

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL PANAS LAPIS BETON LAPIS ANTARA MENGGUNAKAN AGREGAT UKURAN 25 mm DAN AGREGAT UKURAN 19 mm

Maria Krisanti Ivoni Milo¹, Egidius Kalogo^{2*}, Krisantos Ria Bela²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira, Jl. San Juan No.1 Penfui, Kupang, NTT, Indonesia

² Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira, Jl. San Juan No.1 Penfui, Kupang, NTT, Indonesia
email: egidius.kalogo@yahoo.com

Abstrak: Campuran panas aspal-agregat pada konstruksi jalan aspal beton umumnya terdiri dari 3 lapis, yakni: lapis pondasi, lapis antara dan lapis permukaan yang di letakkan di atas lapir berbutir, salah satu lapisan aspal beton adalah Lapis Antara yang berupa campuran beraspal panas yang terdiri dari agregat, bahan aspal, dan *filler* yang dicampur secara panas dipusat instalasi pencampuran, serta hasil pencampuran dihampar dan dipadatkan campuran tersebut diatas Lapis Pondasi Agregat. Dimana campuran beraspal panas dirancang sesuai ketentuan Spesifikasi Umum untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Direktorat Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 3) untuk menjamin bahwa asumsi rancangan yang berkenaan dengan Kadar Aspal, Rongga Udara, Stabilitas, Kelenturan dan Keawetan sesuai dengan lalulintas rencana. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan karakteristik marshall dari hasil pengujian marshall untuk campuran beraspal laston lapis antara (AC-BC) dari kedua komposisi campuran bahwa hampir seluruh sifat marshall memenuhi spesifikasi bina marga tahun 2018 revisi 3 kecuali Kelelahan (*Flow*) Berukuran 19 mm tidak memenuhi rentang kelelahan yang disyaratkan pada spesifikasi yaitu 2 – 4 mm, dan Stabilitas *Marshall* Sisa Agregat Berukuran 19 mm tidak memenuhi syarat spesifikasi yaitu Min 90%. Sedangkan untuk nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Agregat Berukuran 25 mm adalah 5,11 % dan Agregat Berukuran 19 mm adalah 5,18 %.

Kata Kunci: Campuran Panas Aspal-Agregat, Lapis Antara AC-BC Butiran Agregat 25 mm dan 19 mm.

Abstract: The hot mix asphalt-aggregate mixture in the construction of asphalt concrete roads generally consists of three layers: the base layer, intermediate layer, and surface layer placed on a granular subbase. One of the asphalt concrete layers is the Intermediate Layer, which is a hot asphalt mixture consisting of aggregate, asphalt material, and filler mixed at a central mixing plant. The resulting mixture is spread and compacted on the Aggregate Base Layer. The hot asphalt mixture is designed according to the General Specifications for Road and Bridge Construction by the Directorate General of Highways in 2018 (Revision 3) to ensure that the design assumptions regarding Asphalt Content, Air Voids, Stability, Flexibility, and Durability are in line with the planned traffic. Research results indicate differences in Marshall characteristics from Marshall test results for the Intermediate Layer asphalt concrete mixture (AC-BC) of the two compositions. Almost all Marshall properties meet the Directorate General of Highways specifications in 2018 Revision 3, except for Flow with a particle size of 19 mm, which does not meet the specified flow range of 2 – 4 mm, and Marshall Stability for Aggregate Residue with a particle size of 19 mm, which does not meet the specified minimum of 90%. Meanwhile, the Optimum Asphalt Content (OAC) values for Aggregate with a particle size of 25 mm are 5.11%, and for Aggregate with a particle size of 19 mm, it is 5.18%.

Keywords: The Hot Mix Asphalt-Aggregate Mixture, Intermediate Layer AC-BC Aggregate Granules 25 mm and 19 mm.

1. PENDAHULUAN

Pada lapis konstruksi jalan yang dikenal dan sudah umum digunakan dimasa sekarang adalah lapisan perkerasan aspal beton dengan campuran beraspal panas. Pekerjaan ini mencakup pengadaan lapisan padat yang awet.

Campuran panas aspal-agregat pada konstruksi jalan aspal beton umumnya terdiri dari 3 lapis, yakni: lapis pondasi, lapis antara

dan lapis permukaan yang di letakkan di atas lapir berbutir, salah satu lapisan aspal beton adalah Lapis Antara yang berupa campuran beraspal panas yang terdiri dari agregat, bahan aspal, dan *filler* yang dicampur secara panas dipusat instalasi pencampuran, serta hasil pencampuran dihampar dan dipadatkan campuran tersebut diatas Lapis Pondasi Agregat. Dimana campuran beraspal panas dirancang sesuai ketentuan Spesifikasi Umum

untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Direktorat Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 3) untuk menjamin bahwa asumsi rancangan yang berkenaan dengan Kadar Aspal, Rongga Udara, Stabilitas, Kelenturan dan Keawetan sesuai dengan lalulintas rencana [1].

Pada perancangannya sifat-sifat agregat seperti ketahanan, gradasi agregat, dan kebersihan agregat sangat menentukan mutu dari lapis beton aspal itu sendiri sehingga sifat karakteristik aspal beton seperti stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahan terhadap geser, tahan terhadap kelelahan, kedap air dan mudah dilaksanakan akan terpenuhi sesuai ketentuan yang berwenang. Sejauh ini pemilihan komposisi agregat masih bersifat kondisional. Sebagai contoh, jika kendaraan berat, maka sifat stabilitas lebih diutamakan [2].

Dalam spesifikasi dan berbagai literatur pekerjaan beraspal panas diuraikan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi sifat-sifat campuran beraspal panas Laston AC-BC adalah pemilihan komposisi agregat dalam tingkatan gradasi campuran beraspal panas Laston AC-BC yang disyaratkan harus terpenuhi, maka dipandang perlu adanya penelitian dengan judul “Perbandingan Karakteristik Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Laston Lapis Antara Yang Menggunakan Fraksi Kasar Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm Dan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm”, yang mengacu pada Spesifikasi Umum untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 3).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Bagaimana hasil uji Marshall dari dua macam komposisi campuran beraspal panas jenis Laston AC-BC dengan ukuran agregat maksimum 25 mm dan ukuran agregat maksimum 19 mm dan Berapa Kadar Aspal Optimum (KAO) dari dua macam komposisi campuran beraspal panas jenis Laston AC-BC dengan ukuran agregat maksimum 25 mm, dan ukuran agregat maksimum 19 mm.

2. METODE

Pada penelitian ini, sampel material diambil dari dari sungai Pariti Kecamatan Sulamu Kabupaten Kupang berupa hasil produksi unit pemecah batu (*stone crusher*) milik PT. Cahaya Berlian Jaya Abadi berupa: Fraksi agregat kasar (batu pecah 1”), Fraksi agregat kasar (batu pecah 3/4”), Fraksi agregat

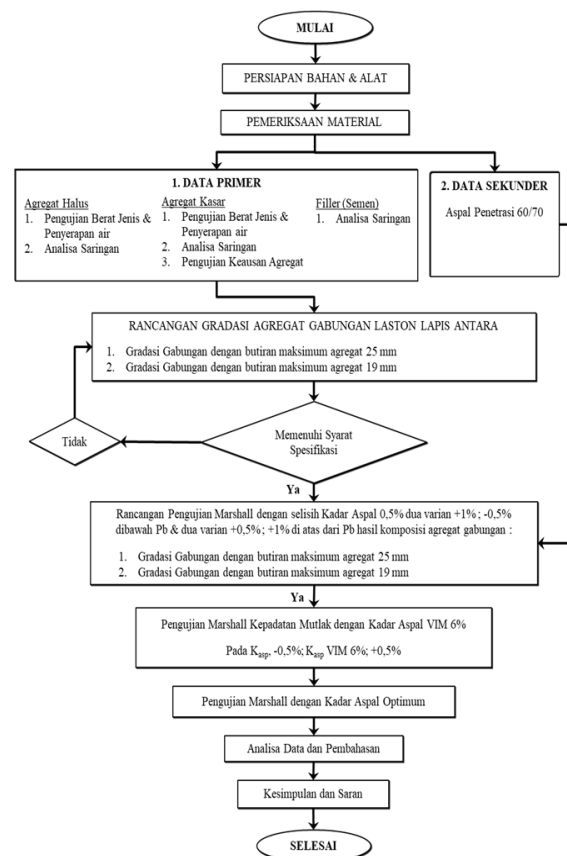
sedang (batu pecah 1/2”), Fraksi agregat halus (abu batu), dan Fraksi agregat halus (pasir). Metode pengambilan sampel agregat mengacu pada SNI 03-6889-2002 [3]. Pengambilan jenis sampel dilakukan secara acak dari bagian bawah, bagian tengah dan bagian atas setiap tumpukan agregat pada tempat penampungan (*stockpile*), agar tiap ukuran butiran didalam keseluruhan material yang ada ditempat penampungan terwakili didalam sampel yang telah diambil sebagai contoh uji (*systematic random sampling*). Selanjutnya, sampel-sampel tersebut dibawa ke Laboratorium untuk dilakukan pengujian.

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada Laboratorium yang diisyaratkan sebagaimana parameter pengujian milik PT. Cahaya Berlian Jaya Abadi.

B. Prosedur Penelitian

Untuk mempermudah dan mempercepat pelaksanaan penelitian, telah disusun sebuah bagan alir metode penelitian. Gambar 1 menunjukkan tahapan prosedur yang akan dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

C. Prosedur Pemeriksaan Agregat dan Aspal

Prosedur ini mengacu pada serangkaian langkah yang harus diikuti dalam melakukan pengujian kualitas agregat dan aspal yang akan digunakan. Langkah-langkah tersebut meliputi analisis saringan (SNI 03-1968-1990) [4], pengukuran berat jenis dan penyerapan air (SNI 03-1969-1990) [5], [6], uji keausan agregat/abrasi (SNI 03-2417-1991) [7]. Untuk pemeriksaan bahan pengikat (Aspal Penetrasi 60/70), akan digunakan data sekunder yang sudah tersedia.

D. Pengolahan dan Analisa Data

Analisis dan pengolahan data melibatkan penilaian terhadap karakteristik Laston Lapis Antara meliputi Void in the Mix (VIM), Void in Mineral Agregat (VMA), Void Filled with Asphalt (VFA), Berat Volume, Stability, Flow, Marshall Quotient (MQ), Rasio Partikel lolos saringan no # 200 dan kadar aspal efektif. Perhitungan parameter *Marshall* dilakukan untuk masing-masing rancangan gradasi agregat gabungan meliputi Komposisi agregat gabungan campuran beraspal panas jenis Laston Lapis Antara dengan butiran maksimum agregat berukuran 25 mm, dan Komposisi agregat gabungan campuran beraspal panas jenis Laston Lapis Antara dengan butiran maksimum agregat berukuran 19 mm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Material

Hasil pengujian material berupa pengujian analisa saringan, berat jenis dan penyerapan agregat terhadap air, dan Uji keausan agregat/abrasi dengan menggunakan Mesin Los Angeles, dapat dilihat seperti di bawah ini :

1. Pengujian Analisis Saringan dan Berat Jenis Serta Penyerapan Air Agregat Kasar

Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran 1", 3/4" dan 1/2" atau agregat yang tertahan saringan No.4 yang berasal dari *stock pile* Pariti.

Tabel 1. Pengujian Analisa Saringan Batu Pecah 1"

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN (SNI ASTM C136 : 2012)								
CONTOH UJI :		BATU PECAH 1"		Berat Benda Uji I	=	4.646,0	Gram	
				Berat Benda Uji II	=	4.623,3	Gram	
Saringan	Jumlah Berat Tertahan (gram)			Prosen Tertahan (%)		Prosen Lolos (%)		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	Rata-Rata
1"	25,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0
3/4"	19,0	3.526,5	3.378,5	75,90	73,08	24,10	26,92	25,51
1/2"	12,5	4.537,6	4.548,0	97,67	98,37	2,33	1,63	1,98
3/8"	9,5	4.616,7	4.602,3	99,37	99,55	0,63	0,45	0,54
No.4	4,75							

Tabel 2. Pengujian Analisa Saringan Batu Pecah 3/4 "

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN (SNI ASTM C136 : 2012)								
CONTOH UJI :		BATU PECAH 3/4"		Berat Benda Uji I	=	2.805,4	Gram	
				Berat Benda Uji II	=	3.081,6	Gram	
Saringan	Jumlah Berat Tertahan (gram)			Prosen Tertahan (%)		Prosen Lolos (%)		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	Rata-Rata
1"	25,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0
3/4"	19,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,5	2.044,6	2.301,6	72,88	74,69	27,12	25,31	26,22
3/8"	9,50	2.735,5	2.993,6	97,51	97,14	2,49	2,86	2,67
No. 4	4,75	2.791,7	3.060,2	99,51	99,31	0,49	0,69	0,59
No. 8	2,36							

Tabel 3. Pengujian Analisa Saringan Batu Pecah 1/2 "

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN (SNI ASTM C136 : 2012)								
CONTOH UJI :		BATU PECAH 1/2"		Berat Benda Uji I	=	3.847,0	Gram	
				Berat Benda Uji II	=	2.616,0	Gram	
Saringan	Jumlah Berat Tertahan (gram)			Prosen Tertahan (%)		Prosen Lolos (%)		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	Rata-Rata
1"	25,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0
3/4"	19,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,5	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0
3/8"	9,50	429,1	306,7	11,15	11,72	88,85	88,28	88,56
No. 4	4,75	3.629,8	2.505,6	94,35	95,78	5,65	4,22	4,93
No. 8	2,36	3.789,2	2.580,2	98,50	98,63	1,50	1,37	1,44
No. 16	1,18							

Tabel 4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Batu Pecah 1"

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR (SNI 03 - 1969 - 2008)					
Contoh Uji : Batu Pecah 1"					
No.	URAIAN	I	II	SATUAN	
1	Berat benda uji kering oven (Bk)	4.602,4	4.604,5	Gram	
2	Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	4.666,4	4.664,5	Gram	
3	Berat benda uji didalam air (Ba)	2.902,3	2.905,6	Gram	
PERHITUNGAN		I	II	Rata-Rata	Spesifikasi
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity) = $\frac{Bk}{Bj - Ba}$		2,609	2,618	2,613	-
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry) = $\frac{Bj}{Bj - Ba}$		2,645	2,652	2,649	-
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity) = $\frac{Bk}{Bk - Ba}$		2,707	2,710	2,709	-
Penyerapan Air (%) = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$		1,391	1,303	1,347	Max. 3

Tabel 5. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Batu Pecah 3/4”

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR (SNI 03 - 1969 - 2008)					
Contoh Uji : Batu Pecah 3/4"					
No.	U R A I A N	I	II	SATUAN	
1	Berat benda uji kering oven (Bk)	2.785,4	3.052,4	Gram	
2	Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	2.826,9	3.092,6	Gram	
3	Berat benda uji didalam air (Ba)	1.761,0	1.926,2	Gram	
PERHITUNGAN					
		I	II	Rata-Rata	Spesifikasi
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$= \frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,613	2,617	2,615	-
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry)	$= \frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,652	2,651	2,652	-
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	$= \frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,719	2,710	2,715	-
Penyerapan Air (%)	$= \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	1,490	1,317	1,403	Max. 3

Tabel 6. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Batu Pecah 1/2”

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR (SNI 03 - 1969 - 2008)					
Contoh Uji : Batu Pecah 1/2"					
No.	U R A I A N	I	II	SATUAN	
1	Berat benda uji kering oven (Bk)	2.546,3	3.688,3	Gram	
2	Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	2.583,2	3.748,9	Gram	
3	Berat benda uji didalam air (Ba)	1.612,4	2.338,2	Gram	
PERHITUNGAN					
		I	II	Rata-Rata	Spesifikasi
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$= \frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,623	2,615	2,619	-
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry)	$= \frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,661	2,657	2,659	-
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	$= \frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,727	2,732	2,729	-
Penyerapan Air (%)	$= \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	1,449	1,643	1,546	Max. 3

2. Pengujian Keausan Dengan Mesin Los Angeles

Pengujian ini dilakukan pada material batu pecah yang lolos saringan ukuran 3/4”, tertahan 1/2” dan tertahan saringan 3/8”. Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan Hasil pengujian Keausan Agregat seperti yang diperlihatkan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (Abrasi)

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS ANGELES (SNI 03 - 2417 - 2008)							
Contoh Uji Batu Pecah							
SARINGAN				GRADASI PEMERIKSAAN			
LOLOS		TERTAHAN		CARA A	CARA B		CARA C
ASTM	mm	ASTM	mm		Contoh 1	Contoh 2	
3"	76,2	2 1/2"	63,5				
2 1/2"	63,5	2"	50,8				
2"	50,8	1 1/2"	36,1				
1 1/2"	36,1	1"	25,4				
1"	25,4	3/4"	19,1				
3/4"	19,1	1/2"	12,7		2.500,0	2.500,0	
1/2"	12,7	3/8"	9,52		2.500,0	2.500,0	
3/8"	9,52	1/4"	6,35				
1/4"	6,35	No. 4	4,75				
No. 4	4,75	No. 8	2,36				
Jumlah Berat (a)					5.000,0	5.000,0	
Berat Tertahan No.12 sesudah Percobaan (b)					3.891,0	3.884,0	
Keausan = (a - b) / a x 100					22,18	22,32	
KEAUSAN RATA - RATA (%)					22,25		

3. Pengujian Bahan Lolos Saringan No.200

Pengujian ini dilakukan pada material batu pecah dan pasir. Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk menentukan banyaknya bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jernih. Hasil pengujian tersebut dapat di lihat pada Tabel 8, Tabel 9 dan Tabel 10 berikut ini.

Tabel 8. Pengujian Bahan Lolos Saringan No. 200 Batu Pecah 1”

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200 (SNI 03 - 4142 - 1996)					
Contoh Uji Batu Pecah 1"					
U R A I A N	I	II	RATA-RATA	SATUAN	
Berat benda uji semula (W1)	4.646,0	4.623,3		Gram	
Berat benda uji setelah dicuci (W2)	4.629,3	4.612,7		Gram	
Bahan Lolos Saringan 200 = $\frac{(W1 - W2)}{(W1)} \times 100$	0,36	0,23	0,29	%	

Tabel 9. Pengujian Bahan Lolos Saringan No. 200 Batu Pecah 3/4”

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200 (SNI 03 - 4142 - 1996)					
Contoh Uji Batu Pecah 3/4"					
U R A I A N	I	II	RATA-RATA	SATUAN	
Berat benda uji semula (W1)	2.805,4	3.081,6		Gram	
Berat benda uji setelah dicuci (W2)	2.797,7	3.074,5		Gram	
Bahan Lolos Saringan 200 = $\frac{(W1 - W2)}{(W1)} \times 100$	0,27	0,23	0,25	%	

Tabel 10. Pengujian Bahan Lolos Saringan No. 200 Batu Pecah 1/2"

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200 (SNI 03 - 4142 - 1996)				
Contoh Uji Batu Pecah 1/2"				
U R A I A N	I	II	RATA-RATA	SATUAN
Berat benda uji semula (W1)	3.847,0	2.616,0		Gram
Berat benda uji setelah dicuci (W2)	3.826,5	2.603,2		Gram
Bahan Lolos Saringan 200 = $\frac{(W1 - W2)}{(W1)} \times 100$	0,53	0,49	0,51	%

4. Pengujian Analisis Saringan dan Berat Jenis Serta Penyerapan Air Agregat Halus

Agregat yang dipakai dalam pengujian ini adalah abu batu dan pasir alam yang lolos saringan No.4 yang berasal dari *stock pile* Pariti. Hasil pengujian analisa saringan dan berat jenis serta penyerapan air agregat halus.

Tabel 11. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Abu Batu

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN (SNI ASTM C136 : 2012)									
CONTOH UJI :		ABU BATU		Berat Benda Uji I = 3.437,6 Gram		Berat Benda Uji II = 3.390,3 Gram			
Saringan		Jumlah Berat Tertahan (gram)		Prosen Tertahan (%)		Prosen Lolos (%)		Rata-Rata	
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II		
3/8"	9,50	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 4	4,75	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 8	2,36	644,2	629,6	18,74	18,57	81,26	81,43	81,34	
No. 16	1,18	1.738,8	1.785,5	50,58	52,66	49,42	47,34	48,38	
No. 30	0,60	2.382,4	2.402,5	69,30	70,86	30,70	29,14	29,92	
No. 50	0,30	2.678,2	2.683,8	77,91	79,16	22,09	20,84	21,46	
No. 100	0,150	2.898,9	2.870,0	84,33	84,65	15,67	15,35	15,51	
No. 200	0,075	3.036,2	3.049,1	88,32	89,94	11,68	10,06	10,87	

Tabel 12. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Pasir Alam

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN (SNI ASTM C136 : 2012)									
CONTOH UJI :		PASIR ALAM		Berat Benda Uji I = 2.301,2 Gram		Berat Benda Uji II = 2.345,8 Gram			
Saringan		Jumlah Berat Tertahan (gram)		Prosen Tertahan (%)		Prosen Lolos (%)		Rata-Rata	
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II		
1"	25,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
3/4"	19,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
1/2"	12,5	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
3/8"	9,50	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 4	4,75	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 8	2,36	6,1	8,5	0,27	0,36	99,73	99,64	99,69	
No. 16	1,18	54,3	56,5	2,36	2,41	97,64	97,59	97,62	
No. 30	0,60	344,3	334,4	14,96	14,26	85,04	85,74	85,39	
No. 50	0,30	1.388,9	1.249,1	60,36	53,25	39,64	46,75	43,20	
No. 100	0,150	2.184,4	2.177,9	94,92	92,84	5,08	7,16	6,12	
No. 200	0,075	2.203,9	2.299,3	95,77	98,02	4,23	1,98	3,11	

Tabel 13. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Abu Batu

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS (SNI 03 - 1970 - 2008)					
Contoh Uji : Abu Batu					
No.	U R A I A N	I	II	SATUAN	
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (Bj)	505,1	524,2	Gram	
2	Berat benda uji kering oven (Bk)	498,8	516,2	Gram	
3	Berat Piko-meter + air (25°C) (Ba)	3.187,2	3.187,8	Gram	
4	Berat Piko-meter + air (25°C) + benda uji (SSD) (Bt)	3.499,9	3.498,9	Gram	
P E R H I T U N G A N		I	II	Rata-Rata	Spesifikasi
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity) = $\frac{Bk}{Ba + Bj - Bt}$		2,593	2,619	2,606	-
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry) = $\frac{Bj}{Ba + Bj - Bt}$		2,625	2,660	2,642	-
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity) = $\frac{Bk}{Ba + Bk - Bt}$		2,680	2,730	2,705	-
Penyerapan Air = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$		1,263	1,550	1,406	Max. 3

Tabel 14. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir Alam

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS (SNI 03 - 1970 - 2008)					
Contoh Uji : Pasir Alam					
No.	U R A I A N	I	II	SATUAN	
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (Bj)	501,0	502,6	Gram	
2	Berat benda uji kering oven (Bk)	495,3	496,9	Gram	
3	Berat Piko-meter + air (25°C) (Ba)	1.582,5	1.187,7	Gram	
4	Berat Piko-meter + air (25°C) + benda uji (SSD) (Bt)	1.891,2	3.497,2	Gram	
P E R H I T U N G A N		I	II	Rata-Rata	Spesifikasi
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity) = $\frac{Bk}{Ba + Bj - Bt}$		2,576	2,573	2,574	-
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry) = $\frac{Bj}{Ba + Bj - Bt}$		2,605	2,603	2,604	-
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity) = $\frac{Bk}{Ba + Bk - Bt}$		2,654	2,652	2,653	-
Penyerapan Air (%) = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$		1,151	1,147	1,149	Max. 3

5. Pengujian Bahan Lolos Saringan No.200

Pengujian ini dilakukan pada material batu pecah dan pasir. Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk menentukan banyaknya bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jernih, hasil pengujian bahan lolos saringan 200 dari pasir dapat di lihat pada **Tabel 15** berikut ini.

Tabel 15. Hasil Pengujian Bahan Lolos Saringan nomor 200 Material Pasir Alam

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200 (SNI 03 - 4142 - 1996)				
Contoh Uji Pasir Alam				
U R A I A N	I	II	RATA-RATA	SATUAN
Berat benda uji semula (W1)	2.301,2	2.345,8		Gram
Berat benda uji setelah dicuci (W2)	2.283,4	2.326,1		Gram
Bahan Lolos Saringan 200 = $\frac{(W1 - W2)}{(W1)} \times 100$	0,77	0,84	0,81	%

6. Pengujian Filler / Bahan Pengisi

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase butiran bahan pengisi

tambahan (*Filler*). Pengisi Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat nonplastis dan mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (0,075) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya sebagaimana disyaratkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 3.

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan bahan pengisi tambahan (*filler*) adalah semen Kupang. Hasil pengujian analisa saringan *filler* dapat dilihat pada Tabel 16 berikut ini:

Tabel 16. Hasil Pengujian Analisa Saringan *Filler* / Bahan Pengisi

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN (SNI ASTM C136 : 2012)									
CONTOH UJI :		FILLER (SEMEN)		Berat Benda Uji I =		547,8		Gram	
				Berat Benda Uji II =		577,2		Gram	
Saringan		Jumlah Berat Tertahan (gram)		Prosen Tertahan (%)		Prosen Lokos (%)			
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	Rata-Rata	
1"	25,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
3/4"	19,0	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
1/2"	12,5	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
3/8"	9,50	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 4	4,75	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 8	2,36	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 16	1,18	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 30	0,60	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	
No. 50	0,30	-	-	-	-	100,00	100,00	100,00	
No. 100	0,150	6,6	6,4	1,20	1,11	98,80	98,89	98,84	
No. 200	0,075	24,3	23,7	4,44	4,11	95,56	95,89	95,73	

7. Data Aspal Penetrasi 60/70

Sebagai salah satu bahan utama yang digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal, sifat-sifat Aspal yang digunakan menjadi penting untuk diketahui. Dalam tahapam pengumpulan data dan pengujian-pengujian sifat-sifat material untuk campuran beraspal, data dari sifat-sifat Aspal tidak dilakukan pengujian tersendiri dan menjadi Data Sekunder pada penelitian yang dikumpulakn dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh dinas terkait dalam hal ini laboratorium pengujian Balai Pelaksana Jalan Nasional NTT yaitu aspal produksi pertamina dengan penetrasi 60/70. Data aspal dapat dilihat pada Tabel 17 berikut ini :

Tabel 17. Data Sekunder Aspal Penetrasi 60/70

HASIL PENGUJIAN ASPAL KERAS					
Contoh Uji : Aspal Penetrasi 60/70 Ex. Pertamina					
NO	JENIS PENGUJIAN	HASIL	SPESIFIKASI		STANDAR PENGUJIAN
			Min	Max	
1	Penetrasi Pada 25 °C, 100 Gram, 5 Detik, 0,1 mm	66,30	60	79	SNI 06 - 2456 - 1991
2	Titik Lembek °C	57,50	48	58	SNI 06 - 2434 - 1991
3	Titik Nyala °C	-	200	-	SNI 06 - 2433 - 1991
4	Daktilitas Pada Suhu 25°C, 5 cm per Menit	> 140	100	-	SNI 06 - 2432 - 1991
5	Berat Jenis	1,030	1,000	-	SNI 06 - 2441 - 1991
6	Kelarutan Dalam Tricholor Ethylen % Berat	-	99	-	SNI 06 - 2438 - 1991
7	Penurunan Berat (dengan TFOT) % Berat	0,104	0,800	-	SNI 06 - 2440 - 1991
8	Penetrasi Setelah TFOT, % Asli	62,20	54	-	SNI 06 - 2456 - 1991
9	Titik Lembek Setelah TFOT °C	60,95	-	-	SNI 06 - 2434 - 1991
10	Daktilitas Setelah Penurunan Berat % Asli	> 140	50	-	SNI 06 - 2432 - 1991
11	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal %	> 95	95%	-	SNI 03 - 2439 - 1991

B. Rancangan Proporsi Agregat Gabungan

Untuk membuat komposisi agregat gabungan maka diperlukan data hasil gradasi dari fraksi kasar (*Coarse Aggregate/CA*), atau fraksi agregat kasar yang tertahan saringan No.8, fraksi halus (*Fine Aggregate/FA*) atau fraksi yang lolos saringan No.8 tetapi tertahan saringan No. 200, dan bahan pengisi (*Fine Filler/FF*) atau bahan pengisi lolos saringan No. 200. Komposisi agregat gabungan dibuat untuk menentukan besarnya persentase dari masing-masing fraksi sehingga hasil persentase tersebut dapat diperoleh perkiraan kadar aspal (Pb).

1. Komposisi Agregat Gabungan Campuran Beraspal Panas Jenis Laston Lapis Antara Dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm

Perhitungan persentase agregat gabungan dan penggambaran kurva hubungannya dapat dilihat pada Tabel 18 dan Gambar 2 berikut.

Tabel 18. Hasil Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm

KOMPOSISI AGREGAT GABUNGAN DENGAN BUTIRAN MAKSIMUM AGREGAT BERUKURAN 25 MM															
SARINGAN	AGREGAT KASAR						AGREGAT HALUS				Filler (Semen)		HASIL	SPESIFIKASI UMUM 2018 REVISI 3. (Tabel 6.3.2.3)	
	Batu Pecah 1"		Batu Pecah 3/4"		Batu Pecah 1/2"		Abu Batu	Pasir		100%	1,0%	100%			
	100%	10,0%	100%	17,0%	100%	20,0%		100%	42,0%						100%
ASTM (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
1"	25,0	100	10,0	100	17	100	20,0	100	42,0	100	10,0	100	1,0	100,0	100
3/4"	19,0	25,51	2,55	100	17	100	20,0	100	42,0	100	10,0	100	1,0	92,55	90 - 100
1/2"	12,5	1,98	0,20	26,22	4,46	100	20,0	100	42,0	100	10,0	100	1,0	77,65	75 - 90
3/8"	9,50	0,54	0,05	2,67	0,45	88,56	17,71	100	42,0	100	10,00	100	1,0	71,22	66 - 82
No. 4	4,75	-	-	0,59	0,10	4,93	0,99	100	42,0	100	10,00	100	1,0	54,09	46 - 64
No. 8	2,36	-	-	-	-	1,44	0,29	81,34	34,16	99,69	9,97	100	1,0	45,42	30 - 49
No. 16	1,18	-	-	-	-	-	-	48,38	20,32	97,62	9,76	100	1,0	31,08	18 - 38
No. 30	0,60	-	-	-	-	-	-	29,92	12,56	85,39	8,54	100	1,0	22,10	12 - 28
No. 50	0,30	-	-	-	-	-	-	21,46	9,02	43,20	4,32	98,84	0,99	14,32	7 - 20
No. 100	0,15	-	-	-	-	-	-	15,51	6,51	6,12	0,61	98,12	0,98	8,11	5 - 13
No. 200	0,075	-	-	-	-	-	-	10,87	4,57	3,11	0,31	95,73	0,96	5,83	4 - 8

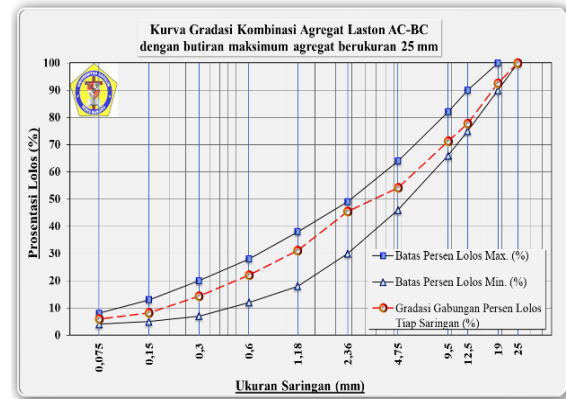
Perhitungan Komposisi Campuran dari tabel komposisi agregat gabungan dilakukan dengan cara coba-coba yaitu :

$$M = (B \times A) + (D \times C) + (F \times E) + (H \times G) + (J \times I) + (L \times K)$$

Keterangan :

- M = Hasil Persen Lolos Gradasi Gabungan
A;C;E;G;I;K = Persen lolos rata-rata masing-masing fraksi agregat;
D;F;H;J;L = Proporsi coba-coba atau "Trial And Error" tiap fraksi
J = Proporsi Pasir (Max.15 % dari total campuran)
L = Proporsi Filler (Max. 2% dari total campuran)

Hasil perhitungan komposisi campuran dari tabel komposisi agregat gabungan dengan ukuran agregat maksimum 25 mm digambarkan dalam kurva gradasi pada **Gambar 2** berikut.



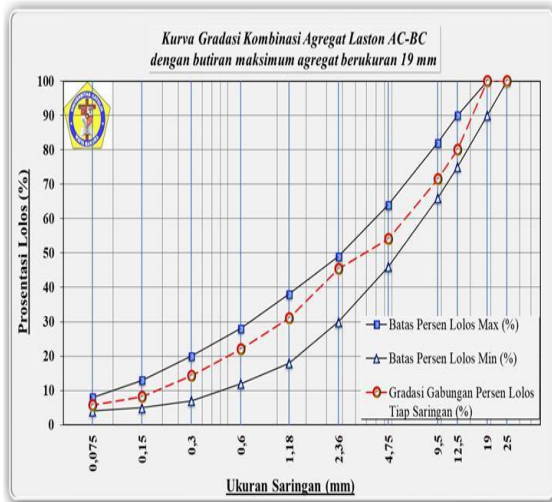
Gambar 2. Kurva Gradasi Kombinasi Agregat Laston AC-BC dengan butiran maksimum agregat berukuran 25 mm

2. Komposisi Agregat Gabungan Campuran Beraspal Panas Jenis Laston Lapis Antara Dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm.

Perhitungan persentase agregat gabungan dan penggambaran kurva hubungannya dapat dilihat pada Tabel 19 dan Gambar 3 berikut.

Tabel 19. Hasil Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm

KOMPOSISI AGREGAT GABUNGAN DENGAN BUTIRAN MAKSIMUM AGREGAT BERUKURAN 19 MM															
SARINGAN	AGREGAT KASAR						AGREGAT HALUS				Filler (Semen)		HASIL	SPESIFIKASI UMUM 2018 REVISI 3. (Tabel 6.3.2.3)	
	Batu Pecah 1"		Batu Pecah 3/4"		Batu Pecah 1/2"		Abu Batu	Pasir		100%	1,0%	100%			
	100%	0,0%	100%	27,0%	100%	20,0%		100%	42,0%						100%
ASTM (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
1"	25,0	100	-	100	27	100	20,0	100	42,0	100	10,0	100	1,0	100,0	100
3/4"	19,0	25,5	-	100	27	100	20,0	100	42,0	100	10,0	100	1,0	100,0	90 - 100
1/2"	12,5	1,98	-	26,2	7,1	100	20,0	100	42,0	100	10,0	100	1,0	80,08	75 - 90
3/8"	9,50	0,54	-	2,67	0,72	88,6	17,7	100	42,0	100	10,00	100	1,0	71,43	66 - 82
No. 4	4,75	-	-	0,59	0,16	4,93	0,99	100	42,0	100	10,00	100	1,0	54,15	46 - 64
No. 8	2,36	-	-	-	-	1,44	0,29	81,34	34,16	99,69	9,97	100	1,0	45,42	30 - 49
No. 16	1,18	-	-	-	-	-	-	48,38	20,32	97,6	9,76	100	1,0	31,08	18 - 38
No. 30	0,60	-	-	-	-	-	-	29,92	12,56	85,39	8,54	100	1,0	22,10	12 - 28
No. 50	0,30	-	-	-	-	-	-	21,46	9,02	43,20	4,32	98,84	0,99	14,32	7 - 20
No. 100	0,15	-	-	-	-	-	-	15,51	6,51	6,12	0,61	98,12	0,98	8,11	5 - 13
No. 200	0,075	-	-	-	-	-	-	10,87	4,57	3,11	0,31	95,73	0,96	5,83	4 - 8



Gambar 3. Kurva Gradasi Kombinasi Agregat Laston AC-BC dengan butiran maksimum agregat berukuran 19 mm

Untuk perhitungan kadar aspal rencana dipergunakan rumus berikut:

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

$$P_b = 0,035 (54,58\%) + 0,045(39,59\%) + 0,18 (5,24) + 0,5 = 5,24 \%$$

Rangkuman hasil perhitungan berat dari masing-masing fraksi agregat dalam campuran beraspal pada kadar aspal perkiraan (P_b) = 5,24% dapat dilihat pada Tabel 20 dan Tabel 21 berikut.

Tabel 20. Benda Uji *Marshall* dengan Kadar Aspal P_b dari Komposisi Gradasi Agregat Gabungan dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm

Komponen Dalam Campuran Beraspal Panas	Agregat Maksimum 25 mm		
	Komposisi (%)	Komposisi - P_b (%)	Berat (gr)
Batu Pecah 1"	10,0	9,48	113,7
Batu Pecah 3/4"	17,0	16,11	193,3
Batu Pecah 1/2"	20,0	18,95	227,4
Abu Batu Stone Crucher	42,0	39,80	477,6
Pasir Alam	10,0	9,48	113,7
Filler (Semen)	1,0	0,95	11,4
Total	100,0	100,0	1200,0

Tabel 21. Hasil Perhitungan Formula Campuran Benda Uji Marshall Komposisi Gradasi Agregat Gabungan dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm

RANCANGAN CAMPURAN BERASPAL						
BUTIRAN MAKSIMUM AGREGAT BERUKURAN 25MM						
KOMPONEN DALAM CAMPURAN BERASPAL	KOMPOSISI AGREGAT (%)	VARIASI KADAR ASPAL DALAM CAMPURAN (%)				
		4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Batu Pecah 1"	10,0	9,55	9,50	9,45	9,40	9,35
Batu Pecah 3/4"	17,0	16,24	16,15	16,07	15,98	15,90
Batu Pecah 1/2"	20,0	19,10	19,00	18,90	18,80	18,70
Abu Batu Stone Crucher	42,0	40,11	39,90	39,69	39,48	39,27
Pasir Alam	10,0	9,55	9,50	9,45	9,40	9,35
Filler (Semen)	1,0	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94
Total Campuran (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

KOMPONEN DALAM CAMPURAN BERASPAL	SATUAN	BERAT ASPAL DALAM CAMPURAN (gram)				
		54,0	60,0	66,0	72,0	78,0
Batu Pecah 1"	Gram	114,6	114,0	113,4	112,8	112,2
Batu Pecah 3/4"	Gram	194,8	193,8	192,8	191,8	190,7
Batu Pecah 1/2"	Gram	229,2	228,0	226,8	225,6	224,4
Abu Batu Stone Crucher	Gram	481,3	478,8	476,3	473,8	471,2
Pasir Alam	Gram	114,6	114,0	113,4	112,8	112,2
Filler (Semen)	Gram	11,5	11,4	11,3	11,3	11,2
Berat Total Rencana Campuran	Gram	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

Rangkuman hasil perhitungan berat dari masing-masing fraksi agregat dalam campuran beraspal pada kadar aspal perkiraan (P_b) = 5,24% dapat dilihat pada Tabel 22 dan Tabel 23 berikut.

Tabel 22. Benda Uji *Marshall* dengan Kadar Aspal P_b dari Komposisi Gradasi Agregat Gabungan dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm

Komponen Dalam Campuran Beraspal Panas	Agregat Maksimum 19 mm		
	Komposisi (%)	Komposisi - P_b (%)	Berat (gr)
Batu Pecah 1"	0,0	0	0,0
Batu Pecah 3/4"	27,0	25,58	307,0
Batu Pecah 1/2"	20,0	18,95	227,4
Abu Batu Stone Crucher	42,0	39,80	477,6
Pasir Alam	10,0	9,48	113,7
Filler (Semen)	1,0	0,95	11,4
Total	100,0	100,0	1200,0

Tabel 23. Hasil Perhitungan Formula Campuran Benda Uji *Marshall* Komposisi Gradasi Agregat Gabungan dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm

RANCANGAN CAMPURAN BERASPAL						
BUTIRAN MAKSIMUM AGREGAT BERUKURAN 19 MM						
KOMPONEN DALAM CAMPURAN BERASPAL	KOMPOSISI AGREGAT (%)	VARIASI KADAR ASPAL DALAM CAMPURAN (%)				
		4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Batu Pecah 1"	0,0	-	-	-	-	-
Batu Pecah 3/4"	27,0	25,79	25,65	25,52	25,38	25,25
Batu Pecah 1/2"	20,0	19,10	19,00	18,90	18,80	18,70
Abu Batu Stone Crucher	42,0	40,11	39,90	39,69	39,48	39,27
Pasir Alam	10,0	9,55	9,50	9,45	9,40	9,35
Filler (Semen)	1,0	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94
TOTAL CAMPURAN (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
KOMPONEN DALAM CAMPURAN BERASPAL	SATUAN	BERAT ASPAL DALAM CAMPURAN (gram)				
		54,0	60,0	66,0	72,0	78,0
Batu Pecah 1"	Gram	-	-	-	-	-
Batu Pecah 3/4"	Gram	309,4	307,8	306,2	304,6	302,9
Batu Pecah 1/2"	Gram	229,2	228,0	226,8	225,6	224,4
Abu Batu Stone Crucher	Gram	481,3	478,8	476,3	473,8	471,2
Pasir Alam	Gram	114,6	114,0	113,4	112,8	112,2
Filler (Semen)	Gram	11,5	11,4	11,3	11,3	11,2
Berat Total Rencana Campuran	Gram	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

C. Pembahasan

1. Komposisi Campuran Beraspal Dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm

Jumlah contoh campuran yang disiapkan adalah 2 buah contoh campuran beraspal. Berat masing-masing fraksi dalam 1 buah campuran contoh uji adalah :

Kadar Aspal	= 62,9 gram
Batu pecah 1"	= 113,7 gram
Batu Pecah 3/4"	= 193,3 gram
Batu Pecah 1/2"	= 227,4 gram
Abu Batu	= 477,6 gram
Pasir	= 113,7 gram
Semen	= 11,4 gram

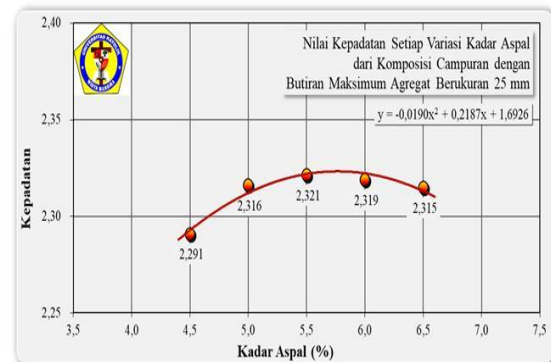
2. Komposisi Campuran Beraspal Dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm

Berat masing-masing fraksi dalam campuran adalah :

Kadar Aspal	= 62,9 gram
Batu Pecah 3/4"	= 307,0 gram
Batu Pecah 1/2"	= 227,4 gram
Abu Batu	= 477,6 gram
Pasir	= 113,7 gram
Semen	= 11,4 gram

3. Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan (*Density*)

Kepadatan adalah tingkat kerapatan campuran beraspal setelah dipadatkan. Kepadatan adalah berat campuran pada setiap satuan volume atau perbandingan antara massa terhadap volume.



Gambar 4. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan (*Density*) dengan butiran maksimum agregat berukuran 25 mm



Gambar 5. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan (*Density*) dengan butiran maksimum agregat berukuran 19 mm

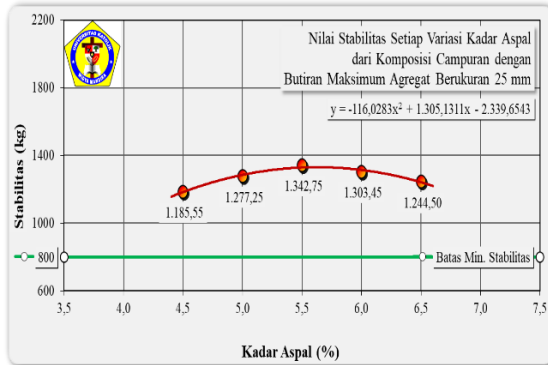
4. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Pengujian stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban. Nilai Stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh pembacaan pada arloji pembacaan (*dial*) yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram.

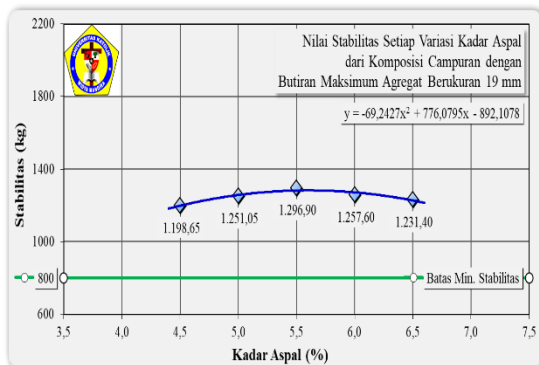
Stabilitas akan meningkat seiring bertambahnya kadar aspal dan setelah mencapai nilai yang maksimum, stabilitas berangsur menurun disaat kadar aspal yang makin tinggi.

Pengujian stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban.

Nilai Stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh pembacaan pada arloji pembacaan (*dial*) yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram.



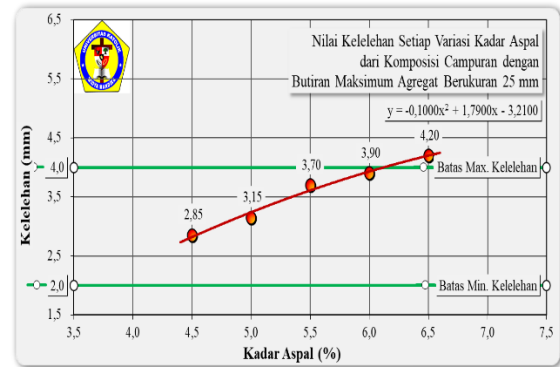
Gambar 6. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas untuk butiran maksimum agregat berukuran 25 mm



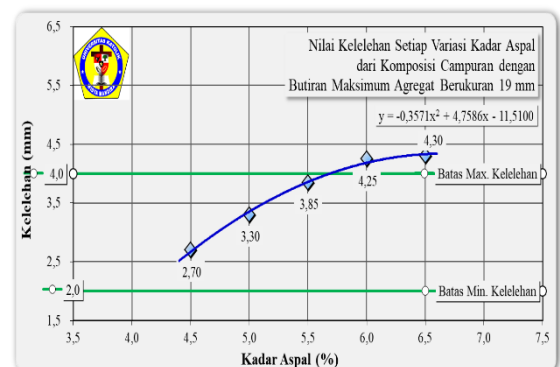
Gambar 7. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas untuk butiran maksimum agregat berukuran 19 mm

5. Hubungan Kadar Aspal dengan Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan plastis adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan hingga durabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada benda ujisampai batas keruntuhan akibat beban yang diterimanya. Kelelahan plastis atau *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.



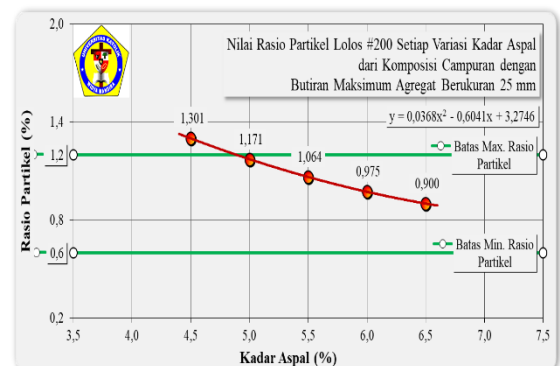
Gambar 8. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan kelelahan (*Flow*) untuk butiran maksimum agregat berukuran 25 mm



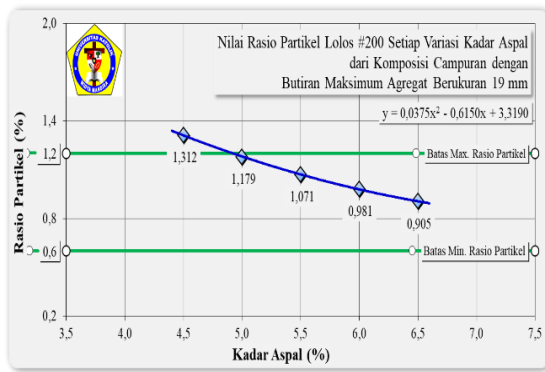
Gambar 9. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan kelelahan (*Flow*) untuk butiran maksimum agregat berukuran 19 mm

6. Hubungan Kadar Aspal dengan Rasio Antar Partikel Lolos Saringan No. # 200 dengan Kadar Aspal Efektif

Rasio Partikel lolos saringan no # 200 dengan kadar aspal efektif adalah jumlah bahan pengisi (*filler*) yang diperlukan, ketika ditambahkan pada jumlah kadar aspal yang tetap.



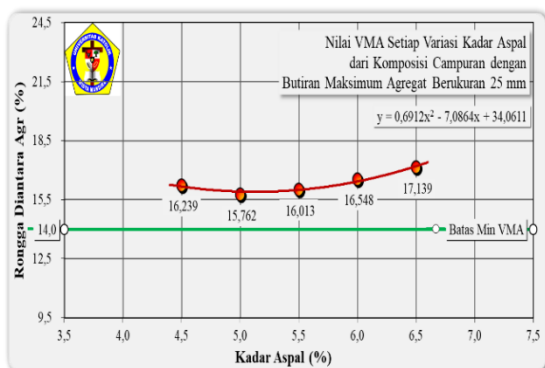
Gambar 10. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan Rasio Antar Partikel Lolos Saringan No. # 200 untuk butiran maksimum agregat berukuran 25 mm



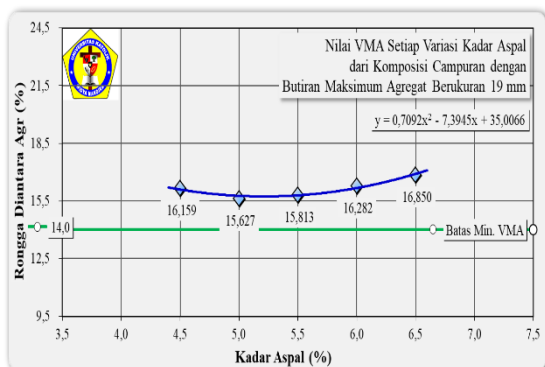
Gambar 11. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan Rasio Antar Partikel Lolos Saringan No. # 200 untuk butiran maksimum agregat berukuran 19 mm

7. Hubungan Kadar Aspal dengan Volume Rongga Diantara Butir Agregat (Void in the Mineral Agregat/VMA)

Volume Rongga Diantara Butir Agregat (Void in the Mineral Agregat/VMA) adalah rongga udara diantara partikel pada campuran padat termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase terhadap volume bila campuran padat.



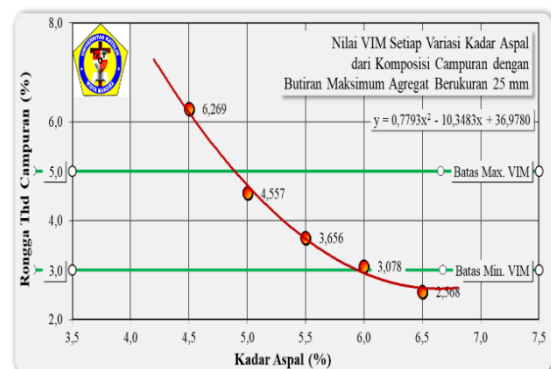
Gambar 12. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan VMA untuk butiran maksimum agregat berukuran 25 mm



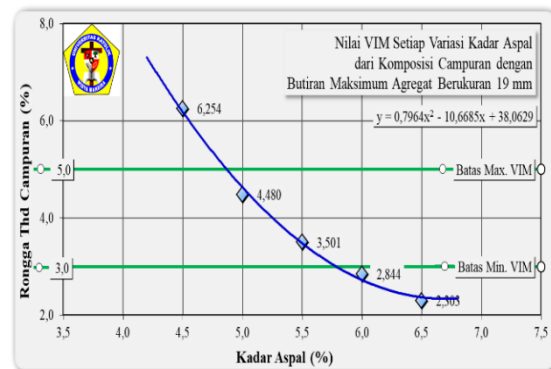
Gambar 13. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan VMA untuk butiran maksimum agregat berukuran 19 mm

8. Hubungan Kadar Aspal dengan Volume Rongga Dalam Campuran Padat (Void In Mixture / VIM)

Volume Rongga Dalam Campuran Padat (Void In Mixture / VIM) adalah volume rongga yang ada didalam campuran aspal yang telah dipadatkan yang dinyatakan dalam persentasi terhadap volume campuran padat.



Gambar 14. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan VIM untuk butiran maksimum agregat berukuran 25 mm

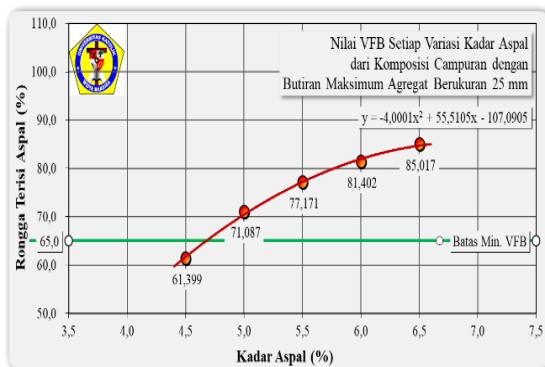


Gambar 15. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan VIM untuk butiran maksimum agregat berukuran 19 mm

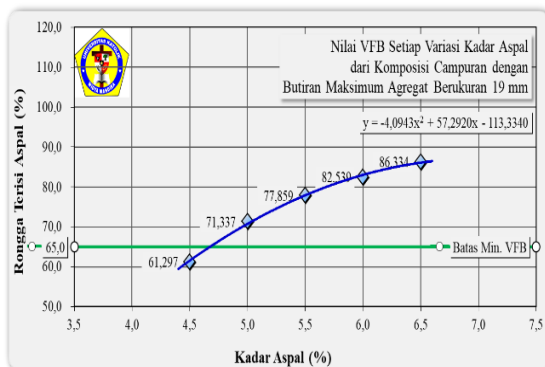
9. Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga Dalam Campuran Padat Yang Terisi Oleh Aspal (Volume of void Filled with Asphalt / VFA)

Volume Rongga Dalam Campuran Padat Yang Terisi Oleh Aspal (Volume of void Filled with Asphalt / VFA) merupakan volume rongga antar agregat campuran padat (VMA) ada yang terisi aspal dan sisanya sebagai VIM. Volume yang terisi aspal dari VMA dinamakan VFA.

Jadi VFA adalah bagian dari VMA yang terisi aspal. Dan dinyatakan dalam persentasi rongga VMA yang terisi aspal.



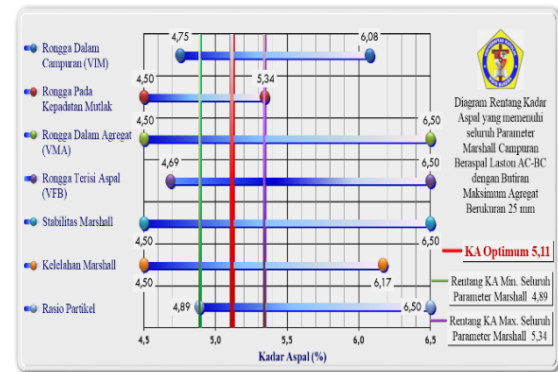
Gambar 16. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan VFB untuk butiran maksimum agregat berukuran 25 mm



Gambar 17. Kurva Hubungan Kadar Aspal dengan VFB untuk butiran maksimum agregat berukuran 19 mm

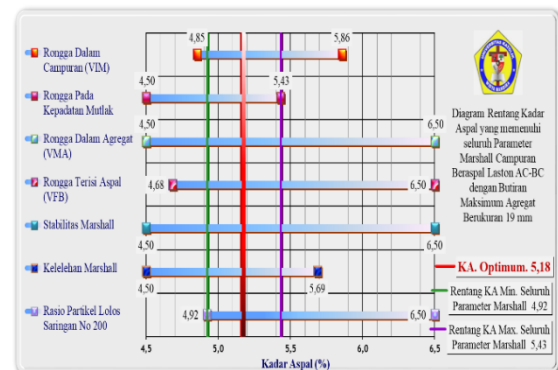
10. Kadar Aspal Optimum dari Komposisi Gradasi Agregat Gabungan dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm

Dari Gambar 18, campuran beraspal panas jenis Lapis Aspal Beton - Lapis Antara dengan komposisi agregat gabungan yang menggunakan butiran maksimum agregat berukuran 25 mm dicapai Kadar Aspal Optimum sebesar 5,11 % dengan rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh parameter marshall adalah kadar aspal 4,89% sampai dengan 5,34% sebagai rentang terbaik yang dapat digunakan pada komposisi tersebut.



Gambar 18. Diagram Batang Parameter Marshall

Pada diagram batang dari Gambar 19, campuran beraspal panas jenis Lapis Aspal Beton Lapis Antara dengan komposisi agregat gabungan yang menggunakan butiran maksimum agregat berukuran 19 mm dicapai Kadar Aspal Optimum sebesar 5,18 % dengan rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh parameter Marshall adalah kadar aspal 4,92% sampai dengan 5,43% sebagai rentang terbaik yang dapat digunakan pada komposisi tersebut.



Gambar 19. Diagram Batang Parameter Marshall

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium tentang perbandingan karakteristik marshall pada campuran beraspal panas jenis laston lapis antara dari komposisi agregat gabungan yang menggunakan fraksi kasar butiran maksimum agregat berukuran 25 mm dan fraksi kasar butiran maksimum agregat berukuran 19 mm, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan karakteristik marshall dari hasil pengujian marshall untuk campuran beraspal laston lapis antara (AC-BC) dari kedua komposisi campuran dengan masing-masing

komposisi campuran diuraikan bahwa hampir seluruh sifat *marshall* memenuhi spesifikasi bina marga tahun 2018 revisi 3, kecuali:

- a. **Kelelehan (*Flow*)** pada komposisi dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm diperoleh nilai = 3,667 mm. Sedangkan komposisi dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm lebih cepat mengalami *deformasi plastis* dengan nilai = 4,367 mm dan tidak memenuhi rentang kelelehan yang disyaratkan pada spesifikasi = 2 – 4 mm.
- b. **Stabilitas *Marshall* Sisa** pada komposisi dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm memenuhi syarat spesifikasi dengan nilai Stabilitas *Marshall* Sisa = 96,091%. Sedangkan komposisi dengan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm, benda uji lebih cepat runtuh setelah direndam selama 24 jam dengan nilai Stabilitas *Marshall* Sisa = 86,851% yang tidak memenuhi syarat spesifikasi = Min 90%.

Sedangkan untuk nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dari dua macam komposisi campuran beraspal panas jenis Laston AC-BC dengan ukuran agregat maksimum 25 mm, dan ukuran agregat maksimum 19 mm diperoleh :

- a. Kadar aspal optimum yang di hasilkan pada Komposisi Agregat Gabungan Yang Menggunakan Fraksi Kasar Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm adalah 5,11 %.
- b. Kadar aspal optimum yang di hasilkan pada Komposisi Agregat Gabungan Yang Menggunakan Fraksi Kasar Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm adalah 5,18 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (Revisi 3). Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat
- [2] Sukirman, Silvia. 2016. Beton Aspal Campuran Panas. Grafika Yuana Marga:Bandung
- [3] D. ASTM, “75 (SNI 03-6889-2002),” Tata cara Pengambilan Contoh Uji Agregat.
- [4] D. P. Umum, “Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar SNI 03-1968-1990,” Jakarta: Badan Pekerjaan Umum, 1990.
- [5] D. P. Umum and B. K. al SPM, “Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.” Sni, 1970.
- [6] P. Umum and B. K. al SPM, “Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.” SNI, 1969.
- [7] B. S. Nasional, “Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angles,” SNI 03-2417-1991. Jakarta: BSN, 1991.