



STUDI KADAR ASPAL, KEPADATAN DAN TEBAL LAPISAN LASTON AC-BC HASIL COREDRILL PADA RUAS JALAN KSPN BOROBUDUR

Oleh : Nurokhman¹ , Suryanto¹ , Akhmad Rizki Tsany²
e-mail : Nurokhman.jogja@gmail.com, suryantonandan@gmail.com,
ndroart666@gmail.com

Abstrak: Pelaksanaan rehabilitasi Ruas jalan KSPN Borobudur sebagai akses utama destinasi wisata Candi Borobudur dan sekitarnya menjadikan jalan ini sangat vital yang harus dimonitoring aspek kualitas dan target ketepatan waktu. Pada pekerjaan mayor rehabilitasi Jalan KSPN Borobudur, konstruksi jalan dengan lapis perkerasan aspal beton AC-BC telah ditetapkan spesifikasi yang harus dilakukan. Studi bertujuan mengetahui kualitas setiap tahapan pekerjaan aspal beton di laboratorium dan lapangan dan menganalisis hasil pengujian pekerjaan lapisan perkerasan aspal beton sesuai dengan standar spesifikasi teknis Bina Marga.

Dari hasil penelitian pekerjaan mayor terdapat pengaruh kadar aspal beton AC-BC campuran 5,70% terhadap property Marshall seperti penyerapan aspal 0,79 % < 1,2 %, rongga dalam campuran (VMM) Marshall 4,4 % (batasan 3-5 %), rongga dalam mineral Agg (VMA) Marshall 15,6 % > 14% , rongga terisi aspal (VFB) Marshall 72,0% > 65% , stabilitas Marshall 920 kg > 800 kg, kepadatan 2,342 ton/m² dan quantient Marshall 310 kg > 250 kg/mm. Pengaruh pemadatan dengan passing 2-12 dengan kepadatan rata-rata 98,17%, untuk passing 2-14 kepadatannya 98,47% dan untuk passing 2-16 kepadatannya 98,60% yang semuanya dalam syarat kepadatan menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 adalah 98% sehingga hasil kepadatan lapangan tersebut memenuhi syarat. Untuk nilai berat jenis laboratorium didapat dari Job Mix Formula (JMF) dengan cara yang sama. Dari pengujian lapangan core drill ketebalan Laston AC-BC rata-rata 6,6 cm minimum 5,8 cm memenuhi syarat batas minimum 5,6 cm.

Kata kunci: AC-BC, kadar aspal, kepadatan, tebal laston.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Salah satu rehabilitasi Ruas Jalan Kawasan Strategi Pariwisata Nasional (KSPN) Borobudur dengan nilai kontrak 52,444 miliar yang terdiri dari 9 ruas jalan yaitu Ruas Jalan Salaman-Borobudur, dari STA 0+000 sampai 1+550. Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi aspek kualitas menjadi target selain ketepatan waktu dan biaya. Pengendalian mutu sangat penting agar dalam setiap tahap pekerjaan dapat dimonitor sehingga konstruksi yang dihasilkan sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Pada pekerjaan mayor rehabilitasi Jalan KSPN Borobudur, konstruksi jalan dengan lapis perkerasan aspal beton AC-BC dan lapisan aus AC-WC telah diuraikan dalam Surat Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 16.1/Se/DB/2020 tentang Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (Revisi 2). Pada Divisi 6 Pekerjaan Aspal telah ditetapkan besarnya spesifikasi yang harus dilakukan dan terkait pembayarannya. Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah apakah pelaksanaan pekerjaan lapis perkerasan jalan aspal beton telah dilakukan sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan. Kemudian apakah mutu lapis aspal beton AC-BC dan AC-WC pada setiap tahapan sudah sesuai standar yang ditetapkan.

1) adalah staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

2) adalah mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian evaluasi hasil pengujian aspal beton pada ruas jalan KSPN Boroudur ini adalah :

- 1) Mengetahui parameter pengendalian kualitas pekerjaan lapis aspal beton di laboratorium dan lapangan .
- 2) Menganalisis hasil pengujian pekerjaan lapisan perkerasan aspal beton, hubungan kadar aspal, kepadatan dan ketebalan hasil core drill di lapangan sesuai Standar Spesifikasi Teknis Bina Marga.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Jalan

Berdasarkan UU RI No 38 Tahun 2004 jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Sedang berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38 mendefisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

2.2. Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal beton, adalah suatu lapisan pada konstruksi jala raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan filer yang bergradasi baik yang dicampur dengan penetration grade aspal. Kekuatan yang di dapat terutama berasal dari sifat mengunci (interlocking) agregat dan juga sedikit dari mortar pasir, filer, dan aspal. Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) sebagai lapis pengikat lapis pondasi Asphalt Concrete-Base (AC-BASE) dan lapis permukaan (lapis aus) Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2). Secara umum sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Ketentuan sifat-sifat campuran lapis aspal beton

Sifat-sifat Campuran		LASTON					
		Lapis Aus		Lapis Antar		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar Aspal Efektif (%)	Min.	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam agregat (%)	Min.	15		14		13	
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas marshall (kg)	Min.	800				1800	
Pelelehan (mm)	Min.	3,0				4,5	
Marshall quotient (kg/mm)	Min.	250				300	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 Tabel 6.3.3.(lc)

2.2.1. Campuran Aspal Panas (*Asphalt Hot Mix*)

Campuran aspal panas, adalah suatu pencampuran agregat bergradasi rapat yang berisi agregat kasar, halus, dan filer kemudian ditambahkan aspal sebagai bahan pengikat. Dalam pembuatan aspal panas, terlebih dahulu agregat dan aspal yang digunakan dipanaskan. Fungsi dari pemanasan ini adalah menghilangkan kadar air agregat. Aspal dalam kondisi dingin memiliki sifat fisik yang relatif kaku, sehingga untuk mencairkan perlu dipanaskan terlebih dahulu pada suhu tertentu barulah dicampurkan dengan agregat. Kemampuan campuran beraspal dalam memperoleh daya dukung ditentukan dari friksi dan kohesi bahan-bahan yang digunakan dalam campuran beraspal tersebut. Friksi agregat diperoleh dari gaya gesek antar butiran dan gradasi serta kekuatan agregat itu sendiri. Sedangkan untuk kohesi diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh agregat dan aspal yang digunakan (Bina Marga, 2018).

1) Aspal

Aspal, adalah suatu unsur minyak bumi paling kasar yang merupakan residu dari minyak mentah. Residu minyak bumi ini memiliki komponen yang bervariasi mulai dari 1 persen hingga 58 persen berat (Colbert, 1984). Aspal keras (*Asphalt Cement*), adalah merupakan aspal hasil desitilasi yang bersifat *viskoelastis* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan akan mengeras pada saat penyimpanan. Aspal keras/panas adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas untuk pembuatan *Asphalt concrete*. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi, dan daerah cuaca beriklim panas.

Tabel 2. Spesifikasi aspal keras penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik, 0.1 mm	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4	Daktilitas pada 25°C	SNI 06-2432-1991	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6	Kelarutan dalam <i>Toluene</i> , %	ASTM D 5546	≥ 99
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
8	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Tabel 6.3.2.5

2) Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentase atau 75-85% agregat berdasarkan presentase volume. Berikut sifat-sifat agregat yang menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu: kekuatan dan keawetan (*strength and durability*), kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan dan kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dar

lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan.

Tabel 3. Spesifikasi agregat kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≤ 10 cm)		Dot's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90 ¹
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)			80/75 ¹
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan aspal

b. Agregat Halus

Agregat halus, adalah material yang lolos dari saringan no.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan no.200 (0,075 mm). fungsi dari agregat halus adalah: (a) Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar, (b) Semakin kasar tekstru permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekerasan permukaan, (c) Agregat halus pada #8 sampai #30 penting dalam memberikan kekerasan yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal, (d) Agregat halus pada #30 sampai #200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran lebih awet.

Tabel 4. Spesifikasi agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material lolos ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar lempung	SNI 3423:2008	Maks. 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≤ 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)		Min. 40

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Tabel 6.3.2.(2a)

c. Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi, berfungsi sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga emperkaku lapisan aspal. Bahan yang sering digunakan sebagai filler adalah fly ash, abu sekam, debu batu kapur, dan semen Portland. Filler yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maks 1%).

2.3. Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S. Corps Engineer. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin pengujian) berkapasitas 22.2 KN (=5000 lbf) dan flowmeter untuk mengukur keelhan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

2.4. Derajat Kepadatan Asphalt Concrete

Konstruksi perkerasan jalan yang dipadatkan diatas lapisan tanah pada suatu jalur jalan menggunakan lapisan pengikat yang umumnya digunakan lapisan aspal semen, sehingga badan jalan akan terlindung dari kerusakan terutama yang disebabkan oleh air dan beban lalu lintas dimana konstruksi perkerasan jalan akan memperkuat daya dukung tanah dasar yang melemah akibat air. Selain itu lapisan-lapisan pada konstruksi perkerasan jalan juga akan membantu lapisan tanah dasar sehingga beban yang diterima lapisan tanah dasar tidak terlalu besar. (Silvia Sukirman, 1992).

Kepadatan semua jenis campuran beraspal yang telah dipadatkan, seperti yang ditentukan dalam SNI 03-6757-2002, tidak boleh kurang dari 97 % Kepadatan Standar Kerja (Job Standard Density) yang tertera dalam JMF untuk Laston (HRS) dan 98 % untuk semua campuran beraspal lainnya. Benda uji inti untuk pengujian kepadatan harus sama dengan benda uji untuk pengukuran tebal lapisan. Cara pengambilan benda uji campuran beraspal dan pemadatan benda uji di laboratorium masing-masing harus sesuai dengan ASTM D6927-06 untuk ukuran butir maksimum 25 mm atau ASTM D5581-07a untuk ukuran maksimum 50 mm. Berdasarkan lapisan-lapisan tersebut untuk syarat kepadatan Syarat kepadatan menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 adalah 98%.

2.5. Pengujian Tebal Lapisan dan Toleransi

Pengujian tebal lapisan perkerasan di lapangan dilakukan dengan core drill. Untuk tebal AC-Base yaitu 7,5 cm dengan toleransi 0,5 cm, tebal AC-BC yaitu 6 cm dengan toleransi antara 2 cm. Toleransi pada AC-BC lebih banyak karena terdapat pekerjaan AC-BC Levelling. Tebal setiap lapisan perkerasan diambil inti (core) paling sedikit dua titik pengujian per penampang melintang per lajur dengan jarak memanjang antar penampang melintang tidak lebih dari 100 m. Toleransi tebal untuk Laston Lapis Antara (AC-BC) tidak lebih dari $\pm 4,0$ mm. Kuantitas untuk pengukuran meliputi segmen dengan tebal rata-rata dari semua benda uji inti (baik lebih maupun kurang tebal yang ditunjukkan dalam gambar) tebal kurang dari toleransi yang ditunjukkan pada Spesifikasi Bina marga Revisi 2 Tahun 2018 Pasal 6.4.1.4), maka kekurangan tebal harus diperbaiki

3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah Paket Proyek Rehabilitasi Jalan KSPN Borobudur Kabupaten Magelang dengan dana Multi Years Contract APBN Murni Tahun Anggaran 2020 dan 2021 dengan lokasi Kecamatan Borobudur. Data primer diambil berdasarkan hasil survey ke lokasi kegiatan. Data sekunder diambil dari rekanan konsultan berupa dokumen proyek seperti hasil pengujian, RKS dan gambar pelaksanaan, dan data sekunder dari referensi peraturan dan jurnal ilmiah sebelumnya. Data yang diperlukan dalam evaluasi ini adalah



Perencanaan gambar (strip map jalan), Data Trial Job Mix Design (JMD), Dokumentasi foto pekerjaan, Pembiayaan pekerjaan, dan data pengujian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Ketahanan agregat

Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles bertujuan untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Hasilnya dapat digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan bahan perkerasan jalan. Metode pengujian berdasarkan SNI 2417-2008. Agregat dari ex Clereng Kulonprogo sebanyak 5000 gram untuk 2 sampel. Cara ujinya adalah masukkan benda uji yang telah disiapkan ke dalam mesin abrasi, putar mesin kecepatan 30 rpm sampai 33 rpm dengan jumlah putaran untuk masing-masing gradasi berbeda, keluarkan benda uji kemudian saring, butiran yang tertahan dicuci dan dikeringkan dalam oven sampai berat tetap. Sampel 1: Keausan sampel 1 = $(W_a - W_b) / W_a \times 100\% = 18,68 \%$; Sampel 2: Keausan sampel 2 = $(W_a - W_b) / W_a \times 100\% = 20,12 \%$. Keausan rata-rata 19,40 %.

4.2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Hasil agregat batu pecah 0,5 maks 3/8" ex. Clereng dengan hasil pengujian di Laboratorium Balai Pengujian dan Peralatan Jawa Tengah, Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Cipta Karya, sebagai berikut:

Tabel 5. Berat jenis agregat batu pecah ex. Clereng

Uraian	A	B
Berat Contoh Uji Kering Oven (Bk)	2232	2105
Berat Contoh Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) (Bj)	2298	2167
Berat Contoh Uji di Dalam Air (Ba)	1430	1348

	A	B	Rata rata	Suhu	Koreksi	Terkoreksi
Berat Jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B_j - B_a)}$	2,57	2,57	2,57	28	0,9991	2,57
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) $\frac{B_j}{(B_j - B_a)}$	2,65	2,65	2,65	28	0,9991	2,64
Berat Jenis Semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B_k - B_a)}$	2,78	2,78	2,78	28	0,9991	2,78
Penyerapan (Absorbtion) $\frac{(B_j - B_k) \times 100\%}{B_k}$	2,96	2,95	2,95	28	0,9991	2,95

Hasil pengujian agregat batu pecah 1-1 maks 1/2" ex. Clereng kondisi berat jenis (bulk) 2,64, berat jenis permukaan jenuh (SSD) 2,68, berat jenis semu (apparent) 2,75 dan penyerapan agregat (absorbtion) 1,60. Agregat batu pecah 1-2 maks 3/4" ex. Clereng kondisi berat jenis (bulk) 2,57, berat jenis permukaan jenuh (SSD) 2,61, berat jenis semu (apparent) 2,68 dan penyerapan agregat (absorbtion) 1,70. Hasil saringan agregat untuk batu pecah 0,5 maks 3/8" sebagai berikut:

Tabel 6. Gradasi Agregat

Ukuran Saringan		Berat Tertahan Masing ² Saringan	Kumulatif			Keterangan
			Berat Tertahan	Prosen Tertahan	Prosen Lolos	
mm	Inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
25,4	1"	0,00	0,00	0,00	100,00	
19,1	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	
12,7	1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	
9,5	3/8"	87,00	87,00	5,33	94,67	
4,76	No.4	1238,81	1325,81	81,29	18,71	
2,38	No.8	100,54	1426,35	87,46	12,54	
1,19	No.16	52,67	1479,02	90,69	9,31	
0,59	No.30	34,84	1513,86	92,83	7,17	
0,279	No.50	38,83	1552,69	95,21	4,79	
0,149	No.100	26,92	1579,61	96,86	3,14	
0,074	No.200	21,91	1601,52	98,20	1,80	
Pan		29,35				
BERAT CONTOH =		1630,87	gram			

4.3. Job Mix Formula dan Job Mix Design

Sebelum dilakukan penghamparan kontraktor akan membuat trial campuran aspal beton melalui Job Mix Formula untuk mengetahui komposisi campuran di Laboratorium. Hasil pengujian digunakan untuk membuat campuran dengan penghamparan pada lokasi trial mix aspal beton di lokasi untuk panjang sekitar 50 m sebagai uji coba. Hasil pengujian Job Mix Formula (JMF) campuran aspal Asphalt Cement Wearing Course (AC-BC) dengan batu pecah $\frac{3}{4}$ " – $\frac{1}{2}$ " dan $\frac{3}{8}$ " serta abu batu eks Clereng sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Job Mix Design AC-BC

URAIAN PEMERIKSAAN	HASIL	SPESIFIKASI
I. KOMPOSISI CAMPURAN ASPAL		
Kadar Aspal Rancangan	5,700 %	-
Batu Pecah 1-2 maks. 3/4"	9,430 %	-
Batu Pecah 1-1 maks. 1/2"	23,575 %	-
Batu Pecah 0,5 maks. 3/8"	18,860 %	-
Abu Batu	42,435 %	-
	100,000 %	
II. KOMPOSISI CAMP. AGREGAT		
Batu Pecah 1-2 maks. 3/4"	10,00 %	-
Batu Pecah 1-1 maks. 1/2"	25,00 %	-
Batu Pecah 0,5 maks. 3/8"	20,00 %	-
Abu Batu	45,00 %	-
	100,00 %	
III. SIFAT CAMPURAN ASPAL		
Kadar Aspal Total Campuran	5,70 %	- %
Penyerapan Aspal Total Campuran	0,79 %	Maks. 1,2 %
Rongga Dalam Campuran (VIM) Marshall	4,4 %	3 - 5 %
Rongga Dalam Mineral Agg. (VMA) Marshall	15,6 %	Min. 14 %
Rongga Terisi Aspal (VFB) Marshall	72,0 %	Min. 65 %
Stabilitas Marshall	920 kg	Min. 800 kg
Kepadatan	2,343 ton/m ³	- ton/m ³
Kelelehan (Flow)	3,10 mm	2 - 4 mm
Hasil Bagi Marshall (Quotient Marshall)	310 kg/mm	Min. 250 kg/mm

4.4. Pengujian Marshall

Hasil pengujian campuran aspal dengan Marshall sesuai dengan SNI 06-2489-1991 yang dilakukan di Laboratorium Balai Pengembangan Jasa Konstruksi DPUPESD DIY untuk rancangan campuran aspal AC-BC sebagai berikut:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| • Stabilitas | = 1728 kg > 800 kg |
| • Flow/Kelelahan | = 3,92 mm > 2,00-3,00 mm |
| • Marshall Quontiont | = 445,5 kg/mm > 250 kg/mm |
| • Rongga terhadap campuran (VIM) | = 4,70 % > 3-5% |
| • Rongga terisi aspal (VFB) | = 69,7 % > 65 % |
| • Berat Jenis Campuran | = 2,298 gr/ml |
| • Rongga dalam Agregat (VMA) | = 15,52 % > 15% |
| • Kadar Aspal Effektif | = 4,86% > 4,3% |
| • Kadar Aspal optimim | = 5,69 % |

Secara umum hasil pengukuran analisa butir dengan SNI ASTM C136.2012, Kombinasi campuran agregat, pengukuran berat jenis agregat menurut SNI 1969.2016 dan pengujian campuran aspal dengan Marshall menurut SNI 06-2489-1991 telah memenuhi syarat untuk pekerjaan .

Hasil pengujian campuran AC-BC dengan Marshall menunjukkan sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam persyaratan campuran AC-BC. Secara umum hasil pengukuran analisa butir dengan SNI ASTM C136.2012, Kombinasi campuran agregat, pengukuran berat jenis agregat menurut SNI 1969.2016 dan pengujian campuran aspal dengan Marshall menurut SNI 06-2489-1991 telah memenuhi syarat untuk campuran AC-BC pada pekerjaan.

4.5. Pengujian Core Drill

Salah satu pengujian AC-Base dilapangan dilakukan dengan Core drill untuk pengujian kepadatan lapangan dengan memotong permukaan perkerasan. Selain untuk menguji kepadatan lapangan, core drill dilakukan untuk mengetahui tebal perkerasan. Untuk tebal AC-BC yaitu 6 cm dengan toleransi antara 0,4 cm. Sampel core drill tersebut di laboratorium kemudian ditimbang dalam keadaan kering, dalam air, lalu ditimbang dalam keadaan saturated surface dry (SSD) lalu kemudian dapat diketahui volume sampel, berat jenis, dan kepadatan.

4.5.1. Ketebalan Laston Lapis Antara AC-BC

Dari hasil core drill pada Ruas Jalan Salaman-Borobudur untuk lapis antara AC-BC STA 0+000 sampai dengan 1+525 menunjukkan tebal rata-rata 6,6 cm, tebal minimum 5,8 cm dan maksimum 7,3 cm yang telah memenuhi syarat batas tebal AC-BC yaitu 6,0 cm dengan toleransi 0,4 cm sejumlah 86 titik. Persyaratan AC-BC tebal minimum 5,6 cm sebagai syarat pembayaran 100% sedangkan tebal yang lebih dari 6,0 cm dan kelebihanannya tidak dibayar. Pada table berikut disajikan hasil core drill Ruas Jalan Salaman-Borobudur STA 0+545 s/d 1+340 Ki.

Tabel 8. Tebal Laston AC-BC

No	Ukuran Tebal (cm)			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
1	7,0	7,3	7,2	7,2
2	6,4	6,3	6,2	6,3
3	6,8	7,0	6,7	6,8
4	5,9	6,0	6,1	6,0
5	7,0	7,0	7,0	7,0
6	6,4	6,5	6,4	6,4
7	7,0	7,1	7,0	7,0
8	6,0	6,0	6,0	6,0
9	7,3	7,1	7,3	7,2
10	5,9	6,2	6,1	6,1
11	5,7	5,8	5,9	5,8
12	6,3	6,0	6,1	6,1
13	7,1	7,2	7,2	7,2
14	6,8	6,9	6,8	6,8
15	7,3	7,1	7,4	7,3
16	6,0	6,2	6,1	6,1
Rata-rata				6,6

4.5.2. Berat Jenis Lapisan Aspal Beton

Berat jenis laston dilakukan pada saat pencampuran di laboratorium melalui pengujian Marshall dan pengujian dari core drill. Dari hasil pengujian Marshall di laboratorium untuk campuran laston AC-BC Ruas Jalan Salaman-Borobudur berat jenis (density) 2,282-2,297 dan hasil pengujian sample 1 core drill di lapangan berat (bulk) 2,240 gr/cm³ sedangkan berat jenis pengujian Marshall 2,284. Pada pengambilan sampel di Ruas Jalan Slaman-Borobudur STA 0+545 sampai dengan 1+340 sisi kiri seperti pada tabel.

Tabel 9. Density AC-BC Ruas Jalan Salaman-Borobudur

No.	Ukuran Tebal (cm)				Berat (gr)			Isi Benda uji	Bulk Density (gr/cm ³)
					Di Udara	Dalam Air	Kering Permukaan		
	1	2	3	Rata-rata	Density = 2,284				
1	7,0	7,3	7,2	7,2	1207,12	676,33	1215,12	538,79	2,240
2	6,4	6,3	6,2	6,3	1025,39	573,86	1029,24	455,38	2,252
3	6,8	7,0	6,7	6,8	1225,14	682,46	1229,85	547,39	2,238
4	5,9	6,0	6,1	6,0	941,33	529,21	946,50	417,29	2,256
5	7,0	7,0	7,0	7,0	1190,75	669,20	1196,71	527,51	2,257
6	6,4	6,5	6,4	6,4	1063,93	597,34	1068,32	470,98	2,259
7	7,0	7,1	7,0	7,0	1205,10	670,98	1208,42	537,44	2,242
8	6,0	6,0	6,0	6,0	976,56	552,10	982,64	430,54	2,268
9	7,3	7,1	7,3	7,2	1196,24	667,76	1199,87	532,11	2,248
10	5,9	6,2	6,1	6,1	987,41	554,21	992,32	438,11	2,254
11	5,7	5,8	5,9	5,8	822,90	465,77	829,78	364,01	2,261
12	6,3	6,0	6,1	6,1	1014,32	569,65	1019,66	450,21	2,253
13	7,1	7,2	7,2	7,2	1210,69	676,10	1214,16	538,06	2,250
14	6,8	6,9	6,8	6,8	1230,08	688,65	1235,16	546,51	2,251
15	7,3	7,1	7,4	7,3	1274,03	709,49	1277,03	567,54	2,245
16	6,0	6,2	6,1	6,1	1180,68	661,65	1185,79	524,14	2,253

Perhitungan berat jenis lapangan, $B_j = 2,240$ gr/cm³. Berat jenis laboratorium dengan Marshall = 2,284 gr/cm³. Dari hasil pengujian Marshall di laboratorium untuk campuran laston AC-BC Ruas Jalan Blondo-Mendut pengujian sample core drill di lapangan berat jenis sampel 1 diperoleh bulk density 2,53 gr/cm³ sedangkan hasil pengujian Marshall density 2,293. Perhitungan berat jenis lapangan = 2,253 gr/cm³ sedangkan berat jenis laboratorium dengan Marshall = 2,293 gr/cm³.

4.5.3. Kepadatan Lapisan Aspal Beton

Dari hasil pengukuran kepadatan aspal beton yang diukur dengan membandingkan density lapangan yang diperoleh dari core drill dengan density laboratorium yang diperoleh dari pengujian Marshall. Lapisan Antara AC-BC dengan core drill pada Ruas Jalan Salaman-Borobudur menunjukkan density Marshall 2,284 sedangkan density pada perhitungan sampel 1 core drill 2,240 gram/cm³, sehingga diperoleh kepadatannya = 98,11%. Untuk sampel lain sebagaimana perhitungan di atas dapat dilihat pada Tabel di bawah ini yang menunjukkan laston lapis antara AC-BC kepadatan rata-rata 98,60% seperti pada gambar di bawah ini yang sudah memenuhi syarat lebih dari 98,00%.

Untuk sampel lain sebagaimana perhitungan di atas dapat dilihat pada Tabel di bawah ini yang menunjukkan laston lapis antara AC-BC kepadatan rata-rata 98,62% yang sudah memenuhi syarat lebih dari 98,00%. Berdasarkan Trial Mix untuk passing 2-12 dengan kepadatan rata-rata 98,17%, untuk passing 2-14 kepadatannya 98,47% dan untuk passing 2-16 kepadatannya 98,60% yang semuanya dalam syarat kepadatan menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 adalah 98% sehingga hasil kepadatan lapangan tersebut memenuhi syarat. Untuk nilai berat jenis laboratorium didapat dari Job Mix Formula (JMF) dengan cara yang sama.

4.5.4. Kadar Aspal Laston

Pada perhitungan sampel 1 core drill Laston AC-BC di Ruas Jalan Salaman-Borobudur setelah diproses ekstraksi kadar aspal rata-rata 5,60%. Perhitungan kadar aspal diperoleh dengan berat aspal dibagi berat sebelumnya. Untuk perhitungan pada titik lain hasil core drill diukur dan hasil rekapitulasi semua kadar aspal seperti terlihat di gambar bawah.

Tabel 10. Perhitungan Kadar Aspal Laston AC-BC

Kadar Aspal				I	II	Rata-rata	JMF
1	Berat Sampel	(sebelum ext.)	A	(gr)	954,0	1000,0	
2	Berat Kertas Filter	(sebelum ext.)	B	(gr)	16,5	15,8	
3	Berat Kertas Filter	(setelah ext.)	C	(gr)	26,8	24,7	
4	Berat sampel Agregat	(setelah ext.)	D	(gr)	890,1	935,2	
	Berat Sampel + Kertas Filter		E = (C-B)+D	(gr)	900,4	944,1	
5	Berat Aspal		E = A - D	(gr)	53,6	55,9	
6	Kadar Aspal		F = E/A x 100%	%	5,62	5,59	5,60

Dari Job Mix Formula untuk laston telah dilakukan perhitungan komposisi prosentase terhadap campuran pada Hot Bin antara lain kadar aspal 5,90%, pasir 36,70%, Fine Agregate 31,05%, Medium Agregate 15,06%, Coarse Agregate 9,41%, Fly Ash 1,88% dan Additive 0,20%. Untuk Percobaan pemadatan lapangan diperoleh tebal awal 7,2 cm setelah dipadatkan dengan 1 passing Tandem Roller pada suhu 125o-145o C, 16 passing Tire Roller pada suhu 125o-100o C dihasilkan kepadatan 98,60% dengan factor penyusutan (Loss) penyusutan 23,79%.

Tabel 11. Rekapitulasi Kadar Aspal Laston AC-BC

NO	TANGGAL	LOKASI	GRADASI EKSTRAKSI											KADAR ASPAL (%)
			1	3/4	1/2	3/8	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	
1	26/10/2020	Sta. 0+625 s/d 0+300 Ka	100	99,22	80,24	71,18	53,09	33,18	26,69	20,80	14,14	9,34	5,29	5,61
2	27/10/2020	Sta. 0+600 s/d 1+250 Ki	100	99,32	80,24	71,18	53,09	33,18	26,69	20,30	14,14	9,34	5,55	5,60
3	17/11/2020	Sta. 0+000 s/d 0+546 Ka	100	99,32	80,24	71,18	53,09	33,18	26,69	20,30	14,14	9,84	4,77	5,60
		Sta. 0+000 s/d 0+070 Ka	100	99,32	80,24	71,18	53,09	33,18	26,69	20,30	14,14	9,84	4,77	5,60
4	18/11/2020	Sta. 0+545 s/d 1+550 Ka	100	99,48	79,77	71,19	53,56	33,69	26,70	20,32	14,90	9,95	5,36	5,60
5	19/11/2020	Sta. 0+000 s/d 0+545 Ki	100	99,27	80,60	70,91	54,27	34,58	26,65	20,89	14,64	9,32	4,61	5,60
6	20/11/2020	Sta. 0+000 s/d 0+070 Ki	100	99,27	80,60	70,91	54,27	34,58	26,65	20,89	14,64	9,32	4,61	5,60
		Sta. 0+545 s/d 1+340 Ki	100	99,32	80,24	71,18	53,09	33,18	26,69	20,30	14,64	10,03	5,05	5,60
7	21/11/2020	Sta. 1+340 s/d 1+525 Ki	100	99,25	79,83	70,72	53,54	33,87	26,14	19,97	15,75	10,59	4,92	5,60
SPESIFIKASI			Max.	100	100	90	82	64	49	38	28	20	13	8
			Min.	100	90	75	66	46	30	18	12	7	8	4

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- 1) Pengaruh kadar aspal campuran 5,70%, pada Aspal beton AC-BC menghasilkan penyerapan aspal 0,79 % < 1,2 %, rongga dalam campuran (VMM) Marshall 4,4 % (batasan 3-5 %), rongga dalam mineral Agg (VMA) Marshall 15,6 % > 14% , rongga terisi aspal (VFB) Marshall 72,0% > 65% , stabilitas Marshall 920 kg > 800 kg, kepadatan 2,342 ton/m² dan quantient Marshall 310 kg > 250 kg/mm.
- 2) Pengaruh pemadatan dengan passing 2-12 diperoleh kepadatan rata-rata 98,17%, untuk passing 2-14 kepadatannya 98,47% dan untuk passing 2-16 kepadatannya 98,60% yang semuanya dalam syarat kepadatan menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 adalah 98% sehingga hasil kepadatan lapangan tersebut memenuhi syarat.
- 3) Pengaruh kadar aspal dan kepadatan diatas telah menghasilkan ketebalan yang diambil dengan core drill pada Laston AC-BC rata-rata 6,6 cm minimum 5,8 cm memenuhi syarat batas minimum 5,6 cm,

5.2. Saran

Beberapa saran sebagai perbaikan atau pengembangan studi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dalam pengambilan sampel core drill perlu dilakukan secara acak kiri-tengah kanan sepanjang jalan dengan ruas tertentu.
- 2) Pengujian aspal beton di lapangan dilakukan dengan pengambilan sampel yang sudah disepakati pihak-pihak yang berkompeten dalam penentuan titik core drill

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, , 2020, *Dokumen Teknik Paket Rehabilitasi Jalan KSPN Borobudur Magelang, Ditjen Bina Marga Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional, Provinsi Jawa Tengah-DI Yogyakarta.*
- Anonim, 2020, *Laporan Pengendalian Kualitas Paket Rehabilitasi Jalan KSPN Borobudur Magelang*, PT. Dian Mosesa Perkasa.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, *Paket Pelebaran Jalan Yogyakarta – BTS. Kota Bantul*, Departemen Pekerjaan Umum, Tahun 2019.
- Masykur, 2016, “*Analisis Pengujian Gradasi Ekstrasi Campuran AC-BC Hasil Produksi AMP (Asphalt Mixing Plant)*”, Jurnal Sipil, Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro.
- Spesifikasi teknis Bina Marga Pekerjaan Umum, 2018, *Persyaratan Teknis Jalan Dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan.*
- Sofyan M. Saleh, 2018, “*Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas*”, Jurnal Sipil, Fakultas Teknik Universitas Syah Kuala.
- Subagyo, S., & Nurokhman, N. (2021). *Pengendalian Pekerjaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Interchange Bandara Adi Soemarmo Solo. CivETech, 3(2), 66-81. https://doi.org/10.47200/civetechn.v3i2.1059*
- Sugiarto, 2018, “*Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas*”, Jurnal Sipil, Fakultas Teknik Universitas Syah Kuala. Sukirman, Silvia (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Suryanto, S., & Nurokhman, N. (2022). *Evaluasi Properti Marshall Terhadap Mutu Aspal Beton Lapangan Pada Runway Bandara Yogyakarta International Airport. CivETech, 4(1), 59 - 72. https://doi.org/10.47200/civetechn.v4i1.1106*
- Syahrul, 2012, “*Perkerasan Campuran Aspal Beton (AC-BASE) Dengan Material Lokal Kutai Kertanegara*”, Jurnal Sipil, Fakultas Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.