

# PENGARUH PERUBAHAN RASIO ANTARA *FILLER* DENGAN BITUMEN EFEKTIF TERHADAP KRITERIA MARSHALL PADA CAMPURAN LASTON JENIS LAPIS AUS

Miristika Amaria Pasiowan

Oscar H. Kaseke, Elisabeth Lintong

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [Miristika\\_Pasiowan@yahoo.com](mailto:Miristika_Pasiowan@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Lapis Aspal Beton (Laston) – Lapis Aus (Asphalt Concrete – Wearing Course) terbuat dari agregat yang terdiri dari fraksi kasar, fraksi halus, dan fraksi bahan pengisi (filler) sebagai bahan pengisi dan aspal (bitumen) sebagai bahan pengikat. Sampai saat ini metode Marshall masih digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran beraspal panas. Dalam Spesifikasi Teknik Bina Marga Tahun 2010 Revisi III, terdapat ketentuan baru kriteria Marshall tentang batasan Rasio Filler dengan kandungan Bitumen Efektif pada campuran Laston dengan batasan yang disyaratkan yaitu antara 1,0 sampai 1,4. Pengaruh variasi Rasio Filler – Bitumen Efektif terhadap kriteria Marshall inilah yang diteliti pada campuran Laston – Lapis Aus (Asphalt Concrete – Wearing Course).*

*Penelitian ini menggunakan material dari Lolan – Kabupaten Bolaang Mongondow dan Aspal PERTAMINA Penetrasi 60 – 70, kedua bahan pembentuk campuran telah teruji sebelumnya sesuai dengan persyaratan. Berdasarkan gradasi dibuat komposisi campuran agregat dengan lima variasi kadar aspal, dilakukan pengujian Marshall kemudian diperoleh kadar aspal terbaik sebesar 6,2% dari berat total campuran. Untuk mendapatkan Rasio Filler – Bitumen Efektif yang bervariasi maka dibuat campuran dengan kadar bitumen tetap menggunakan kadar aspal terbaik, dan lima variasi gradasi agregat berupa gradasi ideal dari saringan teratas fraksi > 0,3 mm dan tiga saringan terbawah fraksi < 0,3 mm yang divariasikan.*

*Hasil pengujian dan pengamatan menunjukkan bahwa perubahan Rasio Filler – Bitumen Efektif mempengaruhi semua besaran Marshall. Pengaruh paling besar terjadi pada VIM (Void In Mix). Jika Rasio Filler – Bitumen Efektif berada di bawah 1,0 maka VIM (Void In Mix) meningkat mendekati batas atas yang disyaratkan. Dan jika Rasio Filler – Bitumen Efektif berada di atas 1,4 maka VIM (Void In Mix) mendekati batas bawah dan berpeluang keluar dari batasan yang disyaratkan. Jadi nilai Rasio Filler – Bitumen disarankan tidak sekadar memenuhi batas terendah ataupun batasan tertinggi yang disyaratkan yaitu pada range 1,0 – 1,4. Semakin kecil nilai Rasio Filler – Bitumen Efektif atau semakin mendekati 1,0 maka semakin baik.*

**Kata Kunci** : AC – WC, Rasio Filler – Bitumen Efektif, Kriteria Marshall.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete*) merupakan campuran beraspal panas yang digunakan untuk perkerasan lentur (*Flexible Pavement*). Ada tiga jenis aspal beton yang dibedakan atas penempatannya dalam susunan lapis perkerasan yaitu Lapis Aspal Beton – Lapis Aus atau AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), Lapis Aspal Beton – Lapis Antara atau AC – BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*), dan Lapis Aspal Beton – Lapis Pondasi atau AC-Base (*Asphalt Concrete – Base*). Lapis Aspal Beton (Laston) – Lapis Aus adalah jenis lapis perkerasan yang terletak paling atas dan

bertekstur paling halus serta berhubungan langsung dengan cuaca.

Campuran beton aspal terdiri dari agregat sebagai bahan pengisi dan aspal sebagai bahan pengikat. Agregat terdiri dari fraksi agregat kasar (*course aggregate*), fraksi agregat halus (*fine aggregate*), dan fraksi bahan pengisi (*filler fraction*). *Filler* berfungsi untuk mengisi rongga kosong antara agregat kasar dan agregat halus. Jika ukuran butiran agregat semakin halus maka luas permukaan semakin besar sehingga kadar aspal yang dibutuhkan semakin banyak. Maka kandungan aspal harus secukupnya sebagai bahan pengikat, begitupun *filler* harus secukupnya sebagai bahan pengisi. Kedua jenis material ini baik *filler* maupun aspal / bitumen

harus sebanding sedemikian rupa agar menghasilkan *performance* yang baik.

Sampai saat ini metode *Marshall* masih digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran beraspal panas. Kriteria *Marshall* meliputi : Stabilitas, *Flow*, *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled Bitumen* (VFB), dan Rasio *Filler* – Bitumen Efektif. Dalam Spesifikasi Teknik Bina Marga Tahun 2010 Revisi III, terdapat ketentuan baru tentang batasan Rasio *Filler* dengan kandungan Bitumen Efektif pada campuran Laston dengan batasan yang disyaratkan yaitu antara 1,0 sampai 1,4.

Rasio antara *filler* dengan kandungan bitumen efektif bervariasi tergantung dari gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Jika gradasi agregat fluktuatif sementara kadar aspal tetap atau sebaliknya jika kadar aspal fluktuatif sementara gradasi agregat tetap, maka nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif dan nilai kriteria *Marshall* lainnya dapat terpengaruh. Sehingga campuran dengan nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif yang berada dalam batasan yang disyaratkan dan yang berada di luar batasan yang disyaratkan turut mempengaruhi kriteria *Marshall*. Pengaruh variasi Rasio *Filler* – Bitumen Efektif terhadap kriteria *Marshall* inilah yang akan diteliti pada campuran Lapis Aspal Beton – Lapis Aus (*Asphalt Concrete – Wearing Course*).

#### Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Penelitian ini dilakukan melalui pengujian di laboratorium dengan menggunakan *Marshall Test* dan tidak dilanjutkan pengujian di lapangan.
2. Penelitian dilakukan terhadap campuran aspal Laston – Lapis Aus (AC-WC). Material yang akan digunakan sudah teruji sebelumnya.
3. Bahan pengisi tambahan yang akan digunakan adalah semen.
4. Aspal yang akan digunakan adalah aspal PERTAMINA dengan penetrasi 60-70.
5. Tidak dilakukan kajian secara kimia dan secara ekonomis.

#### Tujuan Penelitian

1. Komposisi yang akan dibuat adalah benda uji dengan variasi kadar *filler* dan bitumen.

2. Dilakukan pengujian *Marshall* terhadap benda uji yang dibuat dan memperoleh kadar aspal terbaik untuk campuran.
3. Mencari besaran – besaran *Marshall* sesuai dengan fluktuasi Rasio *Filler*–Bitumen Efektif dan menganalisis pengaruh yang terjadi terhadap kriteria *Marshall*.

#### Manfaat Penelitian

1. Mengetahui pengaruh perubahan Rasio *Filler* – Bitumen Efektif terhadap kriteria *Marshall*.
2. Dapat digunakan sebagai bahan ajar seputar materi terkait.
3. Dapat dijadikan bahan referensi untuk pengembangan penelitian di bidang yang sama.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Campuran Aspal Panas

Campuran aspal panas adalah suatu kombinasi pencampuran antar agregat (agregat kasar, halus, dan *filler*) ditambahkan aspal sebagai bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur serta dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu tertentu sehingga membentuk suatu campuran yang bisa digunakan sebagai bahan lapis perkerasan pada jalan.

### Agregat

Secara umum agregat didefinisikan sebagai suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai campuran berupa berbagai jenis butiran atau pecahan seperti pasir, kerikil, agregat pecah, dan abu (Sukirman, 1992). Berdasarkan besar partikel, agregat dapat dibedakan atas :

#### a. Agregat kasar

Spesifikasi Teknik mensyaratkan fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang harus bersih, keras, awet serta bebas dari lempung atau bahan lainnya yang tidak dikehendaki dan memenuhi ketentuan seperti pada tabel 1.

#### b. Agregat halus

- Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm).
- Fraksi agregat halus pecah dari mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.

**Tabel 1. Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian		Standar	Nilai
Kekakuan 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%
Kekelatan Agregat terhadap Aspal		SNI 2439 : 2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619 : 2012	95,9)*
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1,5	Maks. 10%
Material Lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Tahun 2010 Revisi III)

- Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.
- Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.

**Tabel 2. Ketentuan Agregat halus**

No	Pengujian	Standar	Nilai
1	Nilai Setara Pasir / <i>Sand Equivalent</i>	SNI 03 - 4428 - 1997	Min. 60%
2	Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03 - 6877 - 2002	Min. 45%
3	Gumpalan Lempung dan Butir - butir Mudah Pecah	SNI 03 - 4141 - 1996	Maks. 1%
4	Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 10%

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Tahun 2010 Revisi III)

Bahan pengisi (*filler*) adalah fraksi butir pengisi non plastis dan mempunyai ukuran butiran sangat halus minimum 85% lewat saringan No.200 yang diperlukan untuk mendapatkan suatu gradasi yang rapat (*dense*).

Bahan pengisi (*filler*) ini dapat berupa abu batu, *Cement Portland* (PC), dan abu batu. Syarat yang harus dipenuhi sebagai *filler* adalah :

- Bahan pengisi tidak mengandung zat organik yang tidak dikehendaki.
- Harus bebas dan gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan basah harus lolos saringan No.200 tidak kurang dari 75% dan beratnya lebih baik lolos saringan No. 200 tidak kurang dari 85%.
- Bersifat netral atau basah.
- Susunan butiran atau gradasi harus serapat mungkin.
- Partikel butiran halus yang sudah tidak dapat dipecahkan lagi.

Jumlah *filler* dalam campuran sangat berpengaruh pada sifat campuran. Jika *filler* kurang, maka rongga udara menjadi besar. Hal ini menyebabkan campuran kurang kedap air dan udara, sehingga aspal akan mudah teroksidasi dan campuran kurang awet. Sebaliknya, jika *filler* terlalu banyak maka luas permukaan bertambah sehingga membutuhkan aspal lebih banyak. Penggunaan aspal yang banyak akan menghasilkan film aspal yang tebal, rongga udara kecil dan permeabilitas rendah. Oleh sebab itu jumlah/banyaknya fraksi filler dalam campuran harus sedemikian rupa sehingga memberikan pengaruh yang optimal terhadap sifat campuran.

Portland Cement (PC)

Portland Cement (PC) dibuat dari batu kapur (limestone) dan mineral lainnya, dicampur, dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran dan sesudah itu didapat bahan material yang berupa bubuk. Bubuk tersebut akan mengeras dan terjadi ikatan yang kuat karena suatu reaksi kimia ketika dicampur dengan air (Putrowijoyo, 2006).

**Aspal**

Aspal adalah suatu unsur dari minyak bumi paling kasar yang bukan hasil proses utama dalam distilasi minyak bumi tetapi merupakan residu dari minyak mentah. Residu minyak bumi ini memiliki komponen yang bervariasi mulai dari 1% hingga 58% berat. (Colbert , 1984).

Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Daya tahannya (*durability*) berupa kemampuan aspal mempertahankan sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat. Sedangkan sifat adhesi dan kohesi yaitu kemampuan aspal mempertahankan ikatan yang baik.

**Tabel 3. Ketentuan Aspal Penetrasi 60-70**

Jenis pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Penetrasi 60-70
Penetrasi pada 25°C (0.1 m)	SNI 06-2456-1991	60-70
Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
Viskositas Kinematik 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 90
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1.0
<b>Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2440-1991) atau RTFOT (SNI 03-6835-2002)</b>		
Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.8
Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800
Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Tahun 2010 Revisi III)

Berdasarkan tingkat kekerasan, umumnya di Indonesia menggunakan aspal penetrasi 60-70 yang juga digunakan dalam penelitian ini.

**Lapis Aspal Beton – Lapis Aus / AC-WC**

Jenis lapis aspal beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lapis Aspal Beton – Lapis Aus atau biasa dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Lapisan ini tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air.

Pembuatan Laston dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, lapis aspal beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987).

Berdasarkan Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tahun 2010 Revisi III, setiap jenis lapisan memiliki ketebalan tersendiri dan persyaratan komposisi agregat gabungan yang ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 4. Tebal Nominal Minimum**

Jenis Campuran	Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)	
Lapis Aspal Beton	Lapis Aus	AC – WC	4,0
	Lapis Antara	AC – BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC – Base	7,5

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Tahun 2010 Revisi III)

**Tabel 5. Persyaratan Komposisi Agregat Gabungan Campuran AC – WC**

Ukuran Saringan		Berat % Lolos terhadap Total Agregat	
ASTM	Metrik	Spesifikasi Gradasi	
(Inchi)	(mm)	Batas Bawah	Batas Atas
1"	25.4	100	100
3/4"	19.05	100	100
1/2"	12.7	90	100
3/8"	9.53	77	90
#4	4.76	53	69
#8	2.38	33	53
#16	1.19	21	40
#30	0.6	14	30
#50	0.3	9	22
#100	0.15	6	15
#200	0.07	4	9

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Tahun 2010 Revisi III)

**Kriteria Marshall**

Kriteria pengujian *Marshall* adalah kriteria yang paling umum digunakan dalam mendesain maupun mengevaluasi sifat-sifat campuran.

Kriteria *Marshall* meliputi : Stabilitas, *Flow*, *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Agregat* (VMA), *Void Filled Bitumen* (VFB), dan Rasio *Filler – Bitumen* Efektif.

• **Stabilitas**

Didalam campuran beton aspal yang paling utama adalah cukupnya stabilitas yang dapat menahan deformasi dan kelelahan plastis yang diakibatkan oleh beban statis dan dinamis oleh lalu lintas sehingga tidak menimbulkan bekas roda, keriting dan penurunan atau kenaikan pada permukaan perkerasan jalan. Spesifikasi stabilitas untuk perkerasan bergantung pada jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang lebih baik dari aspal. Nilai stabilitas dinyatakan dalam kg atau kN.

• **Kelelahan Plastis (*Flow*)**

Kelelahan plastis (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. Nilai kelelahan yang tinggi memberikan ciri campuran yang plastis disebabkan kelelahan aspal. Sedangkan jika nilai kelelahan amat rendah akan memberikan ciri campuran yang kaku disebabkan kadar aspal yang rendah.

• ***Void In Mix* (VIM) / Rongga Udara dalam Campuran**

*Void in Mix* (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous.

Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya.

• ***Void In Mineral Agregate* (VMA) / Rongga antar Mineral Agregat**

*Void in Mineral Agregate* (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi. Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan,

yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kedekatan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas.

• **Void Filled Bitumen (VFB) / Volume Pori Butir Agregat Terisi Aspal**

VFB adalah bagian dari VMA yang tersisi oleh aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian aspal yang mengisi VFB adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat didalam beton aspal padat. Dengan kata lain VFB inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi selimuti aspal.

• **Rasio Filler – Bitumen Efektif**

Rasio *Filler* – Bitumen Efektif adalah perbandingan antara kadar *filler* dengan kadar aspal efektif. Kadar *filler* merupakan prosentase *filler* terhadap berat total agregat, sedangkan kadar aspal efektif adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang diserap oleh agregat. Jumlah aspal yang diserap oleh agregat biasanya dinyatakan dalam persentase berat terhadap berat total agregat, tidak dalam persentase terhadap berat total campuran. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja campuran aspal.

Sebelumnya Rasio *Filler* – Bitumen Efektif tidak disyaratkan dalam spesifikasi umum untuk sifat – sifat campuran Laston (AC), namun kemudian Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2010 Revisi III membatasi nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif untuk campuran Laston (AC) pada *range* 1,0 – 1,4.

**Tabel 6. Ketentuan Sifat – sifat Campuran AC**

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Atas		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
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		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65		65		65	
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800				1800	
	Min	2				3	
Pelelehan (mm)	Maks.	4				6	
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min	90					
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2					

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Tahun 2010 Revisi III)

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi perbandingan antara bahan pengisi (*filler*) - Bitumen Efektif pada campuran AC-WC, dengan menggunakan metode *Marshall Test* untuk menguji karakteristik dari campuran.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *research* di laboratorium dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan material bahan campuran beraspal panas yakni agregat dan aspal beserta alat dan keperluan yang dibutuhkan.
- 2) Melakukan pemeriksaan awal untuk menguji mutu masing-masing agregat dan aspal.
- 3) Jika persyaratan sebagai bahan pembentuk campuran dipenuhi berdasarkan persyaratan yang menjadi acuan yaitu Spesifikasi Teknik Bina Marga oleh Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010 Revisi III, maka dilanjutkan dengan pemeriksaan lanjutan. Sebaliknya jika tidak memenuhi persyaratan maka bahan pembentuk campuran tersebut harus diganti.
- 4) Membuat komposisi campuran yang memenuhi persyaratan untuk pembuatan benda uji dan menghitung kadar aspal rencana menggunakan formula sesuai spesifikasi. Dengan pengujian dan pemeriksaan *Marshall* maka dapat diperoleh gradasi dan kadar aspal terbaik yang memenuhi persyaratan untuk campuran AC – WC.
- 5) Perancangan campuran dengan variasi Rasio *Filler* – Bitumen Efektif dibuat dengan kadar bitumen tetap menggunakan kadar aspal terbaik, dan lima variasi gradasi agregat berupa gradasi ideal dari saringan teratas sementara tiga saringan terbawah divariasikan.
- 6) Dilakukan pengujian *Marshall* terhadap benda – benda uji dengan variasi Rasio *Filler* – Bitumen Efektif. Berdasarkan besaran-besaran *Marshall* yang diperoleh, maka dilakukan analisis, pengamatan, dan penarikan kesimpulan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini bahan pembentuk campuran (agregat dan aspal) diperiksa dalam dua tahap, yaitu pemeriksaan awal dan pemeriksaan lanjutan. Kedua bahan pembentuk campuran telah memenuhi persyaratan dalam kedua tahap pemeriksaan tersebut.

Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* untuk mencari kadar aspal terbaik pada campuran AC-WC ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-WC**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Ratio Filler Bitumen Content	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Density
4.00	1255	2.675	2.474	11.98	17.67	32.36	2.20
5.00	1601	2.850	1.775	7.61	15.73	51.66	2.28
6.00	1847	2.961	1.377	4.01	14.62	72.90	2.33
7.00	1842	3.563	1.121	2.38	15.31	84.54	2.34
8.00	1577	4.340	0.942	1.43	16.59	91.37	2.33

Kadar aspal terbaik yang diperoleh untuk campuran AC – WC dan material berasal dari Lolan adalah 6,2 %.

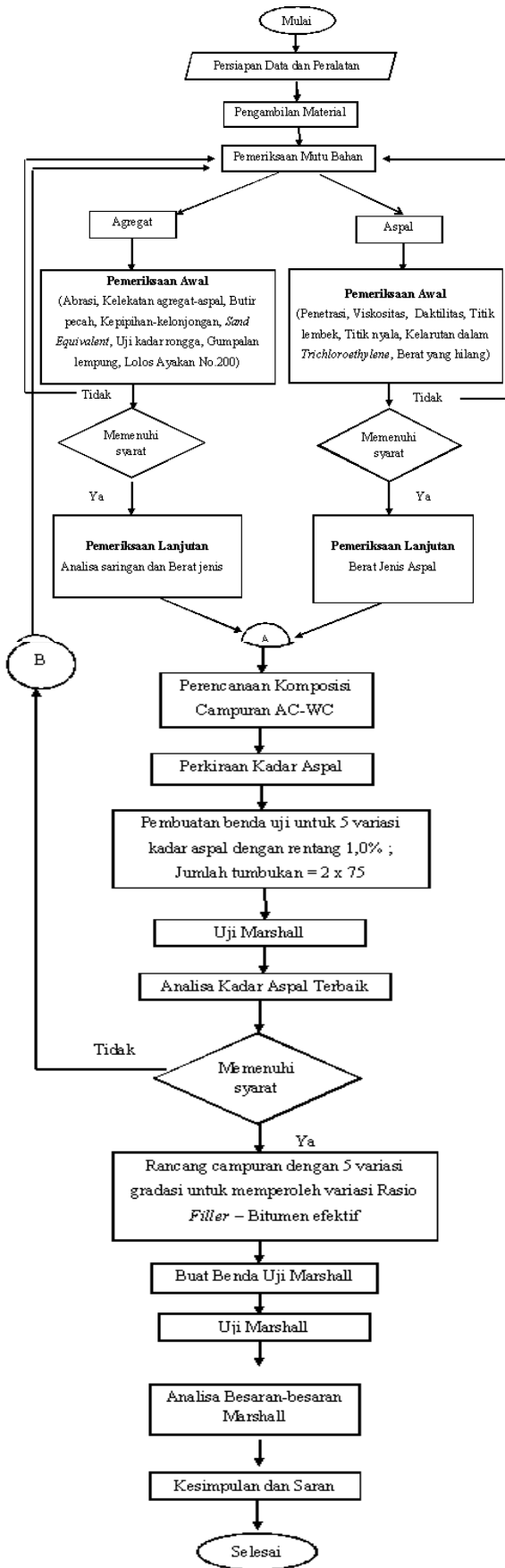
**Hasil Pengujian *Marshall* dengan Variasi Rasio *Filler* – Bitumen Efektif**

Dengan pembuatan benda uji dan dilakukan pengujian *Marshall* maka diperoleh hasil pengujian *Marshall* dengan variasi kadar *filler* untuk mengetahui hubungan perubahan Rasio *Filler* – Bitumen Efektif terhadap Kriteria *Marshall*. Perhitungan hasil pengujian *Marshall* tersebut dapat dilihat melalui data terlampir. Berikut rekapitulasi hasil pengujian tersebut disajikan dalam bentuk tabel:

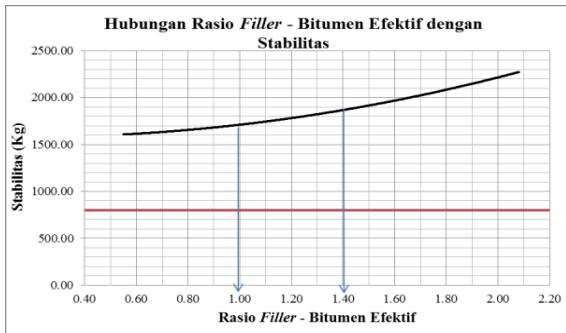
**Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* dengan Variasi Kadar *Filler***

Kadar <i>Filler</i> (%)	Ratio <i>Filler</i> / Bitumen Efektif	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Density
2.88	0.551	1600	3.522	4.08	15.11	72.99	2.32
4.88	0.934	1702	3.467	3.81	14.87	74.48	2.33
6.88	1.317	1849	3.184	3.68	14.75	75.08	2.33
8.88	1.699	1990	2.830	3.42	14.53	76.50	2.34
10.88	2.082	2289	2.507	3.06	14.20	78.47	2.35

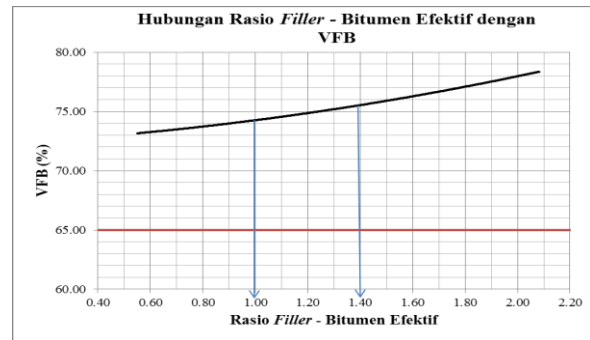
Hasil perhitungan dari pengujian *Marshall* tersebut kemudian dibuat dalam bentuk grafik yang menggambarkan hubungan Rasio *Filler* – Bitumen Efektif dengan kriteria *Marshall*. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



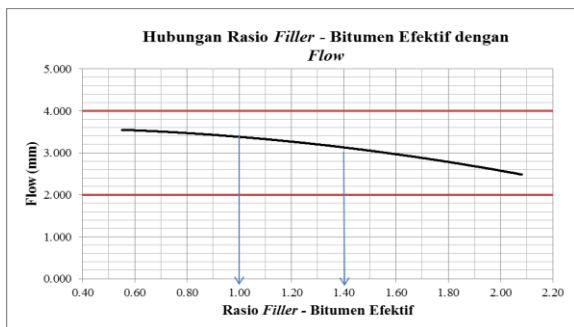
**Gambar 1. Flow Chart metode penelitian**



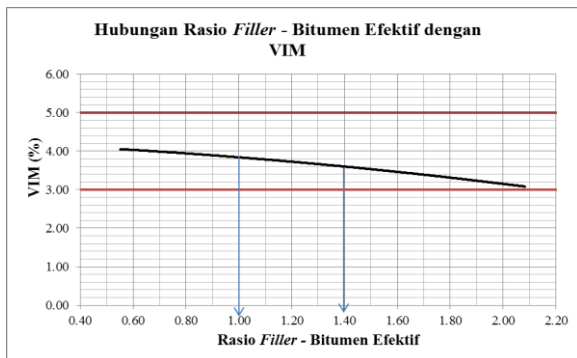
Gambar 2. Grafik hubungan Rasio Filler – Bitumen Efektif dengan Stabilitas



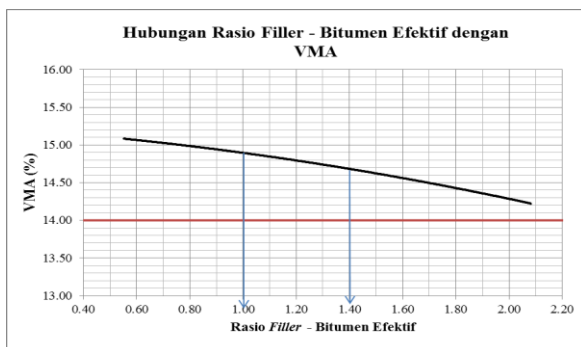
Gambar 5. Grafik hubungan Rasio Filler – Bitumen Efektif dengan VFB



Gambar 3. Grafik hubungan Rasio Filler – Bitumen Efektif dengan Flow



Gambar 4. Grafik hubungan Rasio Filler – Bitumen Efektif dengan VIM



Gambar 5. Grafik hubungan Rasio Filler – Bitumen Efektif dengan VMA

Dari grafik yang telah digambarkan tersebut, maka dapat diperoleh besaran – besaran yang menggambarkan hubungan Rasio Filler – Bitumen Efektif dengan Kriteria Marshall. Berikut hasil pengamatannya disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Variasi Rasio Filler - Bitumen Efektif

Kategori	Rasio Filler - Bitumen Efektif	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Density
n < 1,0	0,551	1600	3,522	4,11	15,14	72,85	2,32
n = 1,0	1,0	1710	3,400	3,80	14,86	74,50	2,33
1,0 < n < 1,4	1,2	1790	3,250	3,72	14,78	74,90	2,33
n = 1,4	1,4	1890	3,125	3,60	14,69	75,50	2,33
n > 1,4	2,082	2289	2,507	3,09	14,23	78,31	2,35

Keterangan :  
n = nilai Rasio Filler - Bitumen Efektif

### Hubungan Rasio Filler - Bitumen Efektif dengan Stabilitas

Grafik hasil pengujian Marshall pada Gambar 2 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya Rasio Filler – Bitumen Efektif baik nilai rasio yang memenuhi persyaratan spesifikasi maupun tidak, maka Stabilitas bertambah secara konsisten. Untuk nilai Rasio Filler – Bitumen Efektif pada range 0,551 – 1,0 yang berada di bawah batasan yang disyaratkan, Stabilitas diperoleh sebesar 1600 kg – 1710 kg. Sedangkan untuk nilai Rasio Filler – Bitumen Efektif pada range 1,4 – 2,082 yang berada di atas batasan yang disyaratkan, Stabilitas diperoleh sebesar 1890 kg – 2289 kg. Untuk nilai Rasio Filler – Bitumen Efektif yang memenuhi batasan yang disyaratkan yaitu 1,0 – 1,4 Stabilitas yang diperoleh ada pada range 1710 kg – 1890 kg.

### Hubungan Rasio Filler - Bitumen Efektif dengan Flow

Grafik hasil pengujian Marshall pada Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya Rasio Filler – Bitumen Efektif

baik nilai rasio yang memenuhi persyaratan spesifikasi maupun tidak, maka *Flow* berkurang secara konsisten. Untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif pada *range* 0,551 – 1,0 yang berada di bawah batasan yang disyaratkan, *Flow* diperoleh sebesar 3,522 mm – 3,400 mm. Sedangkan untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif pada *range* 1,4 – 2,082 yang berada di atas batasan yang disyaratkan, *Flow* diperoleh sebesar 3,125 mm – 2,507 mm. Untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif yang memenuhi batasan yang disyaratkan yaitu 1,0 – 1,4 *Flow* yang diperoleh ada pada *range* 3,400 mm – 3,125 mm.

#### **Hubungan Rasio *Filler* - Bitumen Efektif dengan VIM**

Grafik hasil pengujian *Marshall* pada Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya Rasio *Filler* – Bitumen Efektif baik nilai rasio yang memenuhi persyaratan spesifikasi maupun tidak, maka VIM berkurang secara konsisten. Untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif pada *range* 0,551 – 1,0 yang berada di bawah batasan yang disyaratkan, VIM diperoleh sebesar 4,11% - 3,80%. Sedangkan untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif pada *range* 1,4 – 2,082 yang berada di atas batasan yang disyaratkan, VIM diperoleh sebesar 3,60% - 3,09%. Untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif yang memenuhi batasan yang disyaratkan yaitu 1,0 – 1,4 VIM yang diperoleh ada pada *range* 3,80% - 3,60%.

#### **Hubungan Rasio *Filler* - Bitumen Efektif dengan VMA**

Grafik hasil pengujian *Marshall* pada Gambar 5 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya Rasio *Filler* – Bitumen Efektif baik nilai rasio yang memenuhi persyaratan spesifikasi maupun tidak, maka VMA berkurang secara konsisten. Untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif pada *range* 0,551 – 1,0 yang berada di bawah batasan yang disyaratkan, VMA diperoleh sebesar 15,14% - 14,86%. Sedangkan untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif pada *range* 1,4 – 2,082 yang berada di atas batasan yang disyaratkan, VMA diperoleh sebesar 14,69% - 14,23%. Untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif yang memenuhi batasan yang disyaratkan yaitu 1,0 – 1,4 VMA yang diperoleh ada pada *range* 14,86% - 14,69%.

#### **Hubungan Rasio *Filler* - Bitumen Efektif dengan VFB**

Grafik hasil pengujian *Marshall* pada Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya Rasio *Filler* – Bitumen Efektif baik nilai rasio yang memenuhi persyaratan spesifikasi maupun tidak, maka VFB bertambah secara konsisten. Untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif pada *range* 0,551 – 1,0 yang berada di bawah batasan yang disyaratkan, VFB diperoleh sebesar 72,85% - 74,50%. Sedangkan untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif pada *range* 1,4 – 2,082 yang berada di atas batasan yang disyaratkan, VFB diperoleh sebesar 75,50% - 78,31%. Untuk nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif yang memenuhi batasan yang disyaratkan yaitu 1,0 – 1,4 VFB yang diperoleh ada pada *range* 74,50% - 75,50%.

### **PENUTUP**

#### **Kesimpulan**

Dari penelitian ini maka dapat disimpulkan :

- 1) Kadar aspal terbaik yang diperoleh adalah sebesar 6,2% untuk campuran Lapis Aus (AC – WC) dengan material asal Lolan – Bolaang Mongondow dan aspal Penetrasi 60 – 70.
- 2) Perubahan Rasio *Filler* – Bitumen Efektif mempengaruhi semua besaran *Marshall* secara konsisten, tapi pengaruh paling besar terjadi pada VIM (*Void In Mix*). Jika Rasio *Filler* – Bitumen Efektif berada di bawah 1,0 maka VIM (*Void In Mix*) meningkat mendekati batas atas yang disyaratkan, dan jika Rasio *Filler* – Bitumen Efektif yang berada di atas 1,4 maka VIM (*Void In Mix*) mendekati batas bawah dan berpeluang keluar dari batasan yang disyaratkan.

#### **Saran**

Dari kesimpulan di atas maka disarankan untuk campuran Laston jenis Lapis Aus (AC-WC), nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif tidak sekadar memenuhi batas terendah ataupun batasan tertinggi yang disyaratkan oleh Spesifikasi Teknik Bina Marga Tahun 2010 Revisi III yaitu pada *range* 1,0 – 1,4. Semakin kecil nilai Rasio *Filler* – Bitumen Efektif atau semakin mendekati 1,0 maka semakin baik.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum*.
- Mahan, Hanaa, 2013, “*Influence Of Mineral Filler – Asphalt Ratio on Asphalt Mixture Performance*”, University of Babylon / College Of Engineering, Babylon.
- Poae, Yulpi. 1996, “*Pengaruh Ratio Filler-Bitumen terhadap kriteria Marshall Campuran Aspal Panas Jenis AC*”, Skripsi Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Seska, L. 2002, “*Pengaruh Ratio Filler-Bitumen Terhadap Kriteria Marshall Campuran Aspal Panas Jenis HRS*”, Skripsi Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- SNI. 2010. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*.
- Sukirman, S. 1992, “*Perkerasan Lentur Jalan Raya*”, Nova, Bandung.
- Zhuohong, Cong dan Nanxiang, Zheng, 2005, “*The Effect Of Filler Asphalt Ratio On The Performance Of Hot-Mix Asphalt*”, Chang’an University, Xi’an, China.