didapatkan nilai VMA = 15,5%; VFA = 67,6% serta VIM = 5%. Sedangkan sifat campuran AC-BC akibat pengaruh *fine aggregate slag* didalamnya sebesar 100% pada kondisi KAO, pada penumbukan 2x75 didapatkan nilai VMA = 17,3%; VFA = 68,5% serta VIM = 5,5%.
- F. Sifat campuran AC-BC akibat pengaruh *fine aggregate slag* didalamnya sebesar 0% pada kondisi KAO, pada penumbukan 2x400 didapatkan nilai VMA = 13,2%; VFA = 77,6% serta VIM = 2,95%. Untuk sifat campuran AC-BC akibat pengaruh *fine aggregate slag* didalamnya sebesar 50% pada kondisi KAO, pada penumbukan 2x400 didapatkan nilai VMA = 13,3%; VFA = 81,2% serta VIM = 2,5%. Sedangkan sifat campuran AC-BC akibat pengaruh *fine aggregate slag* didalamnya sebesar 100% pada kondisi KAO, pada penumbukan 2x400 didapatkan nilai VMA = 14,9%; VFA = 82,2% serta VIM = 2,7%.

5.2 Saran

Dari hasil-hasil pengujian fisik pengaruh *fine aggregate slag* dalam campuran aspal panas AC-BC dapat disarankan guna penelitian selanjutnya, sebagai berikut :

- A. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan kandungan *fine aggregate slag* diluar rentang dalam penelitian ini.

- B. Perlu adanya penelitian lanjutan pengaruh suhu pemadatan pada campuran aspal panas dan pengaruh suhu perendaman benda uji benda padat aspal beton AC-BC akibat adanya material *fine aggregate slag* didalam campuran tersebut.
- C. Perlu adanya penelitian yang menganalisa penggunaan material *fine aggregate slag* tidak hanya sebagai agregat halus pada tipe campuran beton aspal panas AC-BC tetapi pada jenis campuran aspal beton tipe lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (1990), *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Part I and Part II, Washington DC.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (1993), *Guide for Design of Pavement Structure*; Washington DC.
- Austroroads (1999), *Pavement Design*, Sydney, Australia.
- British Standard, (1992), *Specification for Rolled Asphalt (Hot Process) for Roads and Other Paved Areas*, Part 1 and part 2, BS 594, London, England.
- Akademi Teknologi Semarang.Semarang (2001), *Petunjuk Praktis Pengujian Bahan Jalan*, Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil.
- Amirudin, Ahmad; (1994), *Studi Banding Penggunaan Slag dan Batu Pecah sebagai Agregat pada Campuran Lapis Tipis Aspal Beton*, Skripsi Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Teknik Sipil Transportasi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Brown, SF and Brunton, JH (1984), *An Introduction to the Analytical Design of Bituminous Pavement*, 2nd Edition, Departement of Civil Engineering, University of Nottingham, UK.
- Cominsky, RJ (1994), *The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlay*, Strategic Highway Research Program, Washington DC.
- Craus,J., Ishai, I., and Sides, A., (1981), *Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Properties*, Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologies, Vol.50, pp.291-318.
- Dardak H, T Tool, S.Mahmud, AT Dahlan (1992), *The Performance of Asphaltic Premix Surfacing in Indonesia*, Proceeding, 7th, REAAA Conference, Singapore.
- Departemen Pekerjaan Umum (1988), *Manual Supervisi Lapangan untuk Staff Pengendali Mutu*, Central Quality Control & Monitoring Unit; Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum (1988), *Campuran Aspal Panas dengan Durabilitas Tinggi – Buku I*, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, (1993), *Penyegaran Teknik Kebinaamargaan Modul M2-5, Penyiapan Rancangan Campuran Kerja*, Proyek Peningkatan Jalan Dan Penggantian Jembatan Jawa Tengah,.
- Departemen Pekerjaan Umum (1996), *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan No. 01/MN/BM/ 1976*, Direktorat Jenderal Bina Marga,.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1999), *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*, No. 023/T/BM/1999, Puslitbang Jalan, Bandung.

- Departemen Pekerjaan Umum, (2001), *Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Agustus, Puslitbang Jalan, Bandung.
- Departemen Pendidikan Nasional (2003), *Pedoman Penulisan Tesis Magister Teknik Sipil*, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang; Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Dickinson, EJ (1984), *Bituminous Roads in Australia*, 1st published; Vermont-South, Victoria: Australian Road Research Board.
- Eko Wahyu Munowasito, (1999), *Tinjauan Stabilitas Campuran Terhadap Filler Limbah Abu Batu Bara (fly ash) untuk Campuran Aspal Beton*, Penelitian Dosen Muda, Akademi Teknologi Semarang.
- Hardi, (1979), *Diktat Bahan Bitumen*, Catatan Kuliah Pasca Sarjana ITB, Bandung.
- Indraswari H., (1976), *Aspal Beton, Perencanaan Campuran Di Laboratorium*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Indraswari H., (1971), *Bahan Perkerasan Jalan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kennedy, TW, RJ Cominsky, ET Harigan (1991), *Development of Performance Based Specification and AAMAS*, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologies, Volume 60, Washington DC.
- Kurniadji dan Yamin, Anwar; (2000), *Pemanfaatan Bahan Lokal Sub Standar untuk Konstruksi Perkerasan Jalan*, Puslitbang Prasarana Transportasi, Bandung.
- Kurniadji, (2001), *Perencanaan Campuran Beraspal Panas*, Makalah pada Pelatihan Perencanaan dan Pengawasan Jalan dan Jembatan P3JJ Propinsi Kalimantan Timur, Balitbang Kimpraswil, Puslitbang Prasarana Transportasi, Departemen Kimpraswil, Bandung.
- Marteano, Deddy, (2004), *Evaluasi Kinerja Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA) dengan Menggunakan Filler Abu Sisa Penggergajian Kayu*, Tesis Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Mulyono, AT (1996), *Pengaruh Variasi Jenis dan Kadar Filler terhadap Stabilitas, Fleksibilitas dan Tingkat Durabilitas HRS Klas B*, Media teknik No. 3, Edisi Nopember, UGM, Yogyakarta.
- Priyatno, Bagus, (2001), *Metode Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak (PRD) Berdasarkan Spesifikasi yang Disempurnakan*, Disampaikan dalam dalam Penataran dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Kopertis VI, Semarang.
- Priyatno, Bagus, (1999), *Perancangan Prasarana Jalan*, Disampaikan dalam Penataran dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Kopertis VI, Semarang.
- Pusat Penelitian Dan Pengembangan Masalah Jalan, (1995), *Laporan Penelitian Pusat Litbang Jalan*, Bandung.
- Robert D Kerbs & Richard D Walker (1971), *Highway Materials*, Mc Graw-Hill Inc, London.

- Robert N Hunter (1994), *Bituminous Mixtures in Roads Construction*, Thomas Telford Services Ltd, London.
- Sentosa, Leo (2001), *Kinerja laboratorium Campuran HRA dengan Abu Sawit sebagai Filler*, Tesis Magister STJR ITB, Bandung.
- Shell Bitumen (1990), *The Shell Bitumen Hand Book*, Published by Shell Bitumen, United Kingdom.
- Siswosoebroto, BI (2001), *Kajian Laboratorium Penggunaan material Vulkanik (Kasus Pasir Galunggung) dalam Campuran Beraspal*, pada Simposium FSTPT, Denpasar, Bali.
- Standar Nasional Indonesia (SK-SNI), (1991), *Pengujian Bahan Untuk Jalan Raya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sukirman, Silvia (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Surachman Winarno, (1990), *Pengantar Metodologi Ilmiah*, CV. Tarsito, Bandung.
- SKNI-M-58-1990-03, (1990), *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Departemen pekerjaan Umum, Jakarta.
- Wenan, AH (2000), *Pengaruh Jenis Filler pada Sifat Campuran HRA*, Tesis Magister STJR ITB, Bandung.
- Yasrudin (2000), *Kinerja Laboratorium pada HRA dengan Kandungan Batu Bata yang Dihaluskan sebagai Filler*, Tesis Magister STJR ITB, Bandung.
- Zamhari, KA (1997), *Penelitian Berbagai Campuran Aspal untuk Iklim Tropis di Indonesia*, Laporan Penelitian, Puslitbang Jalan, Badan Litbang PU, Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Pernyataan Ketua Peneliti

SURAT PERNYATAAN KETUA PENELITI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Drs. Bagus Priyatno, ST, MT
NIDN : 0015045401
Pangkat/Golongan : Pembina/IVA
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penelitian saya dengan judul : **Pengaruh Penggunaan Slag Sebagai Fine Aggregate Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Terhadap Karakteristik Marshall Dan Durabilitas** yang disusun dalam skema Penelitian Reguler untuk tahun anggaran 2017 bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penelitian yang sudah diterima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Mengetahui,
Ketua LPPM

(Ir. Suwarno Widodo, M.Si.)
NIDN. 0627036101

Semarang, 21 Desember 2017

Yang menyatakan,
Ketua Peneliti


(Drs. Bagus Priyatno, ST, MT)
NIDN. 0015045401

Lampiran 2

Susunan Anggota Peneliti Dan Pembagian Tugas

No	NAMA	NIP/NIDN	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu	Uraian Tugas
1	Drs.Bagus Priyatno, ST.,MT.	195404151982031003/ 0015045401	Teknik Sipil	2 jam/minggu	Ketua merangkap anggota
2	Slamet Budirahardjo, ST., MT.	0616127101	Teknik Sipil	2 jam/minggu	Manjalankan keg admin dan Lapangan
3	Agung Kristiawan, ST., MT.	0605037001	Teknik Sipil	2 jam/minggu	Manjalankan keg admin dan Lapangan
4	Putri Anggi Permata, ST., MT.	0025028204	Teknik Sipil	2 Jam/minggu	Menjalankan keg admin dan Lapangan

Lampiran 3

Biodata Ketua dan Anggota Peneliti

Peneliti Utama

A. Identitas Ketua Peneliti

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Drs. Bagus Priyatno ST.,MT.
2	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
3	Pangkat/golongan	Pembina/IV.a
4	NPP/NIK/Identitas lainnya	
5	NIP / NIDN	195404151982031003 / 0015045401
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Palembang, 15 April 1954
7	Alamat Rumah	Jl. Singosari Timur H-48, Semarang
8	Nomor Telepon/Faks/HP	(024) 8316377 / (024) 8448217
9	Alamat Kantor	Jl. Sidodadi Timur 24 Dr. Cipto Semarang
10	Alamat e-mail	baguspriyatno@upgrismg.ac.id
11	Lulusan yang telah dihasilkan	
12	Mata kuliah yang diampu	1. Bangunan Air
		2. Gambar Struktur Bangunan
		3. Mekanika Fluida
		4. Fisika dasar

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	IKIP Bandung dan UNTAG 17/8/1945 Smg	UGM	-
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Transportasi	-
Tahun Masuk - Lulus	1980 dan 1998	2000	
Judul Skripsi/Thesis/Desertasi			
Nama Pembimbing			-

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian
1	2010	Pengaruh penambahan Spent Catalyst pada stabilisasi tanah semen terhadap kembang susut dan daya dukung tanah Ekspansif sebagai Subgrade jalan
2	2012	Pengaruh Penggunaan Serbuk Slag Sebagai Filler Pada Campuran Laston Binder Course (AC-BC) Terhadap Karakteristik sifat Marshall
3	2013	Pengaruh Kadar Air dan Kadar <i>Foam</i> terhadap Kuat Tarik tak langsung dan kuat Tekan bebas pada lapis <i>Cold Mix Recycling Foam Bitmen for Base</i> , (CMRFB-Base)
4	2015	Pengaruh Masa Simpan Aspal Emulsi Type CSS I Bergradasi Rapat (DGEM) Terhadap Karakteristik Marshall.
5	2016	Pengaruh Kadar Air dan Kadar Foam Terhadap Kuat Tarik Tak Langsung Dan Kuat Tekan Bebas Pada Lapis Recycling Base Dengan Foam Bitumen.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian
1	2010	Pemasangan pompa air sebagai sarana peningkatan pengadaan air bersih di lingkungan Pondok Pesantren Luhur Kampung Dondong Kelurahan Wonosari Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang
2	2010	Sebagai Narasumber workshop kurikulum Berbasis Kompetensi bagi Dosen PTS di lingkungan Aptisi Wilayah VI dengan Materi "Regulasi Pemerintah tentang Kurikulum Berbasis Kompetensi"
3	2011	Sebagai Narasumber Workshop Audit Mutu Akademik Internal (AMAI) bagi dosen Perguruan tinggi Swasta anggota APTISI Wilayah VI
4	2012	Sebagai Narasumber Dalam Lokakarya Sosialisasi SPMI bagi dosen dan karyawan Politeknik Banjarnegara
5	2012	Sebagai Narasumber Dalam Work Shop pengisian BKD bagi dosen bersertifikasi Pendidik Universitas Slamet Riyadi Surakarta,
6	2015	Penataan Taman Tejokusumo Kelurahan Muktiharjo Kidul Semarang

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penulisan artikel
1	2010	Regulasi Pemerintah tentang Kurikulum Berbasis Kompetensi"
2	2010	Pembaharuan Sistem Online Sertifikasi Pendidik untuk Dosen.
3	2011	Sistem Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi di lingkungan Kopertis Wilayah VI
4	2012	Portopolio Sertifikasi Dosen PTS di lingkungan Kopertis Wilayah VI

5	2012	pengisian Beban Kerja Dosen (BKD) menggunakan rubrik Jabatan Fungsional (JaFa)
6	2013	Pengembangan Media Pembelajaran

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan/Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penulisan artikel
1	2010	Regulasi Pemerintah tentang Kurikulum Berbasis Kompetensi”
2	2010	Pembaharuan Sistem Online Sertifikasi Pendidik untuk Dosen.
3	2011	Sistem Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi dilingkungan Kopertis Wilayah VI
4	2012	Sistem Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi dilingkungan Kopertis Wilayah VI
5	2012	pengisian Beban Kerja Dosen (BKD) menggunakan rubrik Jabatan Fungsional (JaFa)
6	2013	Pengembangan Media Pembelajaran

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	-	-	-	-

H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI 5 TAHUN TERAKHIR

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	-	-	-	-

I. PENGALAMAN RUMUSAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

No	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1	-	-	-	-

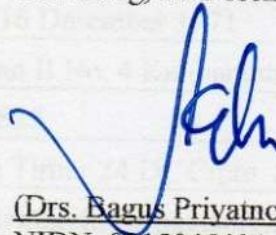
J. PENGHARGAAN YANG PERNAH DIRAIH 10 TAHUN TERAKHIR

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resikoanya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian Reguler tahun 2017.

Semarang, 21 Desember 2017



(Drs. Bagus Priyatno, ST., MT.)
NIDN. 0015045401

1. Nama Lengkap dan Gelar	Drs. Bagus Priyatno
2. NIDN	0015045401
3. Tempat dan Tanggal Lahir	Semarang, 10 Desember 1968
4. Alamat Rumah	Jl. Jendral Sudarto II No. 4
5. Alamat Kantor	Jl. Sekeloa
6. Alamat E-mail	bagus.priyatno@gmail.com
7. Lulusan yang telah dibuktikan	1. Sarjana Teknik Industri 2. Magister Teknik Industri 3. Doktor Teknik Industri
8. Mata kuliah yang diambil	1. Perencanaan Jalan 2. Laboratorium Perencanaan Jalan

9. Riwayat Pendidikan

Nama Perguruan Tinggi	Universitas Diponegoro	Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Magister Teknik Sipil
Tahun Masuk - Lulus	1991 - 1998	2003 - 2014
Judul Skripsi/Tesis/Dissertasi	Perencanaan Pabrik Pabrikasi Beton (PT)	Kajian Perencanaan Aspal Emulsi Pada Subgrade Di Atas Jalan Semarang - Bala
Nama Pengajar/Jug	1. Ir. Boerwan Sodik, MS 2. Ir. Murtoro, MS	1. Prof. Ir. H. Pratikto, MSc, PhD 2. Ir. H. Djoko Susanto Achy, MT

10. Pengalaman Penelitian Selama 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian
1	2014	Perencanaan Jalan Perumahan

Anggota Peneliti

Anggota Peneliti 1

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Slamet Budirahardjo, ST., MT.
2	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
3	Pangkat/golongan	Penata Muda/III.b
4	NPP/NIK/Identitas lainnya	137101388
5	NIP / NIDN	0616127101
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Semarang, 16 Desember 1971
7	Alamat Rumah	Jl. Jembawan II No. 4 Kalibanteng Kulon
8	Nomor Telepon/Faks/HP	081325765823
9	Alamat Kantor	Jl. Sidodadi Timur 24 Dr. Cipto Semarang
10	Alamat e-mail	slametbudiraharjo@upgrismg.ac.id
11	Lulusan yang telah dihasilkan	D3.....mahasiswa
12	Mata kuliah yang diampu	1. Mekanika Tanah I dan II
		2. Perkerasan Jalan
		3. Laboratorium Perkerasan Jalan

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Diponegoro	Universitas Islam Sultan Agung Semarang	
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Magister Teknik Sipil	
Tahun Masuk – Lulus	1991 - 1998	2013 – 2014	
Judul Skripsi/Thesis/Desertasi	Perencanaan Pusat Pendaratan Ikan (PPI)	Kajian Pencampuran Aspal Emulsi Pada Subgrade Di Ruas Jalan Semarang – Boja	
Nama Pembimbing	1. Ir. Roeswan Soediro, MS 2. Ir. Muhrozi, MS	1. Prof. Ir. H. Pratikso, MST, Ph.D 2. Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT	

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian
1	2014	Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako

2	2014	Pemanfaatan Limbah Batubara Sebagai Campuran Batako
3	2015	Pengaruh Masa Simpan Aspal Emulsi Type CSS I Bergradasi Rapat (CEBR) Terhadap Karakteristik Marshal.
4	2016	Pengaruh Kadar Air dan Kadar Foam Terhadap Kuat Tarik Tak Langsung Dan Kuat Tekan Bebas Pada Lapis Recycling Base Dengan Foam Bitumen.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Rp)
1	2013	Perbaikan Rumah Tinggal di dusun Genteng RT 001/ RW 001 Ringiarum Kendal	ATS	17.000.000
2	2014	IbM Kelurahan Kembangarum Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang	UPGRIS	7.000.000
3	2016	IbM Perencanaan Saluran Di Jalan Tejokusumo Kelurahan Muktiharjo Kidul Semarang	UPGRIS	6.250.000

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penulisan artikel
-	-	-

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan/Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Makalah
1	2014	Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako
2	2014	Pemanfaatan Limbah Batubara Sebagai Campuran Batako
3	2015	Pengaruh Masa Simpan Aspal Emulsi Type CSS I Bergradasi Rapat (CEBR) Terhadap Karakteristik Marshal.

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
-	-	-	-	-

H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI 5 TAHUN TERAKHIR

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	-	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resikoanya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian Reguler tahun 2017.

Semarang, 21 Desember 2017

(Slamet Budirahardjo, ST., MT.)
NIDN. 0616127101

4. Nama Lengkap (Sesuai KTP)	SLAMET BUDI RAHARDJO
5. NIP / NIDN	0616127101
6. Tempat dan Tanggal Lahir	Semarang, 21 Desember 1974
7. Alamat Rumah	...
8. Nomor Telepon / Fax / HP	0271-511111
9. Alamat Kantor	...
10. Alamat Email	...
11. Lembaga yang pernah diambing	1. ... 2. ...
12. Mata kuliah yang ditempuh	1. ... 2. ...

C. Riwayat Pendidikan

Nama Perguruan Tinggi	MASJID	UNISSULA
Universitas ...	Teknik Sipil	Magister Teknik Sipil
Tahun Masuk - Keluar	1997-2000	1997-2000
Judul Skripsi/Tesis/Dissertasi	Penerapan Geoteknik Departemen 1 Lantai 18 Lantai 19 Kantor 190 Kantor 190	Analisa Struktur Kapasitas Pelat Pada Pondasi Tipe Pelat Walaupun Diturunkan
Nama Pembimbing	Dr. Prof. Ageng	Dr. H. H. Kusno Ageng, ST., MT

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian
1	2014	Penerapan Geoteknik Pelat Pada ...
2	2014	Penerapan Geoteknik Pelat Pada ...

Anggota Peneliti

Anggota Peneliti 2

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Agung Kristiawan, ST., MT.
2	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
3	Pangkat/golongan	Penata Muda/III.b
4	NPP/NIK/Identitas lainnya	137001386
5	NIP / NIDN	0605037001
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Semarang, 05 Maret 1970
7	Alamat Rumah	
8	Nomor Telepon/Faks/HP	087832368380
9	Alamat Kantor	Jl. Sidodadi Timur 24 Dr. Cipto Semarang
10	Alamat e-mail	agungkristiawan@upgrismg.ac.id
11	Lulusan yang telah dihasilkan	D-3 = 0 orang; S-1 = 0 orang
12	Mata kuliah yang diampu	1. Analisa Struktur I dan II
		2. Struktur Beton I dan II
		3.

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	UNTAG	UNISSULA	
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Magister Teknik Sipil	
Tahun Masuk – Lulus	1989-1995	2013 – 2015	
Judul Skripsi/Thesis/Desertasi	Perencanaan Gedung Perpustakaan 3 Lantai Di Universitas 17 Agustus 1945 Semarang	Analisis Tingkat Kepuasan Pelanggan Pada Perumahan Villa Pinus Watugong Semarang	
Nama Pembimbing	Ir. Pribadi Agung	Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM, MT	

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian
1	2014	Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako
2	2014	Pemanfaatan Limbah Batubara Sebagai Campuran Batako (Studi Kasus : Limbah Batubara PT. Sango Ceramic)

3	2015	Pemanfaatan Kapur Dan Sabut Kelapa Sebagai Campuran Batako

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Rp)
1	2013	Perbaikan Rumah Tinggal di dusun Genting RT 001/ RW 001 Ringiarum Kendal	ATS	17.000.000
2	2014	Perbaikan Rumah Tinggal Di Kelurahan Tlogosari Kulon Kecamatan Pedurungan Semarang	APBI IKIP Basis	20.700.000
3	2014	Perbaikan PosKamling Kelurahan Kembangarum Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang	UPGRIS	6.250.000
4	2015	Perbaikan Gapura Jl. Plewan II Kelurahan Siwalan Kecamatan Gayamsari Kota Semarang	LPPM UPGRIS Swadaya Masy.	13.750.000

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penulisan artikel
1	2014	Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako
2	2014	Pemanfaatan Limbah Batubara Sebagai Campuran Batako
3	2015	Pemanfaatan Kapur Dan Sabut Kelapa Sebagai Campuran Batako
4	2015	Pengaruh Penambahan Kapur Dan Sabut Kelapa Terhadap Bobot Dan Daya Serap Air Batako

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan/Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Makalah
1	2014	Pemanfaatan Limbah Batubara Sebagai Campuran Batako
2	2015	Pemanfaatan Kapur Dan Sabut Kelapa Sebagai Campuran Batako

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
-	-	-	-	-

H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI 5 TAHUN TERAKHIR

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	-	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resikoanya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian Reguler tahun 2017.

A. Nama Lengkap	B. Tempat dan Tanggal Lahir	C. Alamat Lengkap
D. Alamat Email	E. Nomor HP	F. Nomor Telepon Kantor
G. Jabatan yang pernah diemban	H. Riwayat Pekerjaan	I. Riwayat Pendidikan
J. Mata kuliah yang diampu	K. R.I.S	L. Jumlah

Semarang, 21 Desember 2017



(Agung Kristiawan, ST., MT.)
NIDN. 0605037001

B. Riwayat Pendidikan

No	Jenis Pendidikan	Instansi	Tahun Masuk - Lulus	Jurusan	Nilai Rata-rata
1	SD	TKRKA - KENDAL	1999 - 2004	Magister Teknik Sipil	-
2	ST	Andhika Tuntal (Tel. Swadhyaya Para Seputih - Jember)	2007 - 2010	Magister Teknik Sipil	-
3	S1	Andhika Tuntal (Tel. Swadhyaya Para Seputih - Jember)	2007 - 2010	Magister Teknik Sipil	-
4	S2	Andhika Tuntal (Tel. Swadhyaya Para Seputih - Jember)	2007 - 2010	Magister Teknik Sipil	-
5	S3	Andhika Tuntal (Tel. Swadhyaya Para Seputih - Jember)	2007 - 2010	Magister Teknik Sipil	-

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian
----	-------	------------------

Anggota Peneliti

Anggota Peneliti 3

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Putri Anggi Permata S, ST., MT.
2	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
3	Pangkat/golongan	Penata Muda/III.b
4	NPP/NIK/Identitas lainnya	138201421
5	NIP / NIDN	198202252015042001 / 0025028204
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Semarang, 25 Februari 1982
7	Alamat Rumah	
8	Nomor Telepon/Faks/HP	087832291959
9	Alamat Kantor	Jl. Sidodadi Timur 24 Dr. Cipto Semarang
10	Alamat e-mail	putrianggipermata@upgrismg.ac.id
11	Lulusan yang telah dihasilkan	D-3 = 0 orang; S-1 = 0 orang
12	Mata kuliah yang diampu	1. Manajemen Konstruksi
		2. RAB
		3. Struktur Beton

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	UNIKA SOEGIJAPRANATA	UNDIP	
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Magister Teknik Sipil	
Tahun Masuk – Lulus	1999 - 2004	2007 - 2010	
Judul Skripsi/Thesis/Desertasi	Analisis Tarif Tol (Studi Kasus Ruas Sronдол -Jatingaleh)	Manajemen resiko Proyek dengan kontrak Lump Sum dan Unit Price	
Nama Pembimbing	1. Drs. Ir. Djoko Setijowarno, M.T. 2. Rudatin S.T.,M.T	1. M. Agung Wibowo, MSc, PhD. 2. Dr. Suharyanto ,MT	

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian

1	2014	Pemanfaatan Limbah Batubara Sebagai Campuran Batako (Studi Kasus : Limbah Batubara PT. Sango Ceramic)
2	2015	Pemanfaatan Kapur Dan Sabut Kelapa Sebagai Campuran Batako

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Rp)
1	2014	Perbaikan Rumah Tinggal Di Kelurahan Tlogosari Kulon Kecamatan Pedurungan Semarang	APBI IKIP Basis	20.700.000
2	2014	Perbaikan PosKamling Kelurahan Kembangarum Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang	UPGRIS	7.000.000
3	2015	Perbaikan Gapura Jl. Plewan II Kelurahan Siwalan Kecamatan Gayamsari Kota Semarang	LPPM UPGRIS Swadaya Masy.	13.750.000

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penulisan artikel
1	2014	Pemanfaatan Limbah Batubara Sebagai Campuran Batako
2	2015	Pemanfaatan Kapur Dan Sabut Kelapa Sebagai Campuran Batako

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan/Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Makalah
1	2014	Pemanfaatan Limbah Batubara Sebagai Campuran Batako
2	2015	Pemanfaatan Kapur Dan Sabut Kelapa Sebagai Campuran Batako

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
-	-	-	-	-

H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI 5 TAHUN TERAKHIR

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	-	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian Reguler tahun 2017.

Semarang, 21 Desember 2017



(Putri Anggi Permata, ST., MT.)
NIDN. 0025028204

DOKUMENTASI



Ke lokasi pengolahan/pemurnian logam di Ceper Klaten



Limbah pemurnian logam(*slag*) di Ceper Klaten



Pengambilan limbah pemurnian logam(*slag*) di Ceper Klaten



Pengeringan *slag* di lab.
Teknik sipil UPGRIS

DOKUMENTASI



Pengayakan *slag* di lab.
Teknik sipil UPGRIS



Pengujian G_s *slag* di lab.
Teknik sipil UPGRIS



Hasil pengayakan agregat di
lab. Teknik sipil UPGRIS

DOKUMENTASI



Proses pembuatan briket campuran aspal panas beton di lab. Teknik sipil UPGRIS



Perendaman briket aspal beton padat dalam waterbath lab. Teknik sipil UPGRIS



Pengujian briket aspal beton dengan alat Marshall di lab. Teknik sipil UPGRIS



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

Jl. Dr. Cipto - Lontar No. 1 Semarang - Indonesia Telp. (024) 8451279, 8451824 Faks. 8451279
Email : lppmupgrismg@yahoo.co.id Website : lppm.upgrismg.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 166/ST/LPPM-UPGRIS/VII/2017

Dengan ini Ketua LPPM Universitas PGRI Semarang memberi tugas kepada :

Nama	: Drs. Bagus Priyatno, S.T., M.T.
NPP	:0015045401
Pangkat/Golongan	: Pembina/ IV a
Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
Pekerjaan	: Dosen Teknik Universitas PGRI Semarang
Pada hari / tgl	: Juli s/d September 2017
Tempat	: Universitas PGRI Semarang
Keperluan	: Kegiatan Penelitian dengan judul Pengaruh Penggunaan Slag sebagai <i>Fine Aggregate</i> pada Campuran <i>Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)</i> terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> dan Durabilitas

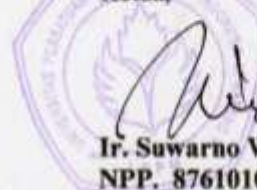
Demikian agar tugas ini dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan setelah selesai harap melaporkan hasilnya.



Mengetahui,
Telah melaksanakan tugas

SLAMET BUDIRAHANDJO, ST.MT.

Semarang, 24 Juli 2017
Ketua,



Ir. Suwarno Widodo, M.Si.
NPP. 876101038



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

Jl. Dr. Cipto - Lontar No. 1 Semarang - Indonesia Telp. (024) 8451279, 8451824 Faks. 845127
Email : lppmupgrismg@yahoo.co.id Website : lppm.upgrismg.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 166/ST/LPPM-UPGRIS/VII/2017

Dengan ini Ketua LPPM Universitas PGRI Semarang memberi tugas kepada :

Nama : Slamet Budirahardjo, S.T., M.T.
NPP : 0616127101
Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk.I/ III b
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
Pekerjaan : Dosen Teknik Universitas PGRI Semarang
Pada hari / tgl : Juli s/d September 2017
Tempat : Universitas PGRI Semarang
Keperluan : Kegiatan Penelitian dengan judul Pengaruh Penggunaan Slag sebagai *Fine Aggregate* pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* terhadap Karakteristik *Marshall* dan Durabilitas

Demikian agar tugas ini dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan setelah selesai harap melaporkan hasilnya.



Mengetahui,
Telah melaksanakan tugas

SLAMET BUDIRAHARDJO, S.T.M.T.



Semarang, 24 Juli 2017
Ketua,

Ir. Suwarno Widodo, M.Si.
NPP. 876101038



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

Jl. Dr. Cipto - Lontar No. 1 Semarang - Indonesia Telp. (024) 8451279, 8451824 Faks. 8451279
Email : lppmupgrismg@yahoo.co.id Website : lppm.upgrismg.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 166/ST/LPPM-UPGRIS/VII/2017

Dengan ini Ketua LPPM Universitas PGRI Semarang memberi tugas kepada :

Nama : Agung Kristiawan, S.T., M.T.
NPP : 0605037001
Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk.I/ III b
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
Pekerjaan : Dosen Teknik Universitas PGRI Semarang
Pada hari / tgl : Juli s/d September 2017
Tempat : Universitas PGRI Semarang
Keperluan : Kegiatan Penelitian dengan judul Pengaruh Penggunaan Slag sebagai *Fine Aggregate* pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* terhadap Karakteristik *Marshall* dan Durabilitas

Demikian agar tugas ini dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan setelah selesai harap melaporkan hasilnya.



Mengotafui,
Telah melaksanakan tugas

Slamet Sudrajat, ST-MT.

Semarang, 24 Juli 2017
Ketua,

Ir. Suwarno Widodo, M.Si.
NPP. 876101038



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

Jl. Dr. Cipto - Lontar No. 1 Semarang - Indonesia Telp. (024) 8451279, 8451824 Faks. 8451279
Email : lppmupgrismg@yahoo.co.id Website : lppm.upgrismg.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 166/ST/LPPM-UPGRIS/VII/2017

Dengan ini Ketua LPPM Universitas PGRI Semarang memberi tugas kepada :

Nama : Putri Anggi Permata S., S.T., M.T.
NPP : 00250228204
Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk.I/ III b
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
Pekerjaan : Dosen Teknik Universitas PGRI Semarang
Pada hari / tgl : Juli s/d September 2017
Tempat : Universitas PGRI Semarang
Keperluan : Kegiatan Penelitian dengan judul Pengaruh Penggunaan Slag sebagai *Fine Aggregate* pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* terhadap Karakteristik *Marshall* dan *Durabilitas*

Demikian agar tugas ini dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan setelah selesai harap melaporkan hasilnya.



Mengikuti,
Telah melaksanakan tugas

PUTRI ANGGI PERMATA S., S.T., M.T.

Semarang, 24 Juli 2017
Ketua,



I. Suwarno Widodo, M.Si.
NPP. 876101038