

Kinerja Modulus Resilien Campuran Beraspal Panas Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Yang Mengandung Recycled Concrete Aggregate

Galih Wulandari Subagyo

Fakultas Teknologi dan Desain, Program Studi Teknik Sipil
Universitas Pembangunan Jaya, Tangerang Selatan, Banten 15413, Indonesia
galih.wulandari@upj.ac.id

Received 22 November 2019, Revised 11 December 2019, Accepted 21 December 2019

Abstract - Construction activities require a small amount of stone or sand material, so construction activities are directly in conflict with environmental conservation which has the intent and purpose of preserving or protecting nature. These conservation issues are a powerful driver in the development of asphalt pavement technology to obtain durable, inexpensive and environmentally friendly pavements including in Indonesia, which certainly minimizes the destruction of nature, one of which is by using waste materials for new road pavement that has been done a lot. One of the waste materials that will be tried to replace the new aggregate in this research is concrete waste. Concrete waste variation 0%, 5%, 10%, 15% of the total new aggregate. Then the test is carried out by the marshall test method (Marshall test data, marshall immersion and absolute density obtained from previous studies) to the resilient modulus test so that the Marshall characteristics are obtained along with the results of resilient modulus. Recycle Concrete Aggregate (RCA) derived from K-250 quality concrete (ex compressive strength testing) meets the requirements as an aggregate of hot asphalt mixtures based on the 2010 Bina Marga Specifications (Revision 3). Resistant modulus of AC-BC mixture containing Recycled Concrete Aggregate (RCA) is superior compared to without Recycled Concrete Aggregate (RCA) at three test temperatures of 25°C, 35°C, 45°C.

Keywords: Asphalt Binding Course, Concrete Recycling Aggregate, Resilient Modulus Characteristics

Abstrak – Aktivitas konstruksi membutuhkan material batu maupun pasir yang tidak sedikit jumlahnya, maka secara langsung aktivitas konstruksi bertentangan dengan konservasi lingkungan yang mempunyai maksud dan tujuan untuk pelestarian ataupun perlindungan alam. Isu-isu tentang konservasi tersebut merupakan pendorong yang kuat dalam pengembangan teknologi perkerasan aspal untuk memperoleh perkerasan yang awet, murah dan ramah lingkungan termasuk di Indonesia, yang tentunya meminimalisir adanya kerusakan alam, salah satunya dengan menggunakan bahan limbah untuk perkerasan jalan yang baru sudah banyak dilakukan. Salah satu bahan limbah yang akan dicoba untuk mengganti agregat baru pada penelitian ini yaitu limbah beton. Variasi limbah beton 0%, 5%, 10%, 15% terhadap total agregat baru. Kemudian dilakukan pengujian terhadap benda uji tersebut dengan metode marshall test (data pengujian tes Marshall, rendaman marshall dan kepadatan mutlak didapatkan dari penelitian terdahulu) sampai dengan uji modulus resilien sehingga didapat hasil karakteristik Marshall berserta hasil dari modulus resilien. Limbah beton yang di gunakan berasal dari beton mutu K-250 (sisa pengujian kuat tekan) telah memenuhi persyaratan sebagai agregat campuran aspal panas berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Divisi 6 (Revisi 3). Terhadap nilai modulus resilien campuran AC-BC yang mengandung Limbah beton lebih superior dibandingkan dengan tanpa limbah beton di tiga temperatur pengujian 25°C, 35°C, 45°C.

Kata kunci: Asphalt Concrete Binder Course, Recycle Concrete Aggregate, Karakteristik Modulus Resilien

PENDAHULUAN

Aktivitas konstruksi membutuhkan material batu maupun pasir yang tidak sedikit jumlahnya, maka secara langsung aktivitas konstruksi bertentangan

dengan konservasi lingkungan yang mempunyai maksud dan tujuan untuk pelestarian ataupun perlindungan alam. Isu-isu tentang konservasi tersebut merupakan pendorong yang kuat dalam

pengembangan teknologi perkerasan aspal untuk memperoleh perkerasan yang awet, murah dan ramah lingkungan termasuk di Indonesia, yang tentunya meminimalisir adanya perusakan alam.

Melihat permasalahan tersebut di dalam penelitian ini mencoba hal lain yaitu menggunakan agregat yang berasal dari limbah beton bekas uji kuat tekan K250 yang terdapat di Laboratorium Universitas Trisakti. Menurut Isyak Bayu Muhammad, 2016 bahwa berdasarkan hasil penelitian diperoleh penambahan limbah beton yang optimum adalah 8% terhadap total agregat kasar dan masuk pada spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi 3. Pada gambar 1 menunjukkan limbah beton mutu K250.



Gambar 1. Limbah Beton Mutu K250

Dalam penelitian ini difokuskan kepada tujuan tentang pengaruh limbah beton pada campuran beraspal panas pada gradasi (AC-BC) terhadap nilai kekakuan. Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai langkah untuk mendapatkan alternatif pemilihan penggunaan agregat dalam perencanaan perkerasan jalan di wilayah Indonesia serta sebagai bahan informasi kepada Pemerintah tentang penggunaan limbah beton dalam perancangan campuran AC-BC. Penelitian ini dibatasi oleh Perkerasan lentur yang ditinjau adalah campuran Laston Lapis Antara (AC-BC). Untuk material yang digunakan adalah aspal Pen 60/70 Shell. Gradasi yang digunakan pada penelitian ini hanya menggunakan satu jenis variasi gradasi campuran Laston Lapis Antara (AC – BC). Material agregat kasar, agregat medium dan abu batu yang digunakan sebagai bahan campuran perkerasan adalah material yang berasal dari Loji Sungai Cigentis Provinsi Jawa Barat. Limbah beton yang digunakan adalah sisa bekas uji kuat tekan mutu K250 yang terdapat di Laboratorium Universitas Trisakti, persentase limbah beton yang digunakan bervariasi sebagai berikut:

- 0% terhadap berat total agregat baru.
- 5% terhadap berat total agregat baru.
- 10% terhadap berat total agregat baru.
- 15% terhadap berat total agregat baru.

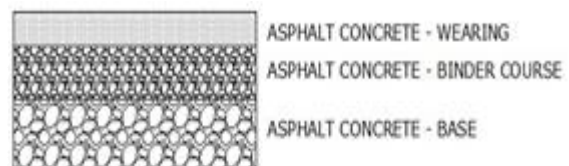
Standar pengujian karakteristik agregat dan aspal didasarkan pada Spesifikasi Umum Campuran Beraspal Panas (Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010 Divisi 6 Revisi 3), Standar Nasional Indonesia (SNI). Perencanaan campuran aspal panas menggunakan metode Marshall dan pendekatan kepadatan mutlak untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan menggunakan data dari peneliti terdahulu. Analisis untuk mendapatkan nilai modulus resilien menggunakan bantuan alat UMATTA (Universal Material Testing Apparatus).

Beton Aspal

Teknologi pelapisan aspal dengan cara mencampur terlebih dahulu agregat dengan aspal pada temperatur panas, kemudian baru digelar dalam kondisi panas atau dingin dan dipadatkan hingga mencapai kepadatan tertentu adalah beton aspal. Jika pemadatan telah selesai untuk dapat digunakan pada lalu lintas umum maka suhu permukaan haruslah berada dibawah 60°C. Ada beberapa keuntungan menggunakan beton aspal yaitu pelaksanaan pekerjaan akan lebih cepat, kepadatan lapisan mudah tercapai, aspal akan meningkat sifat tahan terhadap panasnya karena tercampur dengan filler (Van Dormon, 1953, dalam Ir. Soehartono, 2015).

Laston

Menurut Bina Marga Tahun 2010 Divisi 6 Revisi 3 untuk campuran beton aspal terdiri atas aspal keras dan agregat bergradasi menerus yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. Jenis dan karakteristik aspal yang digunakan adalah untuk menentukan temperatur pencampurannya. Gradasi menerus adalah Pembagian butir yang merata mulai dari ukuran yang terbesar hingga ukuran terkecil (Rindu Twidi Bethary, 2018).



Gambar 2. Konstruksi Lapisan Pondasi Atas (*Base*), Lapisan Pengikat (*Binder Course*) dan Lapisan Permukaan (*Wearing Course*)

Adapun karakteristik campuran ini dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini dimana berdasarkan referensi dari Bina Marga divisi 6, 2010 (Revisi 3), minimum stabilitas Marshall yang diperlukan adalah 800 kg.

Aspal

Menurut Sukirman, 2003 aspal adalah material berbentuk padat dan bersifat termoplastis apabila material tersebut pada temperatur ruang. Bila dipanaskan sampai temperatur tertentu maka aspal

akan mencair dan akan kembali membeku jika temperatur turun.

Tabel 1. Ketentuan Karakteristik Campuran AC-BC gradasi kasar (Bina Marga divisi 6, 2010, Revisi 3)

Sifat-sifat Campuran Spec. AC-BC Gradasi Kasar			
Jumlah tumbukan Per bidang			75
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.		1,0
	Maks.		1,4
Rongga dalam campuran (%)	Min.		3,0
	Maks.		5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.		14
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min.		65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.		800
	Min.		3
Pelelehan (mm)	Maks.		5
Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60°C	Min.		90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membel (refusal)	Min.		2

Aspal

Menurut Sukirman, 2003 aspal adalah material berbentuk padat dan bersifat termoplastis apabila material tersebut pada temperatur ruang. Bila dipanaskan sampai temperatur tertentu maka aspal akan mencair dan akan kembali membeku jika temperatur turun.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Aspal (Hasil penelitian dan Bina Marga, 2010, Revisi 3)

NO.	JENIS PENGUJIAN	METODA PENGUJIAN	NILAI PERSYARAAAN DARI BINA MARGA 2014	HASIL PENGUJIAN
1.	Penetrasi Pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	64
2.	Penetrasi Pada 35°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	-	159,2
3.	Penetrasi Pada 45°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	-	224,2
4.	Viskositas Saybolt Furool			
	Suhu Pematatan Ideal	AASHTO T72-90	-	140°C
	Suhu Pencampuran Ideal	dan AASHTO T54-6	-	150°C
5.	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48 °C	50,5 °C
6.	Daktilitas 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100cm	> 100cm
7.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232 °C	355 °C
8.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99%	99,95%
9.	Berat Jenis	SNI 2441:2001	≥ 1,0	1,026
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI-06-2240-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :				
10.	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8%	0,0068%
11.	Penetrasi Pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	61,60
12.	Penetrasi Pada 35°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	-	135
13.	Penetrasi Pada 45°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	-	176
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100cm	> 100cm
15.	Titik Lembek °C		-	56,5 °C

Agregat

Bahan utama untuk struktur jalan adalah agregat, dimana yang dimaksud dengan agregat tersebut adalah Sekumpulan butir batu pecah dan pasir / mineral lain, baik hasil dari alam maupun buatan. Lapis perkerasan mengandung 90-95% agregat berdasarkan persen berat campuran atau 75-85% agregat berdasarkan persen volume

campuran. Untuk menggunakan agregat agar tidak mengurangi kinerja campuran harus dalam kondisi bersih dari kotoran, bahan-bahan organik/ bahan lain yang tidak dikehendaki (Hardiyatmo, 2011).

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Agregat Baru (Hasil penelitian dan Bina Marga, 2010, Revisi 3)

No.	PENGUJIAN	METODA	HASIL PENGUJIAN	NILAI PERSYARAAAN BINA MARGA 2010				
1.	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Na ₂ SO ₄ atau MgSO ₄	SNI 3407:2008	2,16%	Maks. 12%				
2.	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	24,25%	Maks. 30%				
3.	Kekekalan agregat terhadap aspal	SNI 2439 :2011	99%	Min. 95%				
4.	Butir Pecah Pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	95%	95/90 *)				
5.	Kadar Lumpur	SNI-S-04-1998F:1989	3,51%	≤ 5 %				
6.	Partikel Pipih	ASTM D4791	7,83%	Maks. 10%				
			8,39%	Maks. 10%				
7.	Partikel Kelonjongan	SNI 03-1969-1990	Bulk	SSD	App	Abs	* Absorbsi < 3% * Perbedaan agregat kasar dan agregat halus < 0,2%	
			Ukuran Saringan 1"	-	-	-		-
			Ukuran Saringan 3/4"	2,63	2,68	2,67		1,82
			Ukuran Saringan 1/2"	2,62	2,67	2,76		1,88
			Ukuran Saringan 3/8"	2,57	2,60	2,61		1,35
			Ukuran Saringan No. 4	2,63	2,68	2,75		1,67
			Ukuran Saringan No. 8	2,59	2,60	2,61		-
			Ukuran Saringan No. 16	2,63	2,66	2,70		-
			Ukuran Saringan No. 30	2,62	2,63	2,66		-
			Ukuran Saringan No. 50	2,58	2,59	2,60		-
			Ukuran Saringan No. 100	2,65	2,60	2,69		-
Ukuran Saringan No. 200	2,65	2,67	2,71	-				

Amlop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal AC Lapis Antara/AC-BC. Gradasi campuran AC-BC yang selanjutnya disebut campuran HMA dirancang dengan memperhatikan batasan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3). Rancangan gradasi dalam penelitian ini dipilih terletak di atas kurva Fuller (gradasi halus), dimana diharapkan adanya keseragaman yang lebih baik pada penimbangan untuk masing-masing contoh uji/sampel (Indramaha, 2015). Rancangan dan kurva gradasi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

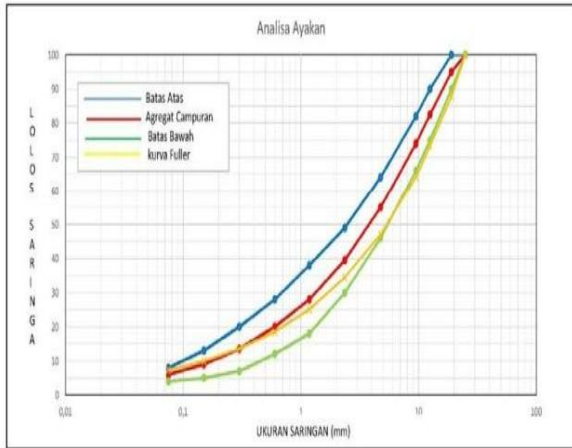
Tabel 4. Persyaratan gradasi agregat (Bina Marga divisi 6, 2010, Revisi 3)

No	Ukuran Saringan		Titik Kontrol Spesifikasi Bina Marga 2014 (%)		Kurva Fuller	Gradasi Rancangan Pengujian (%)
	(inch)	(mm)	Batas Atas	Batas Bawah		
1	1	25	100	100	100	100
2	3/4	19	100	90	87,8	95
3	1/2	12,5	90	75	73,3	82,5
4	3/8	9,5	82	66	64,2	74
5	4	4,75	64	46	47,0	55
6	8	2,36	49	30	34,5	39,5
7	16	1,18	38	18	25,1	28
8	30	0,6	28	12	18,5	20
9	50	0,3	20	7	13,6	13,5
10	100	0,15	13	5	9,9	9
11	200	0,075	8	4	7,3	6

Recycle Concrete Aggregate

Recycle Concrete Aggregate (limbah beton) adalah material beton yang sudah tidak terpakai lagi untuk konstruksi. Limbah beton yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah limbah beton K-250 yang berasal dari laboratorium beton teknik sipil Universitas Trisakti Jakarta. Berikut hasil pengujian

dari Recycle Concrete Aggregate (RCA) dapat dilihat di Table 5.



Gambar 3. Rancangan dan kurva gradasi

Tabel 5. Hasil Pemeriksa RCA (Hasil penelitian dan Bina Marga, 2010, Revisi 3)

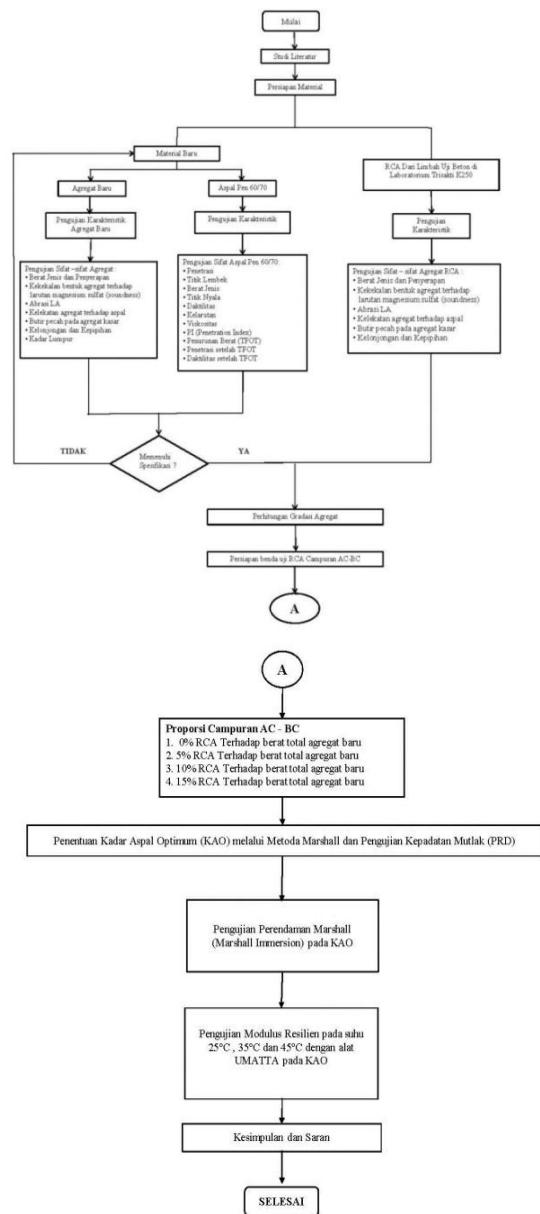
No.	PENGUJIAN	METODA	HASIL PENGUJIAN	NILAI PERSYARATN BINA MARGA 2010			
1.	Kekelakan bentuk agregat terhadap larutan NaSO4 atau MgSO4	SNI 3407:2008	4,69%	Maks. 12%			
2.	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	17,63%	Maks. 30%			
3.	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	98%	Min. 95%			
4.	Butir Pecah Pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	95%	95/90 *			
5.	Partikel Pipih	ASTM D4791	9,032%	Maks. 10%			
	Partikel Kelonjongan		9,31%	Maks. 10%			
6.	Berat Jenis	SNI 03-1969-1990	Bulk	SSD	App	Abs	- Absorpsi < 3% - Perbedaan agregat kasar dan agregat halus < 0,2%
	Ukuran Saringan 1"		-	-	-	-	
	Ukuran Saringan 3/4"		2,50	2,54	2,62	1,94	
	Ukuran Saringan 3/8"		2,50	2,54	2,62	1,96	
	Ukuran Saringan 3/8"		2,53	2,58	2,66	1,98	
	Ukuran Saringan No. 4		2,51	2,56	2,63	1,94	
	Ukuran Saringan No. 8		-	-	-	-	
	Ukuran Saringan No. 16		-	-	-	-	
	Ukuran Saringan No. 30		-	-	-	-	
	Ukuran Saringan No. 50		-	-	-	-	
	Ukuran Saringan No. 100		-	-	-	-	
	Ukuran Saringan No. 200	-	-	-	-		

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara percobaan yang dilakukan di beberapa laboratorium, seperti laboratorium Pusat Jalan Jembatan Bandung, laboratorium Institute Teknologi Bandung (ITB) dan laboratorium Universitas Trisakti Jakarta.

Sebelum masuk dalam pengujian modulus resilien maka dilakukan pengujian propestis dari masing-masing material, apabila pengujian material sudah sesuai oleh spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Divisi 6 (Revisi 3) maka dilakukan pengujian marshall, rendaman marshall dan kepadatan mutlak untuk mendapatkan kadar aspal optimum. Untuk pengujian modulus resilien total benda uji yang digunakan adalah 12 buah dimana untuk masing-masing temperatur (25°C, 35°C dan 45°C) menggunakan 4 buah benda uji dengan presentase berbeda di setiap benda ujinya. Presentase di setiap benda uji berdasarkan pada komposisi limbahnya.

Untuk presentasinya yaitu 0% terhadap berat total agregat baru, 5% terhadap berat total agregat baru, 10% terhadap berat total agregat baru dan 15% terhadap berat total agregat baru. Tahap pengetesan modulus resilien dengan cara memanaskan benda uji dalam ruang temperatur terkendali. Sebelum pengujian, dimensi benda uji yaitu tinggi dan diameternya sudah harus diketahui ukurannya. Jika data pengujian laboratorium tersebut sudah terkumpul, data tersebut akan langsung dianalisis untuk mengetahui pengaruh limbah beton pada campuran beraspal panas pada gradasi (AC-BC) terhadap nilai kekakuan. Gambar 2 menunjukkan benda uji modulus resilien. Gambar 3 menunjukkan alat pengujian modulus resilien yang berada di laboratorium Pusat Jalan Jembatan Bandung.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian campuran AC-BC dengan metode Marshall

Rendaman Marshall dan Kepadatan Mutlak. Untuk data dari pengujian Marshall, Rendaman Marshall dan Kepadatan mutlak diperoleh dari peneliti terdahulu (Galih, 2020). Pengujian Marshall, Rendaman Marshall serta Kepadatan Mutlak untuk digunakan sebagai penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang mana KAO tersebut digunakan sebagai persentase jumlah aspal yang digunakan. Persentase Kadar Aspal Optimum ditunjukkan di tabel 6.

Tabel 6. Kadar Aspal Optimum (KAO)

NO.	KADAR RCA	KAO
1	0%	5,29%
2	5%	5,44%
3	10%	5,77%
4	15%	6,02%

Hasil Pengujian Modulus Resilien

Pengujian Modulus Resilien dilakukan dengan menggunakan alat UMATTA. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Jalan, Puslitbang Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum. Pengujian dilakukan mengacu kepada ASTM D4123-82 Standart Test Method For Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminious Mixtures. Kondisi pengujian diatur pada loading pulse width 250 ms, pulse repetition period 3000 ms. Temperatur pengujian dilakukan pada 25°C, 35°C dan 45°C. Alat Universal Material Testing Apparatus (UMATTA) yaitu menggunakan benda uji diametral seperti benda uji Marshall dan dibuat pada Kadar Aspal Optimum (KAO). Hasil pengujian untuk ketiga jenis campuran pada temperatur 25°C, 35°C dan 45°C. Hasil pengujian Modulus Resilien ditunjukkan pada Tabel 6 dan Grafik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.

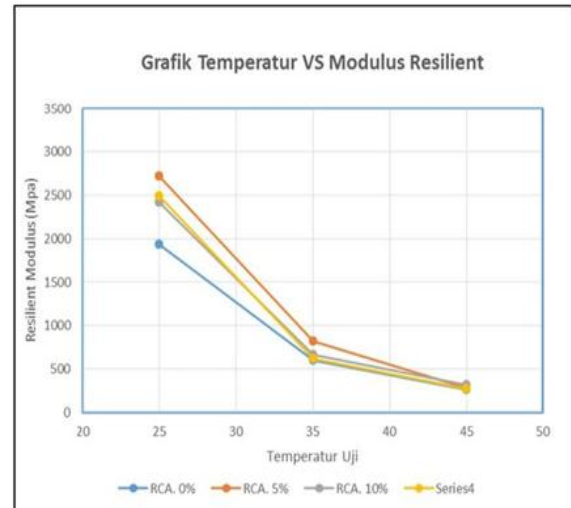
Tabel 7. Hasil Pengujian Modulus Resilien

No.	Temp. Uji	Hasil Pengujian			
		0%	5%	10%	15%
1	25	1933	2720	2416	2487
2	35	597	817	663	616
3	45	264	283	322	272

Pada temperatur 25°C pada kadar limbah beton 0% nilai Modulus Resilien adalah 1933 Mpa dan terjadi kenaikan pada kadar limbah beton 5% yaitu 2720 Mpa, dan terjadi penurunan nilai Modulus Resilien pada kadar limbah beton 10% yaitu 2416 Mpa dan terjadi kenaikan kembali nilai Modulus Resilien pada limbah beton 15% yaitu 2487 Mpa.

Pada temperatur 35°C pada kadar limbah beton 0% nilai Modulus Resilien adalah 597 Mpa dan terjadi kenaikan pada kadar limbah beton 5% yaitu 817 Mpa, dan terjadi penurunan nilai Modulus Resilien pada kadar limbah beton 10% yaitu 663 Mpa dan kadar limbah beton 15% yaitu 616 Mpa.

Pada temperatur 45°C pada limbah beton 0% nilai Modulus Resilien adalah 246 Mpa dan terjadi kenaikan pada kadar limbah beton 5% yaitu 283 Mpa, dan pada kadar limbah beton 10% yaitu 322 Mpa dan terjadi penurunan pada kadar limbah beton 15% yaitu 272 Mpa



Gambar 4. Grafik Temperatur vs Modulus Resilien

Hasil pengujian untuk ketiga jenis campuran pada temperatur 25°C, 35°C, dan 45°C ditunjukkan pada Tabel 6. Kenaikan kembali nilai Modulus Resilien pada RCA 15% yaitu 2487 Mpa. Pada temperatur 35°C pada kadar RCA 0%, nilai Modulus Resilien adalah 597 Mpa dan terjadi kenaikan pada kadar RCA 5% yaitu 817 Mpa, dan terjadi penurunan nilai Modulus Resilien pada kadar RCA 10% yaitu 663 Mpa dan kadar RCA 15% yaitu 616 Mpa. Pada temperatur 45°C, kadar RCA 0% nilai Modulus Resilien adalah 246 Mpa dan terjadi kenaikan pada kadar RCA 5% yaitu 283 Mpa, dan pada kadar RCA 10% yaitu 322 Mpa dan terjadi penurunan pada kadar RCA 15% yaitu 272 Mpa. Apabila dilihat dari hasil nilai Modulus Resilien maka secara umum penambahan RCA dapat meningkatkan nilai modulus.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa nilai modulus resilien campuran AC-BC yang mengandung RCA lebih superior dibandingkan dengan tanpa RCA di tiga temperature pengujian yaitu 25°C, 35°C, dan 45°C.

Penelitian selanjutnya perlu melakukan evaluasi pengaruh RCA dari mutu beton yang berbeda dan dari bangunan beton yang sudah tidak terpakai (habis umur rencananya) serta melakukan pengujian kinerja ketahanan lelah (kuat *fatigue*) dari campuran aspal panas AC-BC yang mengandung RCA.

DAFTAR PUSTAKA

- Bethary, R. T. (2018). Campuran beraspal menggunakan reclaimed asphalt pavement dan agregat slag baja program doktor sistem dan teknik jalan raya (STJR). Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Subagyo, G. W. & Indramaha (2020). Kinerja marshall campuran beraspal panas Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) mengandung Recycled Concrete Aggregate (RCA)

- Indramaha (2015). Perkembangan model modulus resilien dan kuat fatigue dari campuran hangat AC lapis antara (AC-BC) memakai material RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Isyak, B. M. (2016). Analisa karakteristik marshall pada campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) menggunakan limbah beton sebagai coarse agregat. Universitas muhammadiyah Surakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). Perancangan perkerasan jalan dan penyelidikan tanah. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum (2010). Spesifikasi umum 2010. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Kementrian Pekerjaan Umum (1999). Pedoman perencanaan campuran beraspal dengan pendekatan kepadatan mutlak. Direktorat Jendral Bina Marga
- Soehartono (2015). Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta: Granit.
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan Lentur Jalan Raya, Bandung.