

Mu f 14/12-18

JURNAL PENELITIAN TEKNIK SIPIL

Intensip

Informasi Teknik Sipil



SUARDI
311 15 507

MUH. ALI TAHIR
311 15 513

PROGRAM STUDI D-3 PDD BONE
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2018

JURNAL PENELITIAN TEKNIK SIPIL

Intensip

Informasi Teknik Sipil



SUARDI
311 15 507

MUH. ALI TAHIR
311 15 513

**PROGRAM STUDI D-3 PDD BONE
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2018**

ANALISIS KINERJA ASPAL BETON MENGGUNAKAN FILLER ABU SEKAM PADI PADA KONDISI TERENDAM AIR BERSIFAT ASAM

RINGKASAN

Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Sebagai bahan pengisi pada lapis ini biasanya digunakan abu batu. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar filler (Abu Sekam Padi) dalam campuran aspal beton dengan menambahkan kadar filler (Abu Sekam Padi) yang bervariasi: 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% pada campuran aspal beton yang mempunyai kombinasi agregat yaitu: 10% untuk batu pecah 1-2, 28% untuk batu pecah 0,5-1, 60% untuk abu batu dan 2% untuk filler semen pc, menggunakan metode coba-coba (*Trial and Error*) dan *Marshall test* untuk menentukan nilai Berat Isi, VIM, VMA, VFB, Stabilitas, dan *Flow*. Dari hasil penelitian diperoleh nilai pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan variasi kadar filler (Abu Sekam Padi) yaitu 1% dengan durasi perendaman 0, 1, dan 2 hari menghasilkan nilai Berat Isi, VMA, VFB, Stabilitas, *Flow* dan Marshall Qou yang tidak terlalu berubah, sedangkan nilai VIM mengalami penurunan.

Kata kunci: *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), *Filler* (Abu Sekam Padi), Nilai Karakteristik

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang memegang peranan penting dalam pembangunan di segala bidang. Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir / *filler* / bitumen. Ada empat sifat dasar aspal beton yang harus diperhatikan dalam merencanakan campuran aspal beton, yaitu *stabilitas*, *durabilitas* (keawetan), *fleksibilitas*, dan mempunyai tahanan terhadap selip

Aspal beton atau *asphalt concrete* (AC) sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya pun di Indonesia dari tahun ke tahun makin meningkat. Hal ini disebabkan aspal beton mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya dapat

digunakan untuk semua volume lalu lintas, Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah, dibanding dengan pekerjaan jalan rigid, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca.

Menurut Sukirman (2003), aspal adalah suatu material yang berwarna hitam atau coklat tua yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman pada perkerasan *macadam* ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Beton aspal

adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan, yang dicampur secara merata atau homogen di instalasi pencampuran pada temperatur tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan, sehingga terbentuk beton aspal padat. Temperatur pada saat pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Apabila digunakan semen aspal, maka temperatur pada saat pencampuran umumnya berkisar antara 145°C sampai dengan 155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas atau *hotmix*.

Menurut Sukirman (2003), lapis Aspal beton adalah beton aspal yang bergradasi menerus, lapis aspal beton (laston) juga sering disebut dengan AC (*Asphalt Concrete*), dan karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal minimum Laston berkisar antara 4-6 cm. Sesuai dengan fungsinya laston mempunyai 3 macam campuran yaitu laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm, laston sebagai lapis pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete- Binder Course*) dengan nominal minimum adalah 5 cm dan laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete- Base*) dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm. Laston sebagai lapisan aus dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm. AC-WC *Multigrade*, merupakan salah satu implementasi perkembangan teknologi *hot mix* di Indonesia, dinilai sangat cocok digunakan untuk jalan raya dengan lalu lintas berat dan padat/cenderung macet, serta diutamakan untuk digunakan pada daerah tropis. Untuk dapat memikul beban tertentu, suatu material perkerasan harus mempunyai kekuatan (*strength*) atau modulus tertentu. Dan untuk mencapai kekuatan tertentu tersebut, material yang merupakan campuran antara agregat dan aspal (untuk lapis permukaan lentur) harus

mempunyai kepadatan (*density*) sesuai persyaratan atau spesifikasi yang telah ditentukan.

Sukirman (2003), menyatakan kinerja aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan Marshall untuk menentukan ketahanan (*Stabilitas*), kelelahan (*Flow*). Alat marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring dan dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Langkah-langkah dalam melakukan pengujian stabilitas dan flow yaitu penentuan kerapatan (*density*), stabilitas (*Stability*), pengujian kelelahan (*flow*), volume pori dalam agregat campuran (VMA), volume pori dalam beton aspal padat (VIM), volume pori antara butir agregat terisi aspal (VFB) dan perhitungan *Marshall Quotient* (MQ).

Aji (1997), menyatakan berdasarkan komposisi kimiawinya abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal. Hal ini dikarenakan komposisi kimiawi abu sekam padi sama dengan silicafume. Silicafume merupakan bahan pozzolink yang dapat bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau lime dengan bantuan air untuk membentuk CSH (*Calcium Silicate Hydrates*) sehingga akan mengurangi kandungan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada beton. Dengan adanya air, silicate dan aluminate membentuk produk hidrasi (*hydrates*), yang kemudian membentuk massa yang kuat dan keras. Reaksi ini cenderung berlangsung lambat.

Bahan filler yang dimaksud adalah abu sekam, sebagai hasil pembakaran sisa buangan sekam padi. Sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras. Pada proses pembakaran akibat panas yang terjadi akan menghasilkan perubahan struktur silika yang berpengaruh pada dua hal yaitu tingkat aktivitas pozzolan dan kehalusan butiran abu. Abu sekam juga memungkinkan digunakan dalam jenis campuran seperti campuran aspal untuk lapis permukaan. Sifat sementasi dan

gradasi butirannya sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam salah satu bahan pembentuk campuran aspal yaitu filler. Selama ini filler diisi oleh abu batu. Kenyataannya juga mahal karena abu batu ini belum banyak tersedia di setiap daerah kecuali daerah- daerah tertentu di Indonesia. Jika abu sekam dapat menggantikan bahan tersebut, maka kendala tersebut dapat dikurangi sebabkan kelebihan abu sekam yang disamping murah harganya juga mudah mendapatkannya dalam jumlah besar. Masalah murah dan mudah inilah yang akhir- akhir ini menjadi perhatian utama dalam penyediaan bahan pembangunan jalan.

Dari beberapa penelitian sebelumnya mengenai pengaruh kandungan kualitas air terhadap campuran aspal AC-WC, Sebagaimana, Air yang bersifat asam apabila masuk ke dalam struktur perkerasan menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi sehingga aspal menjadi rapuh atau getas sehingga kemampuan lekat aspal dalam mempertahankan ikatan antar agregat baik kohesi maupun adhesinya menjadi lemah. Oleh karena itu kami memilih judul “ *Analisis kinerja aspal beton menggunakan filler abu sekam pada kondisi terendam air bersifat asam*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik campuran AC-WC yang menggunakan filler abu sekam padi?
2. Bagaimana pengaruh perendaman pada air bersifat asam terhadap karakteristik AC-WC yang menggunakan filler abu sekam padi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik campuran AC-WC yang menggunakan filler abu sekam .

2. Untuk mengetahui pengaruh perendaman pada air bersifat asam terhadap karakteristik kekuatan AC-WC yang menggunakan filler abu sekam.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini, dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Dapat memberikan masukan data pada semua pihak yang terkait.
2. Sebagai bahan pertimbangan, referensi, dan literatur bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Campuran AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)

Campuran beraspal panas adalah campuran yang terdiri atas kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Dalam mencampur dan mengerjakannya, keduanya dipanaskan pada temperatur tertentu.

Aspal Beton (AC) adalah campuran untuk perkerasan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal dengan proporsi tertentu. Lapisan ini harus bersifat kedap air, memiliki nilai struktural dan awet. Lapisan Aspal Beton (*Asphalt Concrete*) dapat dibagi kedalam 3 macam campuran sesuai dengan fungsinya, yaitu :

1. Laston Lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course, AC-WC*)

Laston sebagai lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course, AC-WC*) merupakan lapis yang mengalami kontak langsung dengan beban dan lingkungan sekitar, maka diperlukan perencanaan dari beton aspal AC-WC yang sesuai dengan spesifikasi sehingga lapis ini bersifat

- kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai stabilitas yang tinggi.
2. Laston Lapis Permukaan Antara (*Asphalt Concrete-Binder Course, AC-BC*)

Laston sebagai lapis permukaan antara (*Asphalt Concrete-Binder Course, AC-BC*) adalah beton aspal sebagai lapis pondasi dan pengikat, lapis ini lebih kaya aspal (sekitar 6%) dibanding dengan lapis dibawahnya dan berfungsi secara struktural sebagai bagian dari lapis perkerasan jalan umumnya bersifat tahan beban dan mampu menyebarkan beban roda kendaraan ke lapisan dibawahnya.

3. Laston Lapis Fondasi (*Asphalt Concrete-Base, AC-Base*)

Laston sebagai lapis permukaan pondasi (*Asphalt Concrete-Base, AC-Base*) adalah beton aspal yang berfungsi sebagai pondasi atas. Aspal ini sebagai pelicin pada waktu pemadatan, sehingga pemadatan mudah tercapai. Fungsi lapis pondasi adalah untuk menahan gaya lintang akibat beban roda kendaraan.

2.2 Spesifikasi Agregat

Agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya, baik yang berupa hasil alam maupun buatan. Agregat terdiri dari agregat umum, agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

Adapun jenis-jenis agregat yang digunakan :

1. Agregat Kasar

- a) Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak di kehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.1.

- b) Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2.
- c) Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.1. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619 : 2012.
- d) Agregat kasar untuk latasir kelas A dan B boleh dari kerikil yang bersih.
- e) Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2.1 : Ketentuan Agregat Kasar

Tabel 2.1 : Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	magnesium sulfat		Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619:2012	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 2 %

(Sumber : Rivisi 3 Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010)

Tabel 2.2 : Ukuran Nominal Agregat Kasar

Tabel 2.2 : Ukuran Nominal Agregat Kasar

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (cold bin) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 – 10	10 – 14	14 – 22	22 – 30
Lataston Lapis Aus	Ya	Ya		
Lataston Lapis Pondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Aus	Ya	Ya		
Laston Lapis Antara	Ya	Ya	Ya	
Laston Lapis Pondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

(Sumber : Rvisi 3 Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010)

2. Agregat halus

- a) Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm)
- b) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c) Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir didalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- d) Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.

Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu campuran.

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan diatas :

1. Bahan baku untuk agregat halus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum

dimasukkan kedalam mesin pemecah batu.

2. Digunakan *scalping screen* dengan proses berikut ini :

- fraksi agregat halus yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) tidak boleh langsung digunakan.
 - agregat yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) harus dipisahkan dengan *vibro scalping screen* yang dipasang di antara *primary crusher* dan *secondary crusher*.
 - material tertahan *vibro scalping screen* akan dipecah oleh *secondary crusher*, hasil pengayakannya dapat digunakan sebagai agregat halus.
 - material lolos *vibro scalping screen* hanya boleh digunakan sebagai komponen material Lapis Pondasi Agregat.
- e) Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 : Ketentuan Agregat Halus

Tabel 2.3 : Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan Butir-butir mudah pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10%

(Sumber : Rvisi 3 Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010)

3. Bahan Pengisi (*filler*) untuk campuran beraspal

- a) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust, Calcium Carbonate, CaCO₃*), atau debu kapur padam yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006), semen atau mineral yang berasal dari Asbuton yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Jika digunakan Aspal Modifikasi dari jenis

Asbuton yang diproses maka bahan pengisi yang ditambahkan (filler added) sudah memperhitungkan kadar *filler* yang terkandung dalam Asbuton tersebut.

- b) Bahan pengisi yang ditambahkan (filler added) terdiri atas abu sekam padi, Nugraha (1989), menyatakan abu sekam padi merupakan limbah hasil pembakaran dari sekam padi yang biasanya digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran batu bata mentah, dalam proses pembuatan bata. Sekam padi atau kulit gabah merupakan limbah dari pabrik penggilingan padi di mana sekam merupakan bagian terbesar kedua setelah beras. Dari proses penggilingan gabah akan dihasilkan 16.3 %-28 % sekam. Abu sekam padi merupakan limbah hasil pembakaran sekam padi. Penggunaan abu sekam padi ini bertujuan sebagai bahan alternative pengganti abu batu (filler) dalam campuran aspal, yang mempunyai kadar air sebanyak 9.02%. Hal ini dikarenakan abu sekam padi juga memiliki beberapa unsur kimia yang dikandung oleh abu batu. Adapun komposisi kimia abu sekam padi seperti yang diperlihatkan pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Komposisi Abu Sekam Padi

NO	SENYAWA	PRESENTASE %
1	SiO ₂	92.99
2	AL ₂ O ₃	0.18
3	Fe ₂ O ₃	0.43
4	CaO	1.03
5	K ₂ O	0.72
6	Na ₂ O	0.02
7	MgO	0.35

- c) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya kecuali untuk mineral Asbuton. Mineral Asbuton harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.100 (150 micron) tidak kurang dari 95% terhadap beratnya.
- d) Bilamana kapur tidak terhidrasi atau terhidrasi sebagian, tidak digunakan sebagai bahan pengisi. Kapur yang seluruhnya terhidrasi yang dihasilkan dari pabrik yang disetujui dan semen yang memenuhi persyaratan, dapat digunakan maksimum 2% terhadap berat total agregat.
- e) Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) min. 1% dari berat total agregat.

4. Aspal

- a) Bahan aspal berikut yang sesuai dengan Tabel 2.5 dapat digunakan. Bahan pengikat ini dicampur dengan agregat sehingga menghasilkan campuran beraspal sebagaimana mestinya sesuai dengan yang disyaratkan, sebagai-mana yang disebutkan dalam Gambar atau diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan. Pengambilan contoh bahan aspal harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 06-6399-2000 dan pengujian semua sifat-sifat (*properties*) yang disyaratkan dalam Tabel 5 harus dilakukan. Bilamana jenis aspal

modifikasi tidak disebutkan dalam Gambar maka Penyedia Jasa dapat memilih Aspal Tipe II dalam Tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 : Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras

Tabel 2.5 : Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi	
				A	B
				Asbuton Yang Diproses	Elastomer Sintetis
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min.50	Min.40
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160 - 240	240 - 360	320 - 480
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	385 - 2000	≤ 3000
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48	≥ 53	≥ 54
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100	≥ 100	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥ 232	≥ 232	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	≥ 90	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441-2011	≥ 1,0	≥ 1,0	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-	≤ 2,2	≤ 2,2
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)			Min. 95	-
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :					
11	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 0,8
12	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800	≤ 1200	≤ 1600
13	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100	≥ 50	≥ 25
15	Kelastisan setelah Pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-	-	> 60

(Sumber : Rivisi 3 Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010)

- b) Contoh bahan aspal harus diekstraksi dari benda uji sesuai dengan cara SNI 03-3640-1994 (metoda soklet) atau SNI 03-6894-2002 (metoda sentrifus) atau AASHTO T 164-06 (metoda tungku pengapian). Jika metoda sentrifitus digunakan, setelah konsentrasi larutan aspal yang terekstraksi mencapai 200 mm, partikel mineral yang terkandung harus dipindahkan ke dalam suatu alat sentrifugal. Pemindahan ini dianggap memenuhi bilamana kadar abu dalam bahan aspal yang diperoleh kembali tidak melebihi 1 % (dengan pengapian). Jika bahan aspal diperlukan untuk pengujian lebih lanjut maka bahan aspal itu harus diperoleh kembali dari larutan sesuai dengan prosedur SNI 03- 6894-2002.
- c) Aspal Tipe I dan Tipe II harus diuji pada setiap kedatangan dan sebelum dituangkan ke tangki penyimpanan AMP untuk penetrasi

pada 25 oC (SNI 06-2456-1991) Tipe II juga harus diuji untuk stabilitas penyimpanan sesuai dengan ASTM D5976 part 6.1 dan dapat ditempatkan dalam tangki sementara sampai hasil pengujian tersebut diketahui. Tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal tersebut telah diuji dan disetujui.

2.3 Karakteristik Campuran Aspal Beton

Menurut Silvia Sukiraman (2003) Bahwa campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran beton aspal harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk, gelombang alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas seringkali dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar di bandingkan dengan jalan dengan volume lalu lintas yang hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja.

2. Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas dapat diperoleh dengan cara meninggikan kadar aspal dalam campuran, menggunakan aspal

berpenetrasi tinggi dan menggunakan agregat bergradasi terbuka.

3. Durabilitas (Keawetan / Daya Tahan)

Durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, beton aspal akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik. Tetapi semakin tebal selimut aspal, maka semakin mudah terjadi *bleeding* yang mengakibatkan jalan semakin licin.

4. Ketahanan geser (Kekesatan)

Ketahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip.

Ketahanan geser tinggi jika:

- Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bledding*
- Penggunaan agregat permukaan kasar
- Penggunaan agregat berbentuk kubus
- Penggunaan agregat kasar yang cukup

5. Kedap air (Impermeabilitas)

Kedap air yaitu kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara mengakibatkan percepatan proses penebaran aspal dan pengelupasan film/ selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa

setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedekatan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

6. Kemudahan pelaksanaan (Workability)

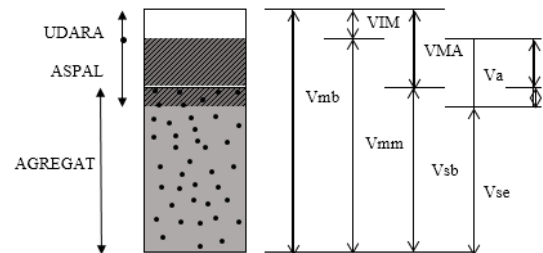
Kemudahan pelaksanaan (*Workability*) adalah kemampuan beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan sifat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat. Koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

7. Ketahanan terhadap kelelahan

Kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban tanpa terjadi kelelahan berupa alur dan retak.

2.4 Sifat Volumetrik dari Campuran AC-WC

Volumetrik campuran beraspal yang dimaksud adalah volume benda uji campuran yang telah dipadatkan. Seperti



Gambar 2.1 Komponen Campuran Beraspal Secara Volumetrik (sumber: Sukirman, Silvia, Perkerasan Lenuk Jalan Raya, Nova Bandung, 1992)

gambar di bawah ini:

Keterangan:

V_{mb} = Volume *bulk* dari campuran beton aspal padat.

V_{sb} = Volume agregat, adalah volume *bulk* dari agregat (volume bagian masif + pori

yang ada di dalam masing-masing butir agregat).

V_{se} = Volume agregat, adalah volume aktif dari agregat (volume bagian masif + pori yang tidak terisi aspal di dalam masing – masing butir agregat).

VMA = Volume pori diantara butir agregat di dalam beton aspal padat.

V_{mm} = Volume tanpa pori dari beton aspal padat.

V_a = Volume aspal dalam beton aspal padat.

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat.

VFA = Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

V_{ab} = Volume aspal yang terabsorpsi kedalam agregat dari beton aspal Padat.

1. Rongga Dalam Campuran (VIM)

VIM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur.

VIM dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$VIM = \left(100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right)$$

Keterangan:

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

G_{mm} = Berat jenis maksimum yang belum dipadatkan

G_{mb} = Berat jenis bulk dari beton aspal padat

2. Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA)

VMA adalah volume pori di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. VMA akan

meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. VMA dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

Keterangan:

VMA = Volume pori antara agregat

G_{mb} = Berat jenis bulk dari beton aspal padat

P_s = Kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

3. Rongga Terisi Aspal (VFB)

VFB adalah volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal atau film/selimut aspal. Rumus VFB adalah sebagai berikut:

$$VFB = \frac{(VMA - VIM) \times 100}{G_{mm}}$$

Keterangan :

VFB = rongga terisi aspal, persen VMA

VMA = rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk

VIM = rongga di antara campuran, persen total campuran.

2.5 Spesifikasi campuran AC-WC

Benda uji yang diisyaratkan, maka suatu campuran aspal harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut. Di bawah ini merupakan ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas. Hal tersebut merupakan acuan dalam penelitian ini.

Tabel 2.6 : Gradasi Gabungan Agregat untuk campuran Laston (AC)

Tabel 2.6 : Gradasi Gabungan Agregat untuk campuran Laston (AC)

Ukuran Ayakan (mm)	Latasir (SS)		Latason (HRS)				Laston (AC)		
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang		Gradasi Semi Senjang		WC	BC	Base
			WC	Base	WC	Base			
37,5									100
25								100	90 - 100
19	100	100	100	100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
12,5			90 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
9,5			75 - 85	65 - 90	55 - 88	55 - 70	77 - 90	66 - 82	52 - 71
4,75							53 - 69	46 - 64	35 - 54
2,36		75 - 100	50 - 72	35 - 55	50 - 62	32 - 44	33 - 53	30 - 49	23 - 41
1,18							21 - 40	18 - 38	13 - 30
0,6			35 - 60	15 - 35	20 - 45	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
0,3					15 - 35	5 - 35	9 - 22	7 - 20	6 - 15
0,15							6 - 15	5 - 13	13 - 30
0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 10	2 - 9	6 - 10	4 - 8	4 - 9	4 - 8	3 - 7

(Sumber : Rivisi 3 Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010)

Lapis aspal beton (*Laston*) merupakan jenis tertinggi dari perkerasan bitumen bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Aspal beton biasanya dicampur dan dihamparkan pada temperatur tinggi dan membutuhkan bahan pengikat aspal semen. Agregat minimal yang digunakan yang berkualitas tinggi dan menurut proporsi didalam batasan yang ketat.

Tabel 2.7 : Ketentuan sifat-sifat Campuran Laston

Tabel 2.7 : Ketentuan sifat-sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75	112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0	
	Maks	1,4	
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0	
	Maks	5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	1800
	Maks	2	3
Pelelehan (mm)	Min	4	6
	Maks	90	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min	90	
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membak (refusal)	Min	2	

(Sumber : Rivisi 3 Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010)

Persyaratan Campuran Beton Aspal Campuran untuk lapis beton aspal pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan aspal. Masing-masing fraksi agregat terlebih dahulu harus diperiksa gradasinya dan selanjutnya digabungkan menurut perbandingan yang menghasilkan agregat campuran yang memenuhi spesifikasi gradasi. Spesifikasi umum dari campuran beton aspal dapat dilihat pada Tabel 2.7.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat/lokasi Penelitian

- Tempat pengambilan material untuk agregat kasar, agregat halus, abu batu dan aspal didapatkan dari Kabupaten bone sulawesi selatan,
- Tempat/lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Jalan Aspal Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10 Tamalanrea, Makassar.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni (± 6 Bulan) tahun 2018.

3.2 Alat dan Bahan

1. Kebutuhan alat

Alat yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Oven dengan pengatur suhu sampai $(110 \pm 5) ^\circ C$
- Oven dengan pengatur suhu $168 ^\circ C$
- Timbangan kapasitas 10 kg
- Timbangan air
- Talam dan cawan
- Tabung gelas ukur dengan kapasitas 500 dan 1000 ml
- Piknometer 50 ml
- Saringan $1\frac{1}{2}$ " , 1" , $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " , no.4, 8, 16, 30, 50, 100 , dan 200.
- Alat uji penetrasi
- Alat uji daktalitas
- Alat uji titik leleh
- Alat tekan *marshall*
- Alat uji sand equivalent
- Mesin los angeles

2. Kebutuhan bahan

- Aspal pen 60/70
- Agregat kasar (batu pecah 1-2 , 2-3, dan 0,5-1)
- Agregat halus (Abu Batu)
- Filler* (Semen Portland)

- e. *Filler* (Abu Sekam Padi)
- f. Kertas saring
- g. Aquades
- h. CCL4
- i. Air bersifat asam (Air Hujan)

3.3 Prosedur Perencanaan Penelitian

1. Menyiapkan material agregat kasar, agregat halus, aspal pen 60/70.
2. Menguji sifat agregat kasar, halus, dan aspal.
3. Menggabungkan agregat untuk rancangan campuran AC-WC.
4. Menentukan kadar aspal rencana untuk masing-masing campuran.
5. Selanjutnya dibuat benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum.
6. Menguji karakteristik campuran dengan alat Marshall kemudian menyimpulkan hasil penelitian.

3.4 Rancangan Campuran dengan Metode Marshall

Rancangan campuran metode *Marshall* ditemukan oleh *Bruce Marshall*, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, AASHTO T-245-90 atau ASTM D6927-06. Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

Prosedur perencanaan yakni sebagai berikut:

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.
2. Merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir. Rancangan dilakukan berdasarkan gradasi masing-masing fraksi agregat yang akan dicampur. Berdasarkan berat masing-masing agregat dan proporsi rancangan ditentukan berat jenis agregat campuran.
3. Menghitung perkiraan awal kadar aspal rencana (Pb) sebagai berikut:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \textit{filler}) + K$$

4. Menyiapkan benda uji *Marshall* untuk pengujian *Marshall* (2x75 tumbukan).
5. Melakukan pengujian *Marshall*, sesuai dengan SNI 06-2489-1991, untuk menentukan kepadatan, stabilitas, kelelahan, hasil-bagi *Marshall*, *VIM*, *VMA* dan *VFA*.
6. Menggambarkan grafik hubungan antara Kadar Aspal dengan parameter *Marshall* sebagai berikut:
 - a. Berat isi/Kepadatan
 - b. *VIM* (*Void In The Mix*)
 - c. *VMA* (*Void In The Mineral Aggregate*)
 - d. *VFB* (*Void Filled With Bitumen*)
 - e. Stabilitas
 - f. Kelelahan
 - g. *Marshall Quotient*

3.5 Uji Marshall Campuran AC-WC

1. Pengujian berat jenis benda uji

Sebelum pengujian Marshall terlebih dahulu di uji berat dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel;
- b. Memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji;
- c. Mengukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm;
- d. Menimbang benda uji;
- e. Merendam benda uji ke dalam air yang bersifat asam kira-kira 10-15 menit pada suhu ruangan;
- f. Menimbang dalam air untuk mendapatkan isi;
- g. Menimbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh;

2. Pengujian Marshall benda uji

Langkah-langkah pengujian benda uji, sebagai berikut:

- a. Merendam benda uji dalam bak perendam (*water bath*) selama 30– 40 menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^\circ\text{C}$);
- b. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan;

- c. Memasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji;
- d. Memasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan;
- e. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji;
- f. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
- g. Memberikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai;
- h. Mencatat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.

3.6 Perhitungan Pengujian Mix Design AC-WC

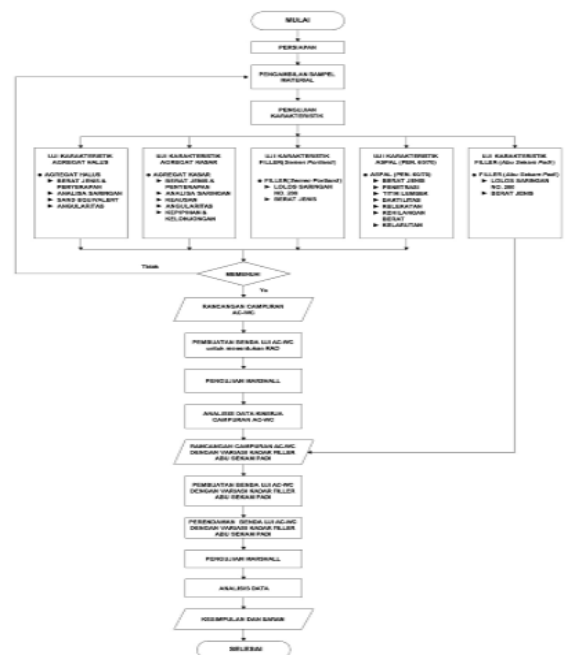
Setelah uji Marshall dilakukan, maka dilanjutkan perhitungan dengan menggunakan tabel dan grafik untuk menentukan sebagai berikut:

1. Kuofisien Marshall
2. Berat isi benda uji
3. VIM (*Void In The Mix*)
4. VMA (*Voids In The Mineral Aggregate*)
5. VFB (*Void Filled With Bitumen*)
6. Stabilitas
7. Flow

3.7 Rancangan Campuran AC-WC Dengan Variasi Kadar Filler (Abu Sekam Padi)

Rancangan campuran AC-WC dengan variasi kadar *filler* dilakukan setelah menarik kesimpulan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari perhitungan pengujian mix design AC-WC, adapun variasi kadar filler (abu sekam padi) yang akan diujikan yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Jumlah benda uji yang akan dibuat adalah 3 buah untuk setiap variasi kadar *filler* (Abu Sekam Padi).

3.8 Flow Chart Penelitian



Gambar 3.1 Flowcart metode penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Karakteristik Material

4.1.1 Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar untuk rancangan campuran laston lapis aus adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar (batu pecah 1-2)

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar (batu pecah 1-2)

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	(Tabel,lampiran Analisa Saringan BP. 1-2)	-	
Abrasi dengan mesin los angeles	SNI 2417:2008	16,34	Maks. 40	%
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791	9,71 ; 9,17	Maks. 10	
Angularitas	SNI 7619:2012	96,74/91,27	95/90	
Berat Jenis dan Penyerapan :				
1. Bulk	SNI 1969:2008	2,53	Perbandingan agregat kasar dan halus maks. 0,2	-
2. SSD		2,56		
3. Apparent		2,62		
4. Penyerapan		1,37		

Sumber: Analisis Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah 1-2) diatas memenuhi syarat spesifikasi dan dapat digunakan.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar (batu pecah 0,5-1)

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar (batu pecah 0,5-1)

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	(Tabel,lampiran Analisa Saringan BP. 0,5-1)	-	
Abrasi dengan mesin los angeles	SNI 2417:2008	16,34	Maks. 40	%
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791	9,71 ; 9,17	Maks. 10	
Berat Jenis dan Penyerapan :				
1. Bulk	SNI 1969:2008	2,42	Perbandingan agregat kasar dan halus maks. 0,2	-
2. SSD		2,46		
3. Apparent		2,52		
4. Penyerapan		1,68		

Sumber: Analisis Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah 0,5-1) diatas memenuhi syarat spesifikasi dan dapat digunakan.

4.1.2 Agregat Halus (Abu Batu)

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus (Abu Batu)

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus (Abu Batu)

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	(Tabel,lampiran Analisa Saringan Abu Batu)	-	
Angularitas	SNI 03-6877-2002	55,63	Min. 45	%
Sand Equivalen	SNI 03-4428-1997	73,03	Min. 60	%
Berat Jenis dan Penyerapan :				
1. Bulk	SNI 1969:2008	2,76	Perbandingan agregat kasar dan halus maks. 0,2	-
2. SSD		2,80		
3. Apparent		2,88		
4. Penyerapan		1,55		

Sumber: Analisis Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian karakteristik halus (abu batu) diatas memenuhi syarat spesifikasi dan dapat digunakan.

4.1.3 Bahan Pengikat (Aspal)

Hasil pengujian karakteristik aspal penetrasi 60/70 untuk rancangan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Bahan Pengikat Aspal

Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Bahan Pengikat Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,04	≥ 1,0	
Penetrasi	SNI 06-2456-1991	64,35	60-70	mm
Titik Lembek	SNI 2434:2011	47,5	≥ 48	°C
Daktilitas	SNI 2432:2011	109	≥ 100	cm
Kelekatan	SNI 2439:2011	95,86	Min. 95	%
Kehilangan Berat	SNI 06-2441-1991	0,018	≤ 0,8	%
Kelarutan	AASHTO T44-03	100	≥ 99	%

Sumber: Analisis hasil pengujian

Dari hasil pengujian karakteristik bahan pengikat Aspal diatas dinyatakan pengujian aspal (Titik Lembek) dengan hasil 47,5, dalam Spesifikasi 48°C bahwa Aspal tidak memenuhi syarat dan dapat digunakan.

4.1.4 Semen Portland sebagai Filler

Hasil pemeriksaan karakteristik semen *portland* sebagai *filler* untuk rancangan campuran laston lapis aus adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian semen *portland* sebagai Filler

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	Lolos #200	-	
Berat Jenis	SNI 15-2531-1991	3,16	3,0 - 3,2	

Sumber: Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik semen *portland* sebagai *filler* dapat digunakan sebagai campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*.

4.1.5 Abu Sekam Padi sebagai Filler

Hasil pemeriksaan karakteristik Abu Sekam Padi sebagai *filler* untuk rancangan campuran laston lapis aus adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Abu Sekam Padi sebagai Filler

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Abu Sekam Padi sebagai Filler

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	Lolos #200	-	
Berat Jenis	SNI 15-2531-1991	2,31	-	

Sumber: Analisa Hasil Pengujian

4.2 Hasil Rancangan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

4.2.1 Penentuan Proporsi Agregat Gabungan

Proporsi agregat gabungan diperoleh dengan menggunakan metode coba-coba (*Trial and Error*) dengan prinsip kerjanya sebagai berikut :

- 1) Memahami Batasan yang diisyaratkan
- 2) Memasukkan data spesifikasi yang diisyaratkan
- 3) Memasukkan variasi persentase dari masing-masing fraksi agregat yang menghasilkan jumlah 100% yang nilainya terdapat dalam batas gradasi dan diusahakan nilai gabungannya mendekati nilai ideal.

Dengan metode coba-coba (*Trial and Error*) tersebut diperoleh proporsi agregat untuk campuran Laston Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) yaitu menentukan terlebih dahulu persentase dari masing-masing agregat kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian persentase dengan persen lolos dari agregat, selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran.

Nilai persentase agregat gabungan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) yang memenuhi spesifikasi adalah

- a) Agregat kasar (Batu pecah 1-2) = 10%
- b) Agregat kasar (Batu pecah 0,5-1) = 28%
- c) Agregat halus (Abu batu) = 60%
- d) *Filler* = 2,0%

Sesuai dengan proporsi di atas dilakukan penggabungan agregat yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.7 Nilai Presentase Agregat Gabungan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC).

Tabel 4.7 Nilai Presentase Agregat Gabungan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC).

NO.SARIN GAN	BATU 1 - 2	BATU 0,5-1	ABU BATU	SEMEN PC	GABUN GAN	SPESIFI KASI AC-WC
	10,0%	28,0%	60,0%	2,0%	100,0%	
37,5 (1,5")	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100
25 (1")	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100
19 (3/4")	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100
12,7 (1/2")	33,56	94,48	100,00	100,00	91,81	90-100
9,5 (3/8")	10,01	85,34	99,94	100,00	86,86	77-90
No.4	1,57	4,93	91,98	100,00	58,73	53-69
No.8	1,43	4,36	72,27	100,00	46,73	33-53
No.16	1,36	4,33	51,90	100,00	34,49	21-40
No.30	1,30	4,27	34,71	100,00	24,15	14-30
No.50	1,20	3,87	18,79	100,00	14,48	9-22
No.100	1,01	2,90	8,57	100,00	8,06	6 - 15
No.200	0,74	1,84	4,01	100,00	4,99	4 - 9

Sumber: Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan tabel persentase agregat gabungan diatas maka dinyatakan memenuhi syarat dan spesifikasi untuk campuran Laston Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC).

4.2.2 Pembuatan Benda Uji

Untuk mendapatkan kadar aspal rencana campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_b = 0.035 (\% CA) + 0.045 (\% FA) + 0.18 (\% FF) + \text{Konstanta}$$

Dimana :

P_b = Kadar Aspal Rencana

CA = Agregat kasar tertahan saringan No. 8

FA = Agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No.200

FF = *Fine filler* lolos saringan No. 200

Nilai konstanta untuk Laston (AC) adalah 5-1

$$P_b = (0,035 \times 53,27) + (0,045 \times 41,74) + (0,18 \times 4,99) + 1 = 5,64 \text{ di bulatkan } 6$$

Sehingga digunakan kadar aspal rencana 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0%. Kemudian dari kadar aspal tersebut dibuat masing-masing tiga buah benda uji (*bricket*) untuk kadar aspal berbeda dimana total agregat untuk satu

buah benda uji adalah 1200 gram, dengan kebutuhan agregat sebagai berikut

Tabel 4.8 Perhitungan Proporsi Agregat *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dari Persentase Berat Agregat dan Aspal

Tabel 4.8 Perhitungan Proporsi Agregat *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dari Persentase Berat Agregat dan Aspal

Kadar Aspal	Berat BP 1-2	Berat BP 0,5-1	Berat Abu Batu	Berat Filler	Berat Agregat	Berat Aspal
5.00%	120	336	720	24	1200	60
5.50%	120	336	720	24	1200	66
6.00%	120	336	720	24	1200	72
6.50%	120	336	720	24	1200	78
7.00%	120	336	720	24	1200	84

Sumber: Analisa Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian Laston *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang dibuat dalam bentuk benda uji dengan alat *marshall*, diperoleh hasil seperti pada tabel Analisa Pemeriksaan *Marshall*, tetapi sebelum masuk analisa tabel hasil pemeriksaan *marshall* terlebih dahulu harus dihitung :

Tabel 4.9 Perhitungan Berat Jenis Agregat Gabungan

Tabel 4.9 Perhitungan Berat Jenis Agregat Gabungan

Persentase Agregat	Berat Jenis Bulk	Berat Jenis Semu	Berat Jenis Efektif	
	a	B	c	d = (b+c)/2
Agregat 1-2	10%	2,529	2,620	2,574
Agregat 0,5-1	28%	2,418	2,520	2,469
Abu Batu	60%	2,762	2,885	2,823
Filler	2%	3,160	3,160	3,160

Sumber: Analisa Hasil Pengujian

Berat Jenis Bulk Agregat (s)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{100}{\frac{a_1}{b_1} + \frac{a_2}{b_2} + \frac{a_3}{b_3} + \frac{a_4}{b_4} + \frac{a_5}{b_5}} \\
 &= \frac{100}{\frac{10}{2,529} + \frac{28}{2,418} + \frac{60}{2,762} + \frac{2}{3,160}} \\
 &= 2.639
 \end{aligned}$$

Berat Jenis Efektif Agregat (T)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{100}{\frac{a_1}{d_1} + \frac{a_2}{d_2} + \frac{a_3}{d_3} + \frac{a_4}{d_4} + \frac{a_5}{d_5}} \\
 &= \frac{100}{\frac{10}{2,574} + \frac{28}{2,469} + \frac{60}{2,823} + \frac{2}{3,160}} \\
 &= 2.691
 \end{aligned}$$

4.2.3 Hasil Pengujian *Marshall* Pada *Bricket Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

Hasil pengujian *Marshall* adalah sifat campuran beraspal dan dapat diperoleh setelah seluruh persyaratan material, berat jenis, dan perkiraan kadar aspal rencana telah terpenuhi. Diperlukan juga angka koreksi dan kalibrasi pada alat uji tekan *Marshall*. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.10 Pengujian *Marshall* Pada *Bricket Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

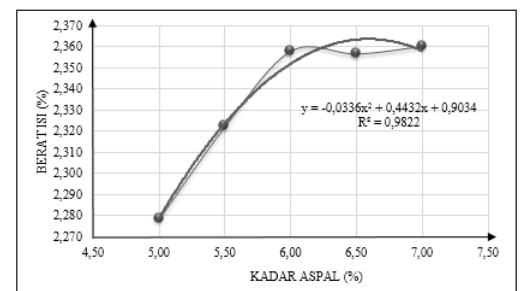
Tabel 4.10 Pengujian *Marshall* Pada *Bricket Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

Kadar Aspal	Berat Isi	VIM	VMA	VFB	Stabilitas	Flow	Koefisien Masrshall
5,0	2,278	8,823	17,775	50,392	839,24	1,44	5,81
5,5	2,322	6,438	16,588	61,218	875,24	1,55	5,65
6,0	2,358	4,366	15,703	72,248	898,03	1,75	5,13
6,5	2,357	3,795	16,146	76,539	851,18	2,24	3,79
7,0	2,360	3,027	16,411	81,572	784,20	2,43	3,22
Spesifikasi							
Min.	-	3%	15%	65%	800 kg	2 mm	250 kg/mm
Max.	-	5%				4 mm	

Sumber : Analisa Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan hasil pengujian *Marshall* hasilnya digambarkan dalam grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter-parameter yang telah dihitung.

1) Grafik Hubungan Kadar Aspal dan

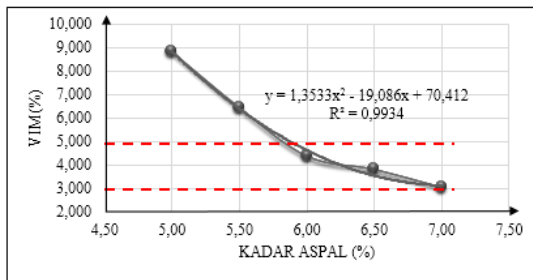


Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Berat Isi

Dari gambar grafik dapat dibaca bahwa penambahan kadar aspal akan meningkatkan nilai berat isi campuran hingga rongga dalam campuran terisi oleh aspal dengan kata lain penambahan aspal akan menambah berat campuran dalam volume yang sama. Hal ini ditunjukkan dalam grafik

pada kadar aspal 5.00% sampai dengan 7.00%

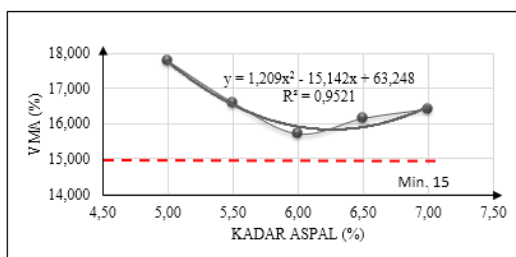
2) Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan VIM



Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan VIM

Pada gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal menyebabkan rongga dalam campuran mengecil. Hal ini disebabkan aspal mampu mengisi lebih banyak rongga-rongga yang ada sehingga campuran menjadi semakin rapat atau rongga menjadi semakin kecil. Dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 hal. 44 mengijinkan nilai VIM 3% - 5% sehingga kadar aspal dengan nilai VIM yang memenuhi yaitu 5,9% sampai dengan 7,0%.

3) Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan VMA

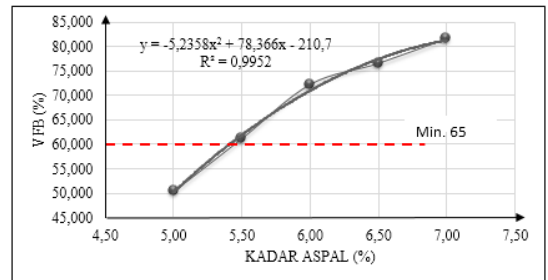


Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan VMA

Pada gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal akan menyebabkan nilai VMA semakin menurun hingga rongga dalam campuran terisi oleh aspal atau volume rongga minimum dalam agregat semakin kecil. Pada grafik menunjukkan penurunan pada kadar aspal 5.00% sampai dengan 7.00%. Dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 hal. 44, nilai VMA minimum yang

disyaratkan adalah 15%. Sehingga pada pengujian ini kadar aspal yang memenuhi yaitu 5,00% sampai dengan 7,00%.

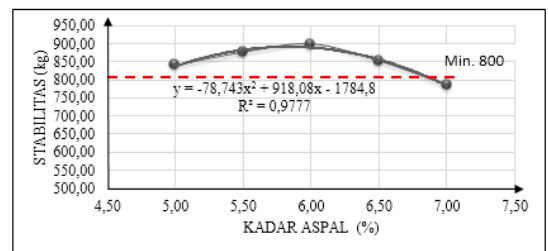
4) Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan VFB



Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan VFB

Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal menyebabkan nilai VFB semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar aspal dalam campuran menyebabkan rongga-rongga campuran semakin banyak terisi oleh aspal. Dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 hal. 44, nilai VFB yang disyaratkan dalam campuran yaitu minimum 65%. Dari grafik kadar aspal yang memenuhi syarat yaitu dari kadar aspal 5,7% sampai dengan 7,00%.

5) Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Stabilitas



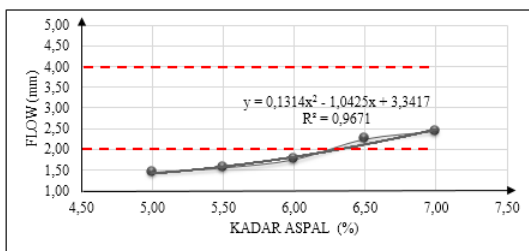
Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Stabilitas

Dari gambar grafik diatas menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal campuran dari 5.00% sampai dengan 6.00% akan menyebabkan nilai stabilitas meningkat, kemudian nilai stabilitas mengalami penurunan yang kadar aspalnya 7.00%. Penambahan aspal yang terus menerus tidak

menyebabkan nilai stabilitas semakin tinggi karena sudah tidak efektif lagi. Kadar aspal yang terlalu tinggi menyebabkan aspal tidak menyelimuti agregat dengan baik. Aspal yang berlebihan tidak mampu diserap oleh rongga dalam agregat sehingga dapat menyebabkan *bleeding*.

Dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 hal. 44 memberikan batasan stabilitas minimum sebesar 800 kg.

6) Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Flow

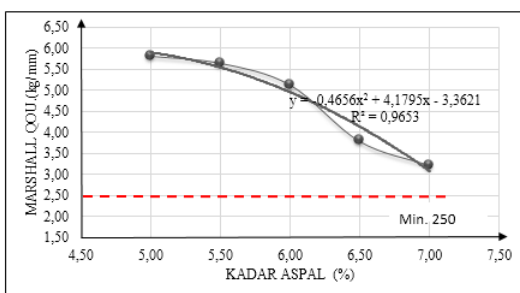


Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Flow

Kelelahan plastis (*flow*) merupakan indikator terhadap lentur. Pada gambar 4.6, diperlihatkan bahwa dengan penambahan kadar aspal 5.00% sampai dengan 7.00% mengakibatkan bertambahnya nilai *flow*. Rongga terisi aspal yang semakin membesar membuat nilai *flow* semakin meningkat, sehingga benda uji lebih mampu mengikuti perubahan bentuk sampai benda uji tersebut hancur karena pembebanan tetapi besarnya *flow* juga dibatasi untuk mencegah terjadi gelombang dan alur pada perkerasan, sehingga memberikan kenyamanan dan keamanan berlalu lintas.

Dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 hal. 44, nilai *flow* yang disyaratkan adalah minimal 2 mm dan maksimal 4 mm.

7) Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Koefisien Marshall



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Marshall Qou

Nilai *Marshall Qou* merupakan pendekatan terhadap kekuatan dan kelenturan dari suatu lapis perkerasan. Jika campuran memiliki nilai *Marshall Qou* yang tinggi maka campuran itu kaku dan stabilitasnya rendah. Pada grafik 4.7, nilai *Marshall Qou* tertinggi pada kadar aspal 5.00% dan menurun hingga 7.00%. Dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 hal. 44 memberi batasan minimum 250 kg/mm.

4.2.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan persyaratan dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 hal. 44. Di dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3, ditentukan beberapa nilai sebagai persyaratan yang tidak boleh keluar dari ketentuan tersebut.

Pada campuran normal *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*, kadar aspal optimum diperoleh berdasar pada uji *Marshall 2 x 75* tumbukan terhadap campuran dengan *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* seperti yang tertera dalam gambar persentase sesuai spesifikasi dibawah ini:

KARAKTERISTIK	PERSENTASE SESUAI SPESIFIKASI					SPESIFIKASI
VIM						3% - 5%
VMA						MIN. 15
VFB						MIN. 65
STABILITAS						MIN. 800
FLOW						2 - 4
MARSHALL QOU						MIN. 250
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	

Gambar 4.8 Grafik Persentase Sesuai Spesifikasi Campuran Aspal AC-WC normal

Pada gambar diagram diatas, nilai kadar aspal optimum (KAO) campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* terdapat pada campuran dengan kadar aspal 6,60%.

4.3 Hasil Marshall Benda Uji dengan Variasi Kadar Filler (Abu Sekam Padi)

Tabel 4.11 Analisa Kebutuhan Variasi Kadar Filler (abu sekam padi) untuk Campuran Benda Uji Laston *Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC)*

KADAR FILLER (ABU SEKAM) TERHADAP FILLER (SEMEN)	0%	0,5%	1,0%	1,5%	2%
ASPAL (gr)	79,20	79,20	79,20	79,20	79,20
JUMLAH AGREGAT (gr)	1200	1200	1200	1200	1200
10% BP 1-2 (gr)	120	120	120	120	120
28% BP 0,5 - 1 (gr)	336	336	336	336	336
60% ABU BATU (gr)	720	720	720	720	720
2% FILLER (gr)	24	24	24	24	24
BERAT FILLER (SEMEN) (gr)	24	18	12	6	0
BERAT FILLER (ABU SEKAM PADI) (gr)	0	6	12	18	24
TOTAL	1279,20	1279,20	1279,20	1279,20	1279,20

Setelah pembuatan *bricket* dengan menggunakan Abu sekam padi sebagai *filler*, selanjutnya dilakukan pengujian tekan *Marshall* setelah perendaman selama 45 menit pada suhu 60°C. Berikut adalah hasil pengujian *Marshall test* terhadap benda uji:

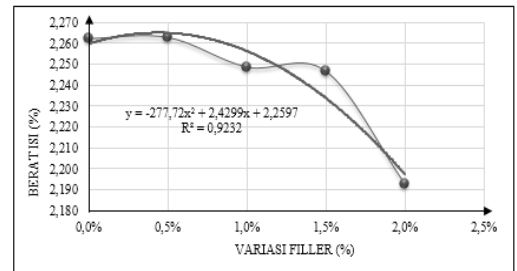
Tabel 4.12 Pengujian *Marshall* pada *bricket* campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan menggunakan Abu Sekam Padi sebagai *Filler*.

KADAR FILLER	BERAT ISI	VIM	VMA	VFB	STABILITAS	FLOW	KOEFISIEN MARSHALL
0%	2,262	7,534	19,585	61,629	1522,22	1,67	9,13
0,5%	2,263	7,515	19,568	61,600	1120,17	1,19	9,41
1%	2,248	8,095	20,073	59,729	1029,92	1,02	10,13
1,5%	2,246	8,179	20,146	59,465	947,76	1,02	9,32
2%	2,192	10,395	22,073	53,042	979,59	0,98	9,96
Spesifikasi							
Min.	-	3%	15%	65%	800 kg	2 mm	250 kg/mm
Maks.	-	5%	-	-	-	4 mm	-

Sumber : Analisa Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan hasil pengujian *Marshall* hasilnya digambarkan dalam grafik hubungan antara kadar *filler* dengan parameter-parameter yang telah dihitung.

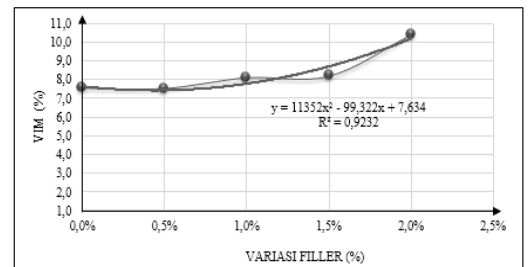
1) Grafik Hubungan antara Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan Berat Isi



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan Berat Isi

Dari gambar grafik dapat dibaca bahwa penambahan kadar filler abu sekam padi membuat nilai berat isi campuran semakin menurun. Hal ini karena filler abu sekam padi memiliki nilai berat isi yang lebih rendah daripada filler semen, dapat ditunjukkan dalam grafik pada kadar *Filler* 0% sampai 2%.

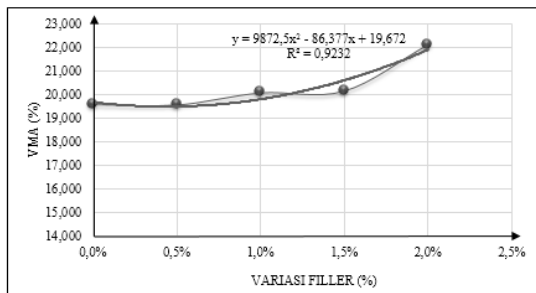
2) Grafik Hubungan antara Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan VIM



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan VIM

Rongga dalam campuran (*Void In Mix*), adalah ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen terhadap volume total campuran. Faktor-faktor yang mempengaruhi VIM adalah gradasi, kadar aspal dan *density*. Pada gambar grafik di atas, nilai VIM pada campuran meningkat seiring bertambahnya kadar *filler* (abu sekam padi) yang digunakan. Hal ini disebabkan karena rongga yang ada terisi oleh filler yang lebih banyak. Nilai VIM yang disyaratkan untuk campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan spesifikasi 3%-5%.

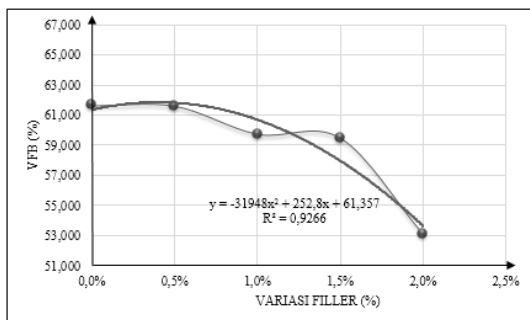
3) Grafik Hubungan antara Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan *VMA*



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan *VMA*

Nilai *VMA* (*Void in Mineral Agregat*) merupakan persentase rongga yang ada diantara butir agregat dalam campuran aspal beton yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume campuran beton aspal. Dari hasil pengujian menunjukkan nilai *VMA* terhadap variasi kadar *filler* (abu sekam padi) cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar *filler* (abu sekam padi) membuat ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran semakin sedikit. Nilai *VMA* yang disyaratkan dalam suatu campuran ialah minimal 15%.

4) Grafik Hubungan antara Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan *VFB*

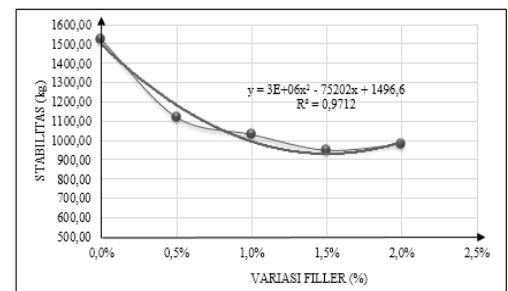


Gambar 4.12 Grafik Hubungan Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan *VFB*

VFB (*Void Filled with Bitumen*) adalah rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butir agregat (*VMA*). Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *VFB* cenderung menurun

seiring dengan pertambahan kadar *filler* (abu sekam padi). Hal ini disebabkan karena kadar *filler* (abu sekam padi) yang ada menyerap aspal dan mengisi rongga lebih banyak. Nilai *VFB* dalam spesifikasi ialah minimal 65%.

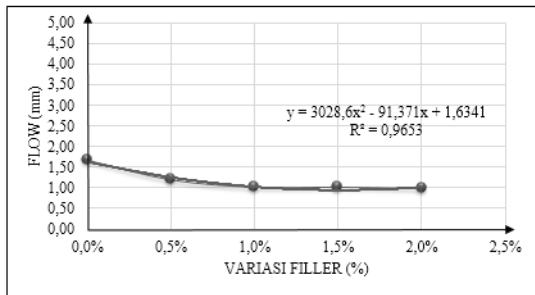
5) Grafik Hubungan antara Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan Stabilitas



Gambar 4.13 Grafik Hubungan Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, maupun mengalami *bleeding*. Kuat tidaknya suatu lapisan perkerasan dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan, gradasi agregat, gesekan antarbutir agregat, penguncian antaragregat, daya lekat serta kadar aspal dalam campuran. Nilai stabilitas diseluruh rentang kadar *filler* (abu sekam padi) telah memenuhi Stabilitas *Marshall* sesuai dengan nilai minimum yang disyaratkan yaitu 800 kg. Hal ini karena kandungan variasi kadar *filler* (abu sekam padi) mempengaruhi ketahanan briket. Penambahan *filler* (abu sekam padi) yang terus menerus menyebabkan nilai stabilitas turun karena sudah tidak efektif lagi. Kadar *filler* yang terlalu tinggi menyebabkan rongga pada briket terlalu kecil sehingga dapat menyebabkan *bleeding*.

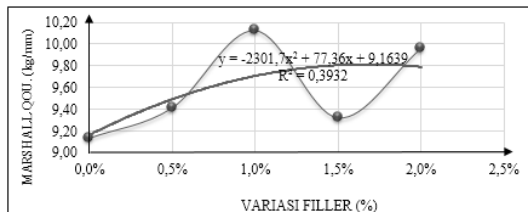
- 6) Grafik Hubungan antara Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan *Flow*



Gambar 4.14 Grafik Hubungan Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan *Flow*

Kelelahan merupakan implementasi dari sifat fleksibilitas campuran yang dihasilkan. Nilai kelelahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain viskositas dan kadar aspal. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak kadar filler (abu sekam padi) pada campuran aspal beton maka nilai kelelahan (*flow*) menurun pada 0,5% sampai 2,0%.

- 7) Grafik Hubungan antara Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan *Marshall Qou*



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Variasi *Filler* (Abu Sekam Padi) dan *Marshall Qou*

Pada gambar grafik memperlihatkan bahwa hasil pengujian 0% sampai 1% mengalami peningkatan yang signifikan, sedangkan hasil 1,5% sampai 2% mengalami penurunan. Semakin tinggi nilai MQ suatu campuran, maka semakin kuat campuran maka semakin kaku campuran tersebut, sebaliknya semakin kecil nilai MQ maka semakin lentur lapis perkerasan tersebut. Nilai *Marshall Qou* didapat dari hasil stabilitas dibagi flow.

4.4 Hasil Perendaman Air Bersifat Asam Benda Uji dengan Variasi Kadar Filler (Abu Sekam Padi)

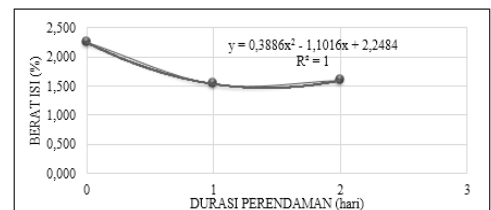
Tabel 4.13 Hasil perendaman Air bersifat asam pada *bricket* campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan menggunakan Abu Sekam Padi sebagai *Filler*

DURASI PERENDAMAN	BERAT ISI	VIM	VMA	VFB	STABILITAS	FLOW	KOEFISIEN MARSHALL (Kg/mm)
0 HARI	2,248	8,095	20,073	59,729	1029,92	1,02	10,13
1 HARI	1,535	3,908	12,087	45,142	1324,32	0,71	18,74
2 HARI	1,599	1,287	9,808	38,299	1116,25	0,72	15,5
SPESIFIKASI							
Min	-	3%	15%	65%	Min 800	2 mm	Min 250 kg/mm
Max	-	5%	-	-	-	4 mm	-

Sumber: Analisa Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan hasil pengujian *Marshall* hasilnya digambarkan dalam grafik hubungan antara kadar *filler* dengan parameter-parameter yang telah dihitung.

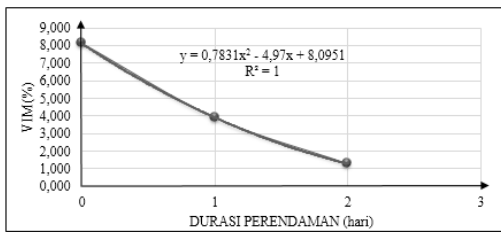
- 1) Grafik Hubungan antara Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi) dan Berat Isi



Gambar 4.16 Grafik Hubungan Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi)

Dari gambar grafik menunjukkan bahwa hasil pengujian perendaman air hujan selama 0, 1, dan 2 hari dengan nilai berat isi campuran mengalami perubahan dimana durasi perendaman yang dilakukan mempengaruhi nilai berat isi.

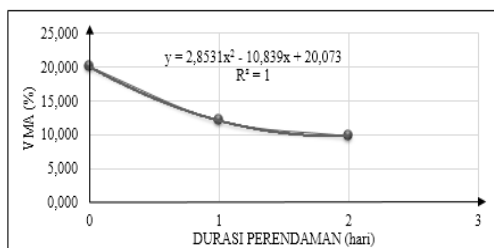
2) Grafik Hubungan antara Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi) dan *VIM*



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi)

Rongga dalam campuran (*Void In Mix*), adalah ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen terhadap volume total campuran. Faktor-faktor yang mempengaruhi *VIM* adalah gradasi dan kadar aspal. Pada gambar grafik di atas, nilai *VIM* pada campuran mengalami penurunan perubahan yang terlalu besar terhadap durasi perendaman, karena rendaman air hujan pada campuran mengakibatkan abu sekam padi melebur membuat rongga udara dalam campuran semakin kecil.

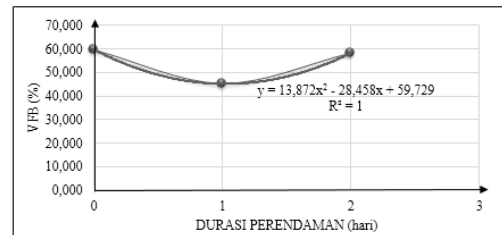
3) Grafik Hubungan antara Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi) dan *VMA*



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi)

Nilai *VMA (Void in Mineral Agregat)* merupakan persentase rongga yang ada diantara butir agregat dalam campuran aspal beton yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume campuran beton aspal. Dari hasil pengujian menunjukkan nilai *VMA* terhadap durasi perendaman mengalami perubahan penurunan yg signifikan.

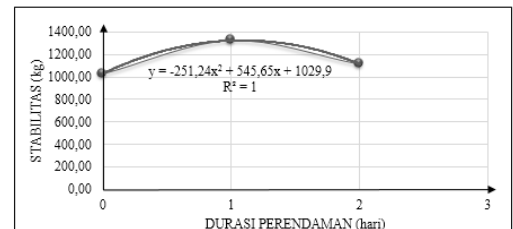
4) Grafik Hubungan antara Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi) dan *VFB*



Gambar 4.19 Grafik Hubungan Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi)

VFB (Void Filled with Bitumen) adalah rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butir agregat (*VMA*). Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *VFB* mengalami penurunan pada perendaman 1 hari dan mengalami kenaikan pada perendaman 2 hari. Hal ini disebabkan karena kadar *filler* (abu sekam padi) yang ada menyerap aspal dan mengisi rongga lebih banyak.

5) Grafik Hubungan antara Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi) dan Stabilitas

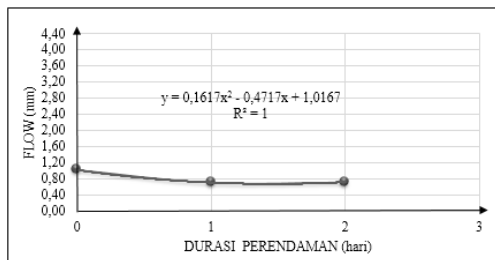


Gambar 4.20 Grafik Hubungan Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, maupun mengalami *bleeding*. Kuat tidaknya suatu lapisan perkerasan dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan, gradasi agregat, gesekan antarbutir agregat, penguncian antaragregat, daya lekat serta kadar aspal dalam campuran. Nilai stabilitas diseluruh rentang durasi perendaman telah memenuhi Stabilitas *Marshall*

sesuai dengan nilai minimum yang disyaratkan yaitu 800 kg/mm. dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas pada umur 0 sampai dengan 1 hari mengalami peningkatan namun pada saat umur 2 hari mengalami penurunan *stabilitas*.

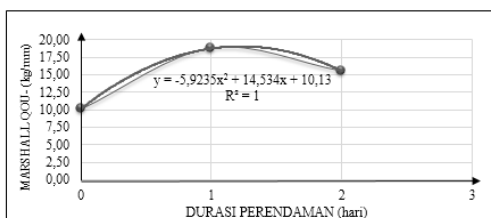
6) Grafik Hubungan antara Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi) dan *FLOW*



Gambar 4.21 Grafik Hubungan Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi)

Kelelahan merupakan implementasi dari sifat fleksibilitas campuran yang dihasilkan. Nilai kelelahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain viskositas dan kadar aspal. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama durasi perendaman pada campuran aspal beton maka nilai kelelahan (*flow*) menurun pada di 1 hari perendaman. Hal ini disebabkan karena seiring bertambahnya durasi perendaman mengakibatkan campuran aspal semakin fleksibel sehingga campuran aspal mudah berubah bentuk.

7) Grafik Hubungan antara Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi) dan *Marshall Qou*



Gambar 4.22 Grafik Hubungan Durasi Perendaman Air Bersifat Asam (Abu Sekam Padi)

Pada gambar grafik memperlihatkan bahwa pengujian ini nilai mengalami peningkatan pada

rendaman 1 hari dan mengalami penurunan pada rendaman 2 hari. Semakin tinggi nilai MQ suatu campuran, maka semakin kaku campuran, maka semakin kaku campuran tersebut, sebaliknya semakin kecil nilai MQ maka semakin lentur lapis perkerasan tersebut.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium mengenai “Analisis Kinerja Aspal Beton Menggunakan *Filler* Abu Sekam Padi Pada Kondisi Terendam Air Bersifat Asam”. maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- 1) Karakteristik pada campuran Aspal Beton *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan variasi kadar *filler* (abu sekam padi) menghasilkan nilai VIM dan VMA yang meningkat pada campuran seiring bertambahnya kadar *filler*, Berat Isi, VFB, dan Stabilitas yang mengalami Penurunan seiring dengan bertambahnya kadar *filler* (Abu Sekam Padi). Sedangkan *Flow* yang tidak mengalami perubahan yang signifikan.
- 2) Karakteristik pada campuran Aspal Beton *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) variasi kadar *filler* (abu sekam padi) dengan Durasi perendaman 1 dan 2 hari menghasilkan nilai Berat Isi, VMA, VFB, Stabilitas, Flow dan Marshall Qou yang tidak terlalu berubah, sedangkan nilai VIM mengalami penurunan.

5.2 Saran

- 1) Keterbatasan-keterbatasan dalam penelitian ini seperti lingkup batas waktu, ruang lingkup pembahasan yang hanya membahas tentang lapis perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), sehingga penelitian ini masih perlu dikaji lebih lanjut. Oleh sebab itu, agar lebih mendalam

disarankan perlunya penelitian dengan lapis perkerasan aspal yang lain.

- 2) Oleh karena dalam penelitian ini, penggunaan *filler* abu sekam padi hanya variasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. sehingga disarankan perlu dilakukan penelitian dengan variasi nilai persentase lebih tinggi. untuk mendapatkan hasil yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1990, *Standard Specification For Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Part I, "Specifications" Fifteenth Edition, Washington, D.C.
- Agus, 2011, *Variasi Agregat Pipih sebagai Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Lapisan Aspal Beton (Laston)*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.15 ,No.1, Januari 2011
- Aminsyah, 2010, *Pengaruh Kepipihan dan Kelonjongan Agregat Terhadap Perkerasan Lentur Jalan*, Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 6, No.1, Februari 2010
- ASTM D4791-99 : *Standard Test Methode for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate*
- Bambang, 2001, *Perancangan Perkerasan dan Bahan*, ITB Bandung
- Ditjen Bina Marga, *Spesifikasi Umum*, 2010 (Revisi 3) Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian Dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia. 1989. *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. SNI 03-1737-1989
- Aji, 1997, *Kajian Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Listrik*.
- Nugraha, 1989, *Penambahan Abu Sekam Padi Pada Beton*,
- Sukirman. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta:Granit
- SNI 1970:2008 : Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
- SNI 1969:2008 : Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar
- SNI 2417:2008 : Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*
- SNI 03-4428-1997 : Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastis dengan Cara Setara Pasir
- SNI 03-6877-2002 : Metode Pengujian Angularitas Agregat Halus
- SNI 2441:2011 : Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat
- SNI 06-2456-1991 : Metode pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen
- SNI 06-2432-1991 : Metode pengujian Daktalitas Bahan-Bahan Aspal
- SNI-06-2434-1991 : Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
- SNI-06-2434-1991 : Metode Pengujian Titik Lembek Aspal
- SNI-06-2434-1991 : Metode pengujian Kehilangan Berat Aspal
- SNI 2438:2015 : Metode Pengujian Kelarutan Aspal
- Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi Tahun 2010 Revisi III