

## PENGARUH MODULUS KEHALUSAN AGREGAT TERHADAP PENENTUAN KADAR ASPAL PADA CAMPURAN JENIS AC-WC

Gabrielia Venisia Besouw

Mecky R. E. Manoppo, Steve Ch. N. Palenewen

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [besouwgabrielia@yahoo.com](mailto:besouwgabrielia@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Modulus Kehalusan (Fineness Modulus) butir agregat didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu set ayakan dan kemudian dibagi dengan seratus, oleh karena itu Fineness Modulus menggambarkan distribusi besaran atau jumlah presentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Semakin besar Modulus Kehalusan maka semakin kecil luas permukaan agregat yang perlu diselimuti aspal, sehingga Modulus Kehalusan menentukan besarnya aspal yang dibutuhkan dalam suatu campuran yang pada akhirnya akan mempengaruhi kekuatan campuran*

*Pada penelitian ini telah dilakukan percobaan dilaboratorium dengan menggunakan Fineness Modulus sebagai salah satu faktor penentu kadar aspal dan juga untuk melihat pengaruh kondisi gradasi menerus dengan Fineness Modulus. Dalam perencanaan ini akan dibuat tiga variasi gradasi untuk melihat pengaruh Modulus Kehalusan dari masing-masing gradasi.*

*Metode pelaksanaan yang digunakan untuk melihat pengaruh Fineness Modulus sebagai penentuan kadar aspal pada campuran jenis AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) yaitu akan diperiksa berdasarkan gradasi yang ada kemudian akan dihitung nilai FM-nya setelah itu akan dibuat campuran dan dievaluasi dengan Kriteria Marshall dari masing-masing gradasi. Setelah itu akan diambil sampel hasil perancangan dari masing-masing gradasi untuk pemeriksaan Marshall guna mendapatkan hasil kadar aspal terbaik yang akan dihubungkan dengan nilai Fineness Modulus.*

*Hasil Uji Marshall dari ke 3 gradasi dengan campuran AC-WC masuk dalam spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan, divisi VI Revisi III Perkerasan beraspal, Dep. PU, Edisi 2010. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut, nilai Fineness Modulus 5,01 dengan kadar aspal terbaik 7,2% untuk gradasi batas atas, FM 5,44 dengan kadar aspal terbaik 6,8% untuk gradasi batas tengah dan FM 5,63 dengan kadar aspal terbaik 6,4% untuk gradasi batas bawah. Adapun data-data hubungan FM dengan kriteria Marshall untuk nilai Stability didapatkan grafik yang berfluktuasi sesuai dengan batas-batas kriteria Marshall berdasarkan spesifikasi, untuk Kriteria Marshall: Flow, VMA, VFB dan Ratio Filler diperoleh hasil semakin besar Fineness Modulus maka semakin kecil hasil kriteria Marshall tersebut. Dan untuk kriteria Marshall: Density dan VIM diperoleh hasil semakin besar Fineness Modulus maka semakin besar hasil kriteria Marshall tersebut. Dapat disimpulkan penggunaan Modulus Kehalusan pada penentuan kadar aspal mempunyai pengaruh yakni semakin besar Modulus Kehalusan maka semakin kecil kadar aspal yang diperlukan sehingga Modulus Kehalusan dapat digunakan sebagai penentuan kadar aspal campuran AC-WC. Dan disarankan untuk pelaksanaan pembuatan konstruksi jalan menggunakan nilai Modulus Kehalusan yang besar sehingga kadar aspal yang akan digunakan sedikit akan tetapi tetap masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan.*

**Kata kunci:** *Aspal, Agregat, Modulus Kehalusan, Marshall, AC-WC*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Beton terdiri dari bahan pengisi dan pengikat. Jika bahan pengikat adalah semen maka campuran yang dihasilkan disebut beton semen, sedangkan jika bahan pengikatnya adalah aspal

maka campuran yang akan terbentuk adalah beton aspal. Mutu dari beton, baik beton semen dan beton aspal selain tergantung dari mutu masing-masing bahan dan cara pelaksanaannya juga ditentukan oleh komposisi. Proses perencanaan komposisi umumnya selalu dilakukan di laboratorium dalam skala kecil, kemudian hasil

dari pengujian tersebut akan menjadi patokan untuk pelaksanaan pencampuran dalam skala sebenarnya di lapangan.

Dalam proses perencanaan campuran beton semen, salah satu faktor yang menentukan kandungan bahan pengikat (yaitu semen) adalah Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus*) dari agregat. Modulus kehalusan merupakan suatu indeks yang dipakai untuk menyatakan ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat dalam suatu fraksi. Makin besar nilai modulus kehalusan berarti semakin besar butiran agregatnya. Modulus kehalusan butir didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif sisa saringan diatas ayakan dibahagi 100. Semakin besar Modulus Kehalusan maka semakin kecil luas permukaan agregat yang perlu diselimuti aspal, sehingga Modulus Kehalusan menentukan besarnya aspal yang dibutuhkan dalam suatu campuran yang pada akhirnya akan mempengaruhi kekuatan campuran. Nilai dari modulus kehalusan didapatkan dari hasil pengujian analisa saringan di laboratorium sesuai SNI 03-1970-1990.

Pada perencanaan campuran beton aspal modulus kehalusan tidak digunakan untuk penentuan perkiraan aspal, oleh sebab itu dalam penelitian ini akan dilakukan suatu percobaan perancangan beton aspal dengan menggunakan modulus kehalusan sebagai salah satu faktor penentu kadar aspal dan juga untuk melihat pengaruh kondisi gradasi menerus dengan modulus kehalusan.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Apakah penggunaan Modulus Kehalusan pada campuran AC-WC dapat menentukan jumlah bahan pengikat?
2. Bagaimana hubungan nilai uji marshall pada campuran AC-WC dengan Modulus Kehalusan?

#### Batasan Masalah

Pada penelitian ini, pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di laboratorium.
2. Penelitian ini dibatasi pada campuran aspal panas pada campuran jenis AC, khususnya lapis aus.
3. Tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada pengamatan terhadap hasil pengujian *Marshall*.

#### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh modulus kehalusan dalam penentuan aspal pada campuran jenis AC-WC.
2. Untuk mengetahui hubungan modulus kehalusan dengan besaran kriteria *Marshall* pada campuran aspal pada campuran jenis AC-WC

#### Manfaat Penelitian

1. Penggunaan modulus kehalusan untuk menentukan kadar aspal atau kandungan aspal terbaik pada campuran jenis AC-WC.
2. Mengetahui hubungan fluktuasi gradasi menggunakan modulus kehalusan dengan kinerja atau mutu campuran aspal pada campuran jenis AC-WC

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Beton Aspal (AC-WC)

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.

Jenis lapisan aspal beton campuran panas, terbagi menjadi 3 yaitu :

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan tebal minimum AC-WC adalah 4cm lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.
2. Laston sebagai lapisan pingikat, dikenal dengan AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan tebal minimum AC-BC adalah 5m. Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete – Base*) dengan tebal minimum AC-Base adalah 6 cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi memerlukan stabilitas

untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

**Gradasi Campuran Beton Aspal**

Gradasi agregat merupakan salah satu sifat yang sangat menentukan kinerja/daya tahan jalan. Setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu yang dapat dilihat didalam setiap spesifikasi material perkerasan jalan. Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal pans ditunjukkan pada tabel dibawah ini. Gradasi agregat gabungan Laston harus berada didalam batas-batas titik kontrol dan harus berada diluar daerah larangan dan sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Persyaratan pen 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232
7	Kelarutan dan Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥1,0
9	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTMD 5976 part 6.1	
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (%)		

Sumber: Dep. PU, Edisi 2010

Tabel 2. Batas-Batas Gradasi Campuran Beton Aspal

Nomor Ayakan (inch)	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran									
		Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)			
		Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang <sup>2</sup>		Gradasi Semi Senjang		WC	BC	Base	
1 1/2"	37,5										100
1"	25									100	90-100
3/4"	19	100	100	100	100	100	100	100	100	90-100	76-90
1/2"	12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	75-90		60-78
3/8"	9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82		52-71
4"	4,75							53-69	46-64		35-54
8"	2,36		75-100	50-72 <sup>2</sup>	35-55 <sup>3</sup>	50-62	32-44	33-53	30-49		23-41
16"	1,18							21-40	18-38		13-30
30"	0,6			35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28		10-22
50"	0,3					15-35	5-35	9-22	7-20		6-15
100"	0,15							6-15	5-13		4-10
200"	0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-9	4-8		3-7

Sumber: Dep. PU, Edisi 2010

Tabel 3. Persyaratan Campuran Lapis Beton Aspal

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		
Rasio Partikel Lolos ayakan 0,075 mm 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 Marshall (kg)	Min	800		
	Min	2		
Pelelehan	Min	3		
	Maks	4		
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

Sumber: Dep. PU, Edisi 2010

**Pengujian Marshall**

Pengujian dengan alat Marshall dilakukan sesuai dengan prosedur SNI. Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall. Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (*stabilitas*) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). Flow didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum. Benda uji Marshall Standart berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm).

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain :

a. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan merupakan yang menunjukkan batas maksimum beban diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

b. Kelelahan (*Flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial (dalam satuan mm). Suatu campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

c. Hasil Bagi Marshall (Marshall Quotient)

Hasil bagi Marshall merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahan (flow). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

d. Rongga Terisi Aspal (VFA atau VFB)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

e. Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

f. Rongga Udara (VIM)

Rongga udara dalam campuran (Va) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal

terdiri dari atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

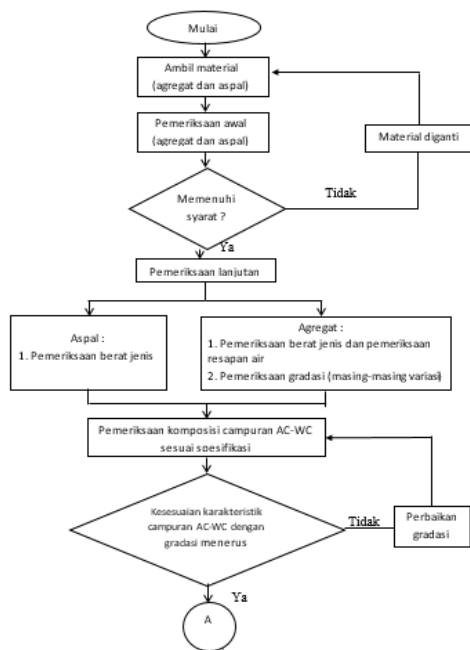
**Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus*)**

Modulus kehalusan merupakan suatu indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus kehalusan butir didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif sisa saringan diatas ayakan dibagi 100. Nilai dari modulus kehalusan didapatkan dari hasil pengujian analisa saringan di laboratorium. Makin besar modulus kehalusan agregat menunjukkan bahwa semakin besar pula ukuran butir-butir agregatnya sehingga jumlah bahan pengikat yang diperlukan akan semakin sedikit. Modulus kehalusan butir digunakan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan analisa saringan. Analisa saringan agregat ialah penentuan berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam tabel atau grafik.

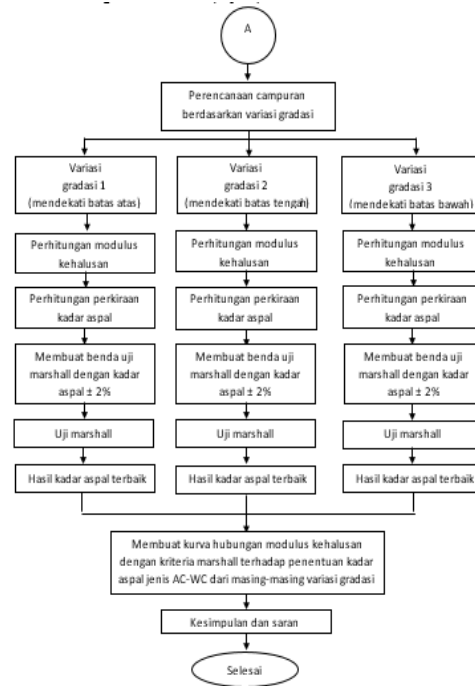
**METODOLOGI PENELITIAN**

**Diagram Alir Penelitian**

Langkah-langkah penelitian digambarkan dalam bagan alir di bawah ini



Gambar 1a. Bagan Alir Penelitian



Gambar 1b. Lanjutan Bagan Alir

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh modulus kehalusan terhadap penentuan kadar aspal jenis AC-WC. Dengan material yang ada akan dibuat berbagai campuran gradasi agregat yang berbeda, dan berdasarkan gradasi agregat tersebut akan dihitung nilai modulus kehalusannya. Karena dalam setiap variasi gradasi nilai modulus kehalusan yang akan didapatkan berbeda. Dalam hal ini akan dibuat campuran dengan gradasi menerus.

Berdasarkan kesesuaian karakteristik campuran dengan gradasi menerus, pengujian ini akan merencanakan 3 variasi gradasi yaitu gradasi yang mendekati batas atas, gradasi yang mendekati batas tengah, dan gradasi yang mendekati batas bawah. Dari hasil variasi yang telah didapatkan kita juga akan mengetahui nilai dari modulus kehalusan yang dicari. Kemudian setelah mendapatkan hasil dari batasan gradasi dan nilai modulus kehalusan akan dicari perkiraan kadar aspal guna untuk membuat benda uji *Marshall* dengan kadar aspal  $\pm 2\%$  dari masing-masing gradasi. Lalu akan dilakukan pemeriksaan uji kriteria *Marshall* untuk memperoleh kadar aspal terbaik yang akan digunakan dalam pembuatan kurva.

Setelah mendapatkan hasil dari uji kriteria *Marshall* akan dibuat kurva atau hubungan modulus kehalusan dengan kriteria *Marshall* terhadap penentuan kadar aspal jenis AC-WC dari

masing-masing variasi gradasi yang komposisinya meliputi kadar aspal dan gradasi.

gabungan yang ditentukan didapatkan dari hasil Analisa Saringan yang diperoleh sebagai berikut :

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pemeriksaan Material

Berikut ini adalah hasil pemeriksaan Material:

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Awal

No.	JENIS PENGUJIAN	STANDART	SYARAT	HASIL
<b>AGREGAT</b>				
1	Keausan Agregat / Abrasi	SNI 03-2417-1991	Maks 40%	16.35%
2	Impact Value	BS812 : PART3,1975	Maks 30%	7.275%
<b>ASPAL</b>				
3	Penetrasi	AASHTO T 53-81; SNI 06-2456-1991	60-70	67.9
4	Titik Lembek	AASHTO T 53-81; SNI 06-2434-2011	≥48	53.74°c
5	Titik Nyala dan Titik Bakar	AASHTO T 53-81; SNI 06-2433-2011	≥232	280°c
6	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	>100cm	103 cm

Hasil pemeriksaan awal seperti yang tertera pada Tabel 4 terlihat bahwa sifat-sifat material/agregat dan aspal memenuhi persyaratan yang ada, oleh karena itu dilakukan pemeriksaan lanjutan yaitu pemeriksaan berat jenis dan pemeriksaan gradasi agregat yang dapat dilihat di Tabel 5

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Lanjutan

NO.	JENIS PENGUJIAN	STANDART	SYARAT	HASIL
<b>AGREGAT</b>				
1	Berat Jenis Kasar	Bulk	-	2,639
		SSD	-	2,677
		Semu	-	2,742
		Penyerapan	Maks 3%	1,42%
2	Berat Jenis Sedang	Bulk	-	2,611
		SSD	-	2,667
		Semu	-	2,772
		Penyerapan	Maks 3%	2,13%
3	Berat Jenis Halus	Bulk	-	2,588
		SSD	-	2,664
		Semu	-	2,801
		Penyerapan	Maks 3%	2,94%
<b>ASPAL</b>				
4	Berat Jenis	AASHTO T 228-78;ASTMD 70-76;PA 0307-76	>1gr/cm <sup>3</sup>	1.0324 gr/cm <sup>3</sup>

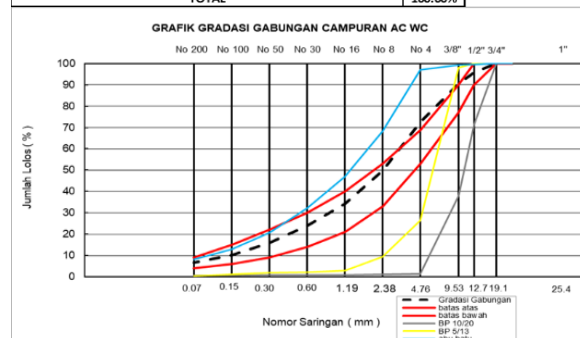
Hasil pemeriksaan lanjutan (berat jenis) terhadap material/bahan seperti yang ada diatas menunjukkan bahwa semua persyaratan dalam spesifikasi telah terpenuhi, oleh karena itu material/bahan tersebut layak digunakan untuk penelitian selanjutnya, yaitu sebagai bahan pembentuk dalam campuran beraspal panas (*hotmix*)

#### Presentase Agregat dan Aspal dalam Campuran Beraspal Panas

Dalam pembuatan benda uji campuran, dibuat 3 Variasi Gradasi yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan Modulus Kekeluhan terhadap Kriteria Marshall. Gradasi

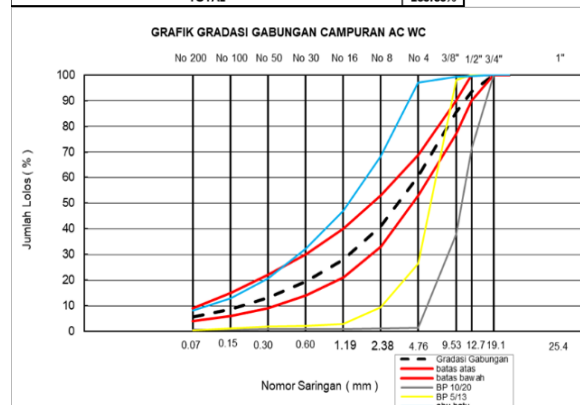
Tabel 6. Gradasi Gabungan Campuran AC-WC (yang mendekati batas atas)

GRADASI GABUNGAN CAMPURAN AC - WC								
NO (Inch)	METRIK	BP 10/20 "	BP 5/13 "	ABU BATU	PC	Gradasi	SPESIFIKASI	
							ATAS	BAWAH
1"	25.400	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.050	100	100	100	100	100	100	100
1/2"	12.700	71.48	100.00	99.54	100	95.72	90	100
3/8"	9.525	37.94	98.07	99.37	100	90.63	77	90
#4	4.760	1.47	26.40	96.91	100	72.39	53	69
#8	2.380	1.13	9.52	68.14	100	49.80	33	53.0
#16	1.190	1.05	3.06	46.99	100	34.15	21	40.0
#30	0.595	0.99	2.28	32.26	100	23.86	14	30.0
#50	0.297	0.92	2.02	20.69	100	15.83	9	22
#100	0.149	0.77	1.23	12.86	100	10.28	6	15
#200	0.074	0.65	0.55	8.09	96	6.82	4	9
BP 10/20 "						13.90%		
BP 5/13 "						16.00%		
Abu Batu						69.00%		
PC						1.10%		
TOTAL						100.00%		



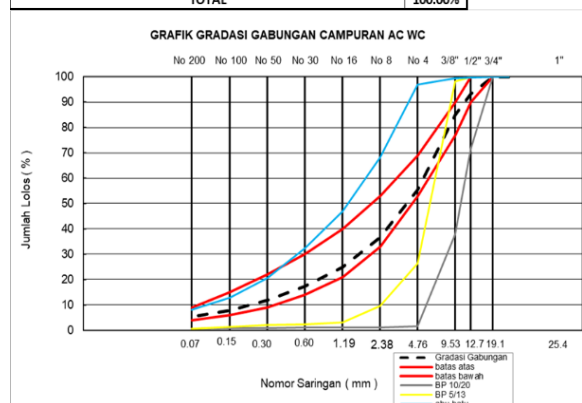
Tabel 7. Gradasi Gabungan Campuran AC-WC (yang mendekati batas tengah)

GRADASI GABUNGAN CAMPURAN AC - WC								
NO (Inch)	METRIK	BP 10/20 "	BP 5/13 "	ABU BATU	PC	Gradasi	SPESIFIKASI	
							ATAS	BAWAH
1"	25.400	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.050	100	100	100	100	100	100	100
1/2"	12.700	71.48	100.00	99.54	100	93.50	90	100
3/8"	9.525	37.94	98.07	99.37	100	85.64	77	90
#4	4.760	1.47	26.40	96.91	100	60.53	53	69
#8	2.380	1.13	9.52	68.14	100	40.92	33	53.0
#16	1.190	1.05	3.06	46.99	100	27.84	21	40.0
#30	0.595	0.99	2.28	32.26	100	19.56	14	30.0
#50	0.297	0.92	2.02	20.69	100	13.13	9	22
#100	0.149	0.77	1.23	12.86	100	8.61	6	15
#200	0.074	0.65	0.55	8.09	96	5.77	4	9
BP 10/20 "						21.90%		
BP 5/13 "						22.00%		
Abu Batu						55.00%		
PC						1.10%		
TOTAL						100.00%		



Tabel 8. Gradasi Gabungan Campuran AC-WC (yang mendekati batas bawah)

GRADASI GABUNGAN CAMPURAN AC - WC								
NO (Inch)	METRIK	BP 10/20 "	BP 5/13 "	ABU BATU	PC	Gradasi	SPESIFIKASI	
							ATAS	BAWAH
1"	25.400	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.050	100	100	100	100	100	100	100
1/2"	12.700	71.48	100.00	99.54	100	93.25	90	100
3/8"	9.525	37.94	98.07	99.37	100	84.94	77	90
#4	4.760	1.47	26.40	96.91	100	55.34	53	69
#8	2.380	1.13	9.52	68.14	100	36.73	33	53.0
#16	1.190	1.05	3.06	46.99	100	24.75	21	40.0
#30	0.595	0.99	2.28	32.26	100	17.45	14	30.0
#50	0.297	0.92	2.02	20.69	100	11.81	9	22
#100	0.149	0.77	1.23	12.86	100	7.79	6	15
#200	0.074	0.65	0.55	8.09	96	5.24	4	9
BP 10/20 "						22.90%		
BP 5/13 "						28.00%		
Abu Batu						48.00%		
PC						1.10%		
TOTAL						100.00%		



**Perhitungan Modulus Kehalusan**

Pada tabel dan grafik diatas menunjukkan komposisi agregat yang memenuhi spesifikasi untuk campuran Laston (AC-WC). Berdasarkan presentasi agregat gabungan yang telah didapat maka nilai modulus kehalusannya dapat dihitung berdasarkan hasil dari perencanaan masing-masing gradasi  
Perhitungan modulus kehalusan sebagai berikut:

Tabel 9. Perhitungan Nilai Modulus Kehalusan di Gradasi Batas Atas

NILAI MODULUS KEHALUSAN GRADASI BATAS ATAS			
No. Saringan (Inch)	Gradasi	Persen Tertahan	Persen Kumulatif Tertahan
1"	100	0	0
3/4"	100	0	0
1/2"	95.721	4.28	4.28
3/8"	90.627	5.09	9.37
#4	72.394	18.23	27.61
#8	49.796	22.60	50.20
#16	34.155	15.64	65.85
#30	23.863	10.29	76.14
#50	15.829	8.03	84.17
#100	10.276	5.55	89.72
#200	6.819	3.46	93.18
Pan	0.000	6.82	100.00
Total		100.00	600.52

Modulus Kehalusan = Persen Kumulatif Tertahan / 100  
Modulus Kehalusan 6.01

Tabel 10. Perhitungan Nilai Modulus Kehalusan di Gradasi Batas Tengah

NILAI MODULUS KEHALUSAN GRADASI BATAS TENGAH			
No. Saringan (Inch)	Gradasi	Persen Tertahan	Persen Kumulatif Tertahan
1"	100	0	0
3/4"	100	0	0
1/2"	93.50	6.50	6.50
3/8"	85.64	7.87	14.36
#4	60.53	25.11	39.47
#8	40.92	19.61	59.08
#16	27.84	13.07	72.16
#30	19.56	8.28	80.44
#50	13.13	6.44	86.87
#100	8.61	4.52	91.39
#200	5.77	2.84	94.23
Pan	0.00	5.77	100.00
Total		100.00	644.50

Modulus Kehalusan = Persen Kumulatif Tertahan / 100  
Modulus Kehalusan 6.44

Tabel 11. Perhitungan Nilai Modulus Kehalusan di Gradasi Batas Bawah

NILAI MODULUS KEHALUSAN GRADASI BATAS BAWAH			
No. Saringan (Inch)	Gradasi	Persen Tertahan	Persen Kumulatif Tertahan
1"	100	0	0
3/4"	100	0	0
1/2"	93.25	6.75	6.75
3/8"	84.94	8.31	15.06
#4	55.34	29.60	44.66
#8	36.73	18.61	63.27
#16	24.75	11.98	75.25
#30	17.45	7.30	82.55
#50	11.81	5.64	88.19
#100	7.79	4.02	92.21
#200	5.24	2.55	94.76
Pan	0.00	5.24	100.00
total		100.00	662.68

Modulus Kehalusan = Persen Kumulatif Tertahan / 100  
Modulus Kehalusan 6.63

**Hasil Perhitungan Parameter Marshall Campuran Beraspal Panas**

Berikut adalah hasil dari pemeriksaan Marshall Test setelah Hot Mix dari masing-masing variasi gradasi

Tabel 12. Hasil Marshall Test Gradasi Batas Atas

No.	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			4	5	6	7	8
1	Stabilitas (kg)	Min 800	875	1109	1296	1299	1202
2	flow (mm)	2 - 4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9
3	VIM (%)	3 - 5	11,9	8,5	5,8	4,1	3,2
4	VMA (%)	min 15	16,6	15,6	15,3	15,9	17,2
5	VFB (%)	min 65	28,3	45,5	61,9	74,3	81,6
6	Density (gr/cc)	-	2,25	2,31	2,34	2,3	2,34
7	BC	1 - 1,4	3,0	2,0	1,5	1,2	1,0

Tabel 13. Hasil Marshall Test Gradasi Batas Tengah

No.	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			3,7	4,7	5,7	6,7	8,7
1	Stabilitas (kg)	Min 800	1002	1405	1675	1732	1579
2	flow (mm)	2 - 4	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
3	VIM (%)	3 - 5	13,1	10,0	7,0	4,8	3,7
4	VMA (%)	min 15	17,3	16,5	15,9	16,1	17,2
5	VFB (%)	min 65	24,2	39,5	56,2	69,9	78,6
6	Density (gr/cc)	-	2,233	2,279	2,320	2,338	2,332
7	BC	1 - 1,4	2,9	1,9	1,4	1,1	0,9

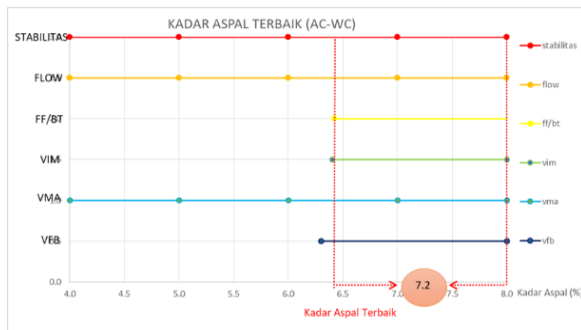


Tabel 14. Hasil *Marshall Test* Gradasi Batas Bawah

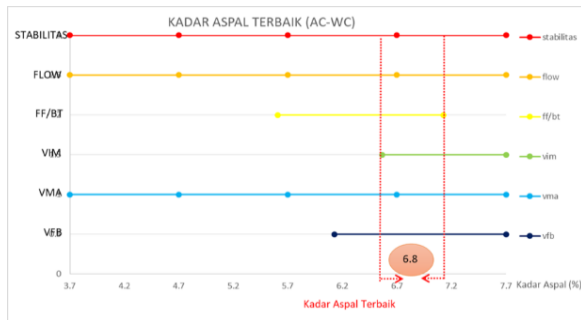
No.	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			3,6	3,6	5,6	7,6	8,6
1	Stabilitas (kg)	Min 800	827	1151	1407	1476	1406
2	flow (mm)	2 - 4	2,53	2,80	3,10	3,41	3,70
3	VIM (%)	3 - 5	13,2	10,7	8,0	5,8	4,0
4	VMA (%)	min 15	17,3	17,0	16,7	16,9	17,4
5	VFB (%)	min 65	23,4	37,1	52,2	65,3	76,8
6	Density (gr/cc)	-	2,23	2,26	2,30	2,32	2,33
7	BC	1 - 1,4	2,7	1,7	1,3	1,0	0,8

Dari rekapitulasi data hasil pengujian Parameter *Marsall* yang disajikan dalam tabel-tabel diatas, maka dapat digambarkan parameter-parameter tersebut dalam bentuk grafik dibawah ini untuk mendapatkan rentang kadar aspal terbaik dari campuran AC-WC di masing-masing gradasi.

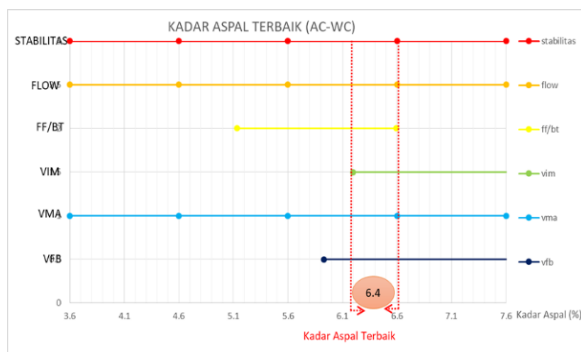
**Kadar Aspal Terbaik (Optimum)**



Gambar 2. Grafik rentang kadar aspal terbaik untuk campuran AC-WC gradasi batas atas



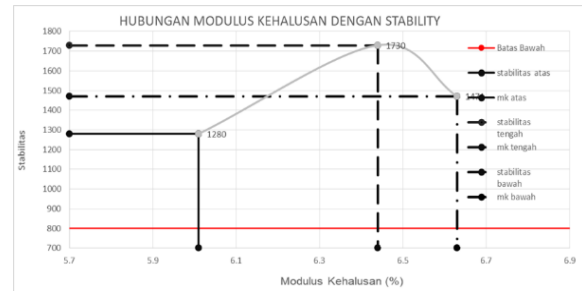
Gambar 3. Grafik rentang kadar aspal terbaik untuk campuran AC-WC gradasi batas tengah



Gambar 4. Grafik rentang kadar aspal terbaik untuk campuran AC-WC gradasi batas bawah

**Hubungan Modulus Kehalusan dengan Kriteria *Marshall***

**1) Stabilitas**



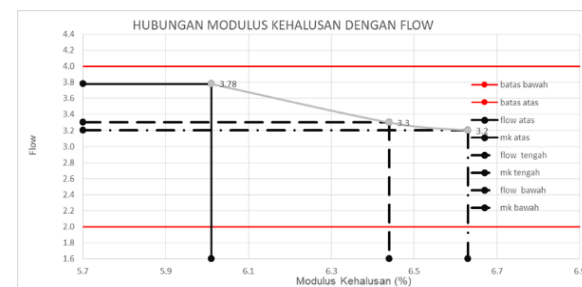
GRADASI	STABILITAS	M.K	KADAR ASPAL
ATAS	1280	6.01	7.2
TENGAH	1730	6.44	6.8
BAWAH	1471	6.63	6.3

Gambar 5. Grafik Hubungan Modulus Kehalusan dengan Stabilitas

Dapat dilihat dari grafik nilai Stabilitas yang paling tinggi yakni 1730 kg berada pada nilai modulus kehalusan di gradasi tengah dengan nilai 5,44. Nilai stabilitas terlihat naik dari gradasi atas ke gradasi tengah, dan ketika digradasi bawah nilai stabilitas terlihat turun tetapi tidak lebih kecil dari nilai stabilitas di gradasi atas.

Dari nilai stabilitas yang di dapat dari berbagai variasi kadar aspal dengan penambahan kadar aspal akan menaikkan nilai stabilitasnya namun nilai stabilitas akan turun jika sudah mencapai nilai kadar aspal optimum dan akan terus menurun seiring penambahan kadar aspal. Dapat dilihat juga bahwa semakin kasar gradasi maka semakin besar nilai modulus kehalusan. Serta semakin besar nilai Modulus Kehalusan, maka semakin kecil kadar aspal yang didapatkan.

**2) Flow**



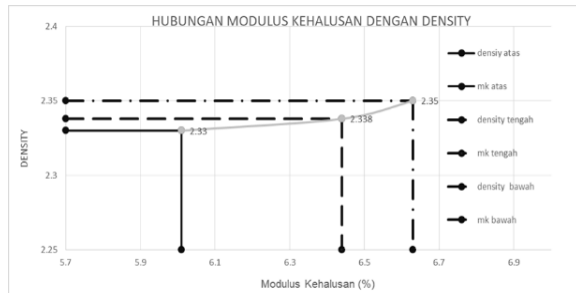
GRADASI	FLOW	M.K	KADAR ASPAL TERBAIK
ATAS (HALUS)	3,78	6,01	7,2
TENGAH (IDEAL)	3,3	6,44	6,8
BAWAH (KASAR)	3,2	6,63	6,4

Gambar 6. Grafik Hubungan Modulus Kehalusan dengan flow

Dilihat dari grafik semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin kecil nilai

flow, karena pelelehan akan lebih tinggi jika kadar aspal yang digunakan terlalu banyak. Dapat dilihat juga semakin kasar gradasi maka semakin besar nilai modulus kehalusan. serta semakin besar nilai Modulus Kehalusan, maka semakin kecil kadar aspal yang didapatkan.

### 3) Density

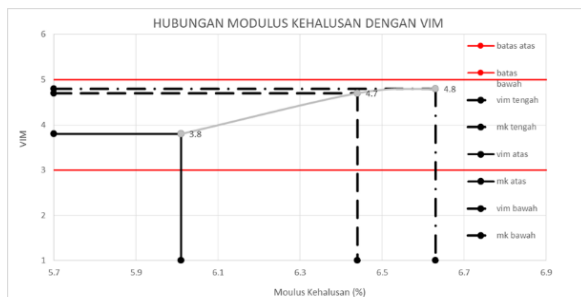


GRADASI	DENSITY	M.K	KADAR ASPAL
ATAS	2.33	6.01	7.2
TENGAH	2.338	6.44	6.8
BAWAH	2.35	6.63	6.3

Gambar 7 Grafik Hubungan Modulus Kehalusan dengan Density

Dilihat dari grafik yang ada semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin besar nilai Density yang didapatkan karena semakin kasar agregat yang digunakan maka campuran akan semakin padat sehingga kadar aspal yang digunakan akan semakin sedikit. Dapat dilihat juga semakin besar nilai Modulus Kehalusan, maka semakin kecil kadar aspal yang didapatkan. Serta semakin kecil kadar aspal, maka semakin besar nilai Density.

### 4) VIM



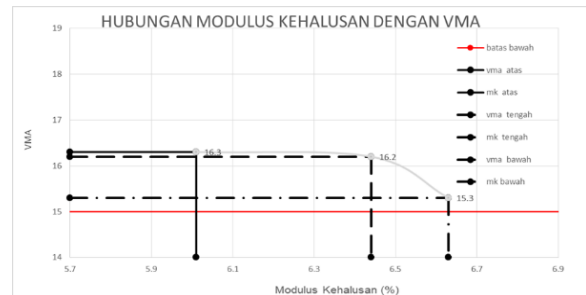
GRADASI	VIM	M.K	KADAR ASPAL
ATAS	3.8	6.01	7.2
TENGAH	4.7	6.44	6.8
BAWAH	4.8	6.63	6.3

Gambar 8 Grafik Hubungan Modulus Kehalusan dengan VIM

Dapat dilihat dalam grafik bahwa semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin besar nilai VIM yang didapatkan. Dapat dilihat

juga semakin besar nilai Modulus Kehalusan, maka semakin kecil kadar aspal yang didapatkan. Serta semakin kecil kadar aspal, maka semakin besar nilai VIM.

### 5) VMA

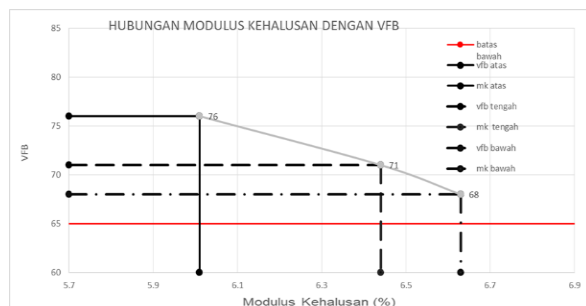


GRADASI	VMA	M.K	KADAR ASPAL
ATAS	16.3	6.01	7.2
TENGAH	16.2	6.44	6.8
BAWAH	15.3	6.63	6.3

Gambar 9 Grafik Hubungan Modulus Kehalusan dengan VMA

Dapat dilihat di grafik semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin kecil nilai VMA yang didapatkan. Dapat dilihat juga semakin besar nilai Modulus Kehalusan, maka semakin kecil kadar aspal yang didapatkan. Serta semakin kecil kadar aspal, maka semakin kecil nilai VMA.

### 6) VFB



GRADASI	VFB	M.K	KADAR ASPAL
ATAS	76	6.01	7.2
TENGAH	71	6.44	6.8
BAWAH	68	6.63	6.3

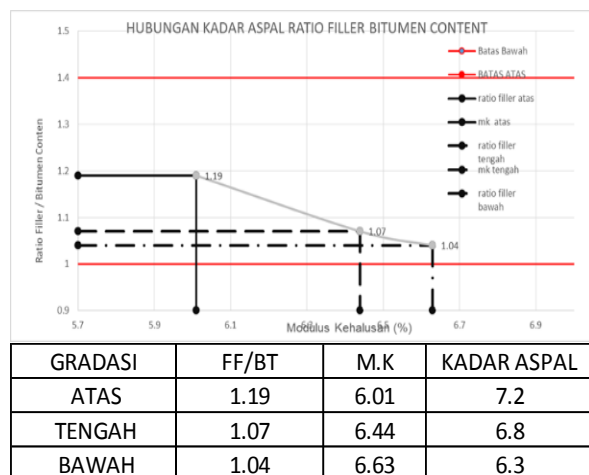
Gambar 10 Grafik Hubungan Modulus Kehalusan dengan VFB

VFB adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Dari penelitian didapatkan semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin kecil nilai VFB yang didapatkan. dapat dilihat juga semakin besar nilai Modulus Kehalusan, maka semakin kecil



kadar aspal yang didapatkan. Serta semakin kecil kadar aspal, maka semakin kecil nilai VFB.

### 7) Ratio Filler Bitumen



Gambar 11 Grafik Hubungan Modulus Kehalusan dengan Ratio Filler

Filler bitument content adalah jumlah bahan pengisi (filler) yang ditambahkan pada jumlah kadar aspal (bitumen) yang tetap. Dari penelitian didapatkan semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin kecil nilai Ratio Filler yang didapatkan. dapat dilihat juga semakin besar nilai Modulus Kehalusan, maka semakin kecil kadar aspal yang didapatkan. Serta semakin kecil kadar aspal, maka semakin kecil nilai Ratio Filler.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Hasil pengujian *Marshall* yang didapatkan memenuhi spesifikasi yang ada, sebagai berikut: nilai *Fineness Modulus* 5,01 dengan

kadar aspal terbaik 7,2% untuk gradasi batas atas, *FM* 5,44 dengan kadar aspal terbaik 6,8% untuk gradasi batas tengah dan *FM* 5,63 dengan kadar aspal terbaik 6,4% untuk gradasi batas bawah sehingga Modulus Kehalusan dapat digunakan sebagai salah satu faktor penentu kadar aspal pada campuran AC-WC karena semakin besar nilai modulus kehalusan, maka semakin kecil kadar aspal yang didapatkan, serta semakin kasar gradasi maka semakin besar nilai modulus kehalusan.

2. Dari hasil hubungan modulus kehalusan dengan kriteria marshall terhadap penentuan kadar aspal pada campuran jenis AC-WC dari fluktuasi gradasi dapat disimpulkan bahwa :
  - a. Nilai Stabilitas yang paling tinggi berada pada nilai modulus kehalusan di gradasi tengah sebesar 1730 kg. Nilai stabilitas terlihat naik dari gradasi atas ke gradasi tengah, dan ketika digradasi bawah nilai stabilitas terlihat turun tetapi tidak lebih kecil dari nilai stabilitas di gradasi atas.
  - b. Semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin kecil nilai *Flow*, *VMA*, *VFB* dan *Ratio Filler* yang didapatkan.
  - c. Semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin besar nilai *Density* dan *VIM* yang didapatkan.

### Saran

Dalam pelaksanaan pembuatan konstruksi jalan dengan menggunakan modulus kehalusan pada campuran AC-WC sebaiknya menggunakan nilai modulus kehalusan yang besar agar supaya kadar aspal yang digunakan sedikit akan tetapi tetap masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan sehingga bisa mengurangi anggaran biaya yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

\_\_\_\_\_, 2010. *Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Perkerasan Beraspal*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, 2006. *Laporan Hasil Pengujian Rancangan Campuran Kerja AC-Wearing*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Bandung

Huwae, Meggie., Oscar H. Kaseke, Theo K. Sendow., 2015. “*Kajian kinerja campuran lapis pondasi jenis lapis tipis aspal beton – lapis pondasi (HRS-Base) bergradasi senjang dengan jenis lapis aspal beton- lapis pondasi (AC-Base) bergradasi halus*”. Jurnal Sipil Statik, Vol. 3, No. 3 (183-189) ISSN : 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Pomantow, Schwarz Y., Joice E. Waani, Freddy Jansen., 2019. “*Kinerja Campuran AC-WC dengan Menggunakan Agregat dari Batu Kapur*”. Jurnal Sipil Statik, Vol. 7, No. 1 (1-10) ISSN : 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rumagit, Stevan., Oscar H. Kaseke, Steve Ch. N. Palenewen., 2017. *Pengaruh Energi Pemasakan Benda Uji terhadap Besaran Marshall Campuran Beraspal Panas Bergradasi Senjang*. Jurnal Sipil Statik, Vol. 5, No. 8. Pp. 533-540 ISSN : 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sukirman, Silvia. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*, Bandung.
- Wardhani, Tri Utami, Oscar H. Kaseke, Lucia Lalamentik., 2017. *Pengaruh perubahan ratio antara partikel lolos saringan No. #200 dengan bitumen efektif terhadap kriteria marshall pada campuran lataston jenis lapis pondasi dan lapis aus*. Jurnal Sipil Statik, Vol. 5, No.1 (1-10) ISSN : 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.