



ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN ASPAL PEN 60/70 MODIF PG 70 DENGAN ASPAL CURAH PADA CAMPURAN AC- WC

Mukhammad Rizaldi Absyah, Nurani Hartatik²

^{1,2}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus Surabaya

*Email : rizaldiabsyh@gmail.com, nuranihartatik@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Pada pelaksanaan proyek pembangunan jalan di Kecamatan Karangmojo, Kabupaten Magetan progres pekerjaan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan, yaitu 17,87% dari progres rencana yang sebesar 17,87%. Namun, pada minggu ke-4 terjadi kemunduran dari jadwal, dengan progres hanya mencapai 22,760% dari progres rencana sebesar 25,870%. Hal ini tentu akan berdampak pada progres biaya dan waktu penyelesaian proyek. dari latar belakang tersebut maka masalah yang ditemukan ialah bagaimana kinerja waktu dan biaya pada proyek pembangunan jalan pembangunan jalan di Kecamatan Karangmojo, Kabupaten Magetan Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif, dimana artinya adalah penelitian yang menggunakan data yang bersifat angka dan cenderung menggunakan analisis. Metode yang digunakan adalah dengan pengamatan langsung dilapangan, dan pengolahan data dari lapangan. Hasil analisis dengan menggunakan metode EVM (*Earned Value Method*) pada Proyek Pembangunan Jalan di Kec. Karangmojo Kab. Magetan adalah Kinerja biaya proyek Pembangunan Jalan di Kec. Karangmojo Kab. Magetan jika mengacu pada kegiatan pelaporan dapat dilihat dari minggu ke 1 - 6, nilai CPI 1 menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan melebihi pekerjaan yang telah diselesaikan, Sedangkan minggu ke 7-14 adalah 1 yang berarti banyak pekerjaan yang telah diselesaikan dibandingkan dengan pengeluaran. Kinerja waktu proyek Pembangunan Jalan di Kec. Karangmojo Kab. Magetan nilai SPI 1 di minggu ke 7-9 yang berarti penyelesaian pekerjaan proyek lebih cepat dari jadwal yang direncanakan. Pada minggu ke 1-6 nilai SPI 1. Dengan kata lain, lebih lambat dari yang direncanakan semula.

Kata kunci: Perkerasan jalan, Aspal modifikasi, Aspal curah

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana yang ditujukan untuk transportasi lalu lintas, kerusakan jalan sering kali terjadi bahkan sebelum mencapai umur rencana yang telah ditetapkan, kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh kondisi kemacetan jalan serta kondisi iklim yang dapat mempengaruhi kekuatan konstruksi jalan dan lapisan perkerasan. Terdapat 2 jenis struktur perkerasan jalan di Indonesia yaitu perkerasan kaku atau rigid dengan material utamanya beton, dan perkerasan lentur dengan material utama yang digunakan adalah beton aspal atau Asphalt Concrete (AC). Lapisan AC-WC rentan terhadap kerusakan temperatur tinggi dan beban lalu lintas yang berat sehingga mengakibatkan terjadinya pelepasan butiran agregat dan retak.

Aspal pada umumnya terbuat dari proses penyulingan minyak bumi, namun ketersediaan minyak bumi semakin lama akan menipis dan semakin mahal. Aspal curah merupakan aspal dengan cairan hitam pekat, aspal curah berasal dari produksi kilang refinery minyak bumi yang menghasilkan BBM, aspal, dan produk lainnya. Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan inovasi pengembangan aspal polimer untuk mengurangi penggunaan minyak bumi dan menambah kualitas aspal (Flaviana Tilik *et al.* 2022). Pada penelitian ini dilakukan upaya untuk meningkatkan mutu aspal melalui penambahan zat aditif berupa lateks (getah karet). Keunggulan penambahan getah karet pada campuran aspal dapat menahan dari kondisi iklim serta retakan lendutan yang berlebihan. Penggunaan aspal modifikasi polimer telah diyakini dapat memberikan kinerja yang baik apabila pemilihan jenis aspal modifikasi sesuai dengan kondisi lokasi, beban lalu lintas, dan lingkungan yang sesuai. Dalam upaya tersebut Kementerian PUPR melalui Dirjen Bina Marga menerapkan aturan mengenai aspal dengan modifikasi polimer PG70 melalui spesifikasi umum 2018 Untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan (Kementerian *et al.* 2018). Penggunaan aspal modifikasi polimer (PG70) bertujuan untuk menghasilkan campuran dengan stabilitas yang baik pada temperatur tinggi serta bisa menjadi perkerasan jalan poros aspal, sehingga dapat dengan cepat mengalirkan udara ke bawah dan mengurangi kebisingan.

Di Indonesia, campuran aspal panas untuk perkerasan lentur dirancang menggunakan metode Marshall. Pada perencanaan Marshall tersebut menetapkan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5,5%. Umumnya metode Marshall masih dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan secara volumetric, akan tetapi untuk menambah kesempurnaan dalam prosedur perencanaan campuran maka di tentukan beberapa pengujian tambahan seperti kepadatan (density), persentase rongga, dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh hasil Marshall dari perbandingan antara aspal curah dengan aspal modif PG70 yang baik untuk campuran AC-WC.

STUDI KEPUSTAKAAN

1. Perkerasan Jalan

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan campuran yang homogen antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu dan digunakan untuk menerima beban lalu-lintas yang tinggi. Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi beban yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar. Kapasitas dukung perkerasan lentur bergantung pada karakteristik penyebaran beban dari lapisan penyusunnya. Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan dengan sifat material yang berkualitas tinggi yang di letakkan sesuai dengan fungsi sebagai lapisan perkerasan jalan. Kekuatan perkerasan lentur merupakan hasil dari kerjasama lapisan yang tebal dalam menyebarkan beban ke tanah dasar (*subgrade*).

2. Beton Aspal

Asphalt Institute (1996) menjelaskan beton aspal (*asphalt concrete*) atau disebut aspal beton merupakan campuran yang terdiri dari aspal keras sebagai bahan pengikat dan agregat-agregat kasar, halus dan pengisi, dengan cara pencampuran dan pemadatan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Beton aspal dapat digunakan untuk lapisan aus (*wearing course*), perata (*leveling course*) dan pondasi (*base*). Beton aspal adalah beton dengan bahan pengikat aspal yang dicampur dalam keadaan panas. Filler atau mineral pengisi rongga udara pada campuran aspal dengan agregat, antara lain Portland, abu batu, kapur atau karang yang dipecah.

3. AC Wearing

Penggunaan AC-WC untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC-Base.

4. Pengujian Marshall

Pengujian dengan metode dan alat Marshall pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall, Mississippi State Highway Departement pada tahun 1948 dan selanjutnya dikembangkan oleh U.S Corps of Engineer. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbf) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

5. Pengujian Bahan Material

Dalam pemanfaatan material harus mempertimbangkan ketiga sifat (mekanik, kimia, dan teknologi) untuk mendapatkan hasil yang optimum dalam suatu perancangan. Untuk mengetahui sifat-sifat material tersebut harus dilakukan pengujian atau evaluasi dengan tujuan untuk mendapatkan material yang sesuai dengan klasifikasinya. Pengujian pada material secara umum dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

a. Pengujian Merusak (*Destructive Test*)

Pengujian ini bersifat merusak benda kerja, sehingga dalam pengujian ini dibutuhkan specimen uji. (specimen uji adalah duplikat dari benda kerja yang berasal dari bahan yang sama)

b. Pengujian Tidak Merusak (*Non Destructive Test*)

Pengujian ini tidak merusak benda kerja, jadi tidak dibutuhkan spesimen uji dan dapat langsung di uji pada benda kerja. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat cacat permukaan maupun dibawah permukaan benda kerja.

METODE PENELITIAN

Identifikasi Masalah

Tahap ini merupakan proses dari penelitian agar dipahami sebagai upaya untuk mendefinisikan problem serta membuat definisi tersebut menjadi lebih terukur atau *measurable* sebagai suatu langkah awal penelitian.

Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan proses pengumpulan informasi maupun data yang digunakan dan sesuai dengan topik permasalahan yang dibutuhkan melalui studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian. Setekah itu, dilakukan pemeriksaan dasar seperti penetrasi aspal, titik nyala aspal, titik lembek aspal, berat jenis aspal, daktilitas aspal, kehilangan berat aspal, analisa saringan yang bertujuan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperoleh di laboratorium. Data yang diperoleh dari laboratorium meliputi Analisa saringan agregat, berat jenis dan penyerapan, variasi penggunaan pada campuran aspal (Job Mix Formula), uji marshall, tes penetrasi aspal, tes daklitas, tes titik lembek aspal, tes berat jenis aspal, dan tes kehilangan berat.

Pengolahan Data dan Analisis

Tahap analisis hasil dari pengolahan data dilakukan untuk melihat hasil perhitungan yang didapat dari analisis data diatas, yaitu Analisa saringan agregat, Berat jenis dan penyerapan, Variasi penggunaan pada campuran aspal (Job Mix Formula), Uji marshall, Tes penetrasi aspal, Tes daktilitas, Tes titik lembek aspal, Tes berat jenis aspal, Kadar aspal optimum

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Gradasi Agregat

Gradasi agregat atau blending agregat diperoleh dari mencampur secara proporsional fraksi agregat 10-20, fraksi agregat 10-15, fraksi agregat 5-10, fraksi agregat abu batu dan filler, sehingga diperoleh gradasi agregat sesuai spesifikasi pekerjaan. Untuk menentukan presentase setiap fraksi menggunakan metode "trial and error" dilakukan dengan melakukan coba-coba presentase setiap fraksi agregat karena perhitungan yang dilakukan untuk satu ukuran ayakan belum tentu secara keseluruhan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran. Proposi yang terbaik adalah proposi yang dapat menghasilkan agregat campuran bergradasi mendekati gradasi rencana dan berada dalam rentang sesuai spesifikasi.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi harus memenuhi batas batas yang diberikan dalam rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas batas yang diberikan dalam

(DESIGNE MIX FORMULA)															
Tanggal Pengujian :												Contractor :			
Jenis Campuran : AC - WC												Consultan :			
SIEVE SIZE	KINS OF AGGREGATE						%						RESTRICTED ZONES	FULLER	SPEC.
	FILLER	FA.	MA.	CA. 1	CA. 2	2	50	22	26	100	TOTAL				
	FF	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	10 ~ 20	FILLER	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15						
2"	50.80	100.00	100.00	100.00	100.00		2.00	50.00	22.00	26.00			100.00		100
1.5"	37.50	100.00	100.00	100.00	100.00		2.00	50.00	22.00	26.00			100.00		100
1"	25.40	100.00	100.00	100.00	100.00		2.00	50.00	22.00	26.00			100.00		100
3/4"	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00		2.00	50.00	22.00	26.00			100.00		100
1/2"	12.50	100.00	100.00	100.00	82.84		2.00	50.00	22.00	21.54			95.54		90 ~ 100
3/8"	9.50	100.00	100.00	98.33	26.43		2.00	50.00	21.63	6.87			80.50		77 ~ 90
# 4	4.75	100.00	98.62	23.28	0.39		2.00	49.31	5.12	0.10			56.53		53 ~ 69
# 8	2.36	100.00	82.38	2.65	0.35		2.00	41.19	0.58	0.09			43.86		33 ~ 53
# 16	1.18	100.00	57.39	1.61	0.21		2.00	28.69	0.35	0.05			31.10		21 ~ 40
# 30	0.60	100.00	33.77	1.17			2.00	16.89	0.26	0.00			19.14		14 ~ 30
# 50	0.30	100.00	20.48	0.97			2.00	10.24	0.21	0.00			12.45		9 ~ 22
# 100	0.15	100.00	11.96	0.80			2.00	5.98	0.18	0.00			8.16		6 ~ 15
# 200	0.075	99.40	7.48	0.61			1.99	3.74	0.13	0.00			5.86		4 ~ 9

Hasil Pengujian Aspal

Dalam penelitian ini, pemeriksaan aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji campuran aspal beton dalam penelitian ini adalah aspal keras Pertamina Pen 60/70 dan aspal modifikasi PG70. Pengujian aspal ini terdapat 3 bagian yaitu

1. Penetrasi

Penetrasi aspal adalah ukuran yang menggambarkan sejauh mana jarum standar dapat menembus permukaan aspal dalam kondisi tertentu. Hal ini juga mencerminkan kelembutan dan viskositas aspal pada suhu

Pengujian Penetrasi	Benda Uji		Rata-rata	Spec
	I	II		
Aspal Modif PG 70	58,3	57	57,7	50-70
Aspal PEN 60-70	66	68,4	67,2	60-70

2. Berat jenis aspal

pengendalian campuran beraspal untuk konversi dan koreksi dari isi ke berat atau sebaliknya. Hasil pengujian berat jenis aspal dapat dilihat pada tabel

Uraian		Benda Uji 1	Benda Uji 2
Massa piknometer + aspal	(C)	70,1 gram	69,8 gram
Massa piknometer kosong	(A)	47,8 gram	48,4 gram
Massa aspal	(C - A)	22,3 gram	21,4 gram
Massa piknometer + air	(B)	150,6 gram	149,8 gram
Massa piknometer kosong		47,8 gram	48,4 gram
Massa air	(B - A)	102,8 gram	101,4 gram
Massa piknometer + aspal + air	(D)	151,4 gram	150,2 gram
Massa piknometer + aspal	(C)	70,1 gram	69,8 gram
Massa air	(D - C)	81,3 gram	80,4 gram
Massa air	(B-A) - (D-C)	21,5 gram	21 gram
Berat jenis	$\frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$	1,037	1,019
Berat jenis rata-rata			1,029
Berat isi = Berat jenis x WT			1026,0
Wt pada 25°C = 997,0 kg/m ³			

3. Titik Lembek

Hasil pengujian titik lembek dengan rata-rata 54,5°C telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2) syarat minimum 48°C dengan pengujian mengacu pada SNI 2434-2011

Tabel Hasil titik lembek Aspal Modifikasi Polimer PG70 dan aspal PEN 60-70

NO	SUHU °C	WAKTU (MENIT)	TITIK LEMBEK	
			I	II
1	5	0.00	5	5
2	10	1.00	10	10
3	15	2.00	14,5	14,9
4	20	3.00	20,2	20,7
5	25	4.00	25,2	25,8
6	30	5.00	29,8	30,1
7	35	6.00	35,4	35,6
8	40	7.00	40,2	40,6
9	45	8.00	45,4	45,8
10	50	9.00	50,6	50,9
11	55	10.00	51,7	52,2
12	60	11.00	53,4	55,5
		RATA RATA	54,5	

NO	SUHU °C	WAKTU (MENIT)	TITIK LEMBEK	
			I	II
1	5	1.00	5	5
2	10	2.00	10,4	10,7
3	15	3.00	16,2	16,8
4	20	4.00	20,8	21,2
5	25	5.00	25,6	25,9
6	30	6.00	29,6	30,1
7	35	7.00	35,4	35,9
8	40	8.00	40,28	41,3
9	45	9.00	46	46,7
10	50	10.00	50,8	51,2
11	55	11.24	51,7	52,3
12	60	11.44	54	54,4
		RATA RATA	54,2	

. Campuran Agregat dan Aspal

Sebelum melakukan campuran agregat dan aspal, menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb) dengan persamaan Jadi, untuk mendapatkan kadar aspal optimum dibuat 9 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yang sudah ditentukan mulai dari 4,5%; 5,0%; 5,5%.6,0% dan 6,5% Masing masing kadar aspal dibuat 3 benda uji. Setelah menentukan Kadar Aspal Rencana kemudian membuat komposisi briket benda uji masing-masing.

Density Laboratorium :		2.270	Gr / Cm ³				
Jenis Material		Total Agg (%)	Total Mix (%)	Opening Gate (cm)			
1	COARSE AGG (10 - 20)	0	0.0	8.0			
2	COARSE AGG (10 - 15)	26	24.7	12.0			
3	MEDIUM AGG (5 - 10)	22	20.9	10.2			
4	FINE AGG (0 - 5)	50	47.8	6.8			
5	Filler (Semen)	2	2.1				
6	ASPHALT	4.50	4.50				
TOTAL MIX			100.0				
Density Laboratorium :		2.270	Gr / Cm ³				
Jenis Material		Total Agg (%)	Total Mix (%)	Opening Gate (cm)			
1	COARSE AGG (10 - 20)	0	0.0	8.0			
2	COARSE AGG (10 - 15)	26	24.7	12.0			
3	MEDIUM AGG (5 - 10)	22	20.9	10.2			
4	FINE AGG (0 - 5)	50	47.6	6.8			
5	Filler (Semen)	2	1.9				
6	ASPHALT	5.00	5.00				
TOTAL MIX			100				
Density Laboratorium :		2.270	Gr / Cm ³				
Jenis Material		Total Agg (%)	Total Mix (%)	Opening Gate (cm)			
1	COARSE AGG (10 - 20)	0	0.0	8.0			
2	COARSE AGG (10 - 15)	26	24.4	12.0			
3	MEDIUM AGG (5 - 10)	22	20.7	10.2			
4	FINE AGG (0 - 5)	50	47.6	6.8			
5	Filler (Semen)	2	1.9				
6	ASPHALT	5.50	5.50				
TOTAL MIX			100				
Density Laboratorium :		2.270	Gr / Cm ³				
Jenis Material		Total Agg (%)	Total Mix (%)	Opening Gate (cm)			
1	COARSE AGG (10 - 20)	0	0.0	8.0			
2	COARSE AGG (10 - 15)	26	23.9	12.0			
3	MEDIUM AGG (5 - 10)	22	20.5	10.2			
4	FINE AGG (0 - 5)	50	47.7	6.8			
5	Filler (Semen)	2	1.9				
6	ASPHALT	6.00	6.00				
TOTAL MIX			100.0				

Density Laboratorium :		2.270	Gr / Cm ³						
Jenis Material		Total Agg (%)	Total Mix (%)	Opening Gate (cm)					
1	COARSE AGG (10 - 20)	0	0.0	8.0					
2	COARSE AGG (10 - 15)	26	23.7	12.0					
3	MEDIUM AGG (5 - 10)	22	20.3	10.2					
4	FINE AGG (0 - 5)	50	47.6	6.8					
5	Filler (Semen)	2	1.9						
6	ASPHALT	6.50	6.50						
TOTAL MIX			100.0						

Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji dan Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum

Nilai parameter Marshall diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap hasil-hasil percobaan di laboratorium. Pengumpulan data dilakukan melalui pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik agregat kasar, agregat halus, filler (tanah merah) dan pengujian aspal. Pengujian ini meliputi pengujian gradasi saringan, berat jenis, dan penyerapan agregat kelekatan agregat terhadap aspal dan keausan agregat dengan menggunakan mesin abrasi los angeles. Pengujian aspal meliputi pengujian berat jenis, penetrasi. Pengujian tersebut merujuk pada beberapa SNI dan Modul buku yang digunakan sebagai referensi. Berikut analisis yang digunakan untuk menghitung parameter pengujian Marshall pada campuran normal dan substitusi semen kadar diperoleh hasil sebagai berikut : Analisa Data perhitungan campuran aspal modifikasi polimer PG70 dengan menggunakan metode marshall

Type of Mix	: AC - WC																			
Penyedia Jasa																				
Konsultan																				
Paket	: PERCONTOHAN																			
Penetration of Bitumen Sp.Gr of Bitumen	60 - 70	Gmm Test	2.390	Bulk Sp.Gr	U : 2.555	Temperature	150	°C												
	X	1.039	Lotos no.20	6.292	Effective Sp Gr	V : 2.586	Compaction	75	Blows											
No.	Bitumen Content	Absorbed Bitumen	Effective Bitumen	Max Sp.gr Combine Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Sp Gr Combine Mix	Air Void	V.M.A	Void Filled	Stability		Marshall Quotien	Rasio lolos no.200, thd kadar aspal eff	Total Aspal Film			
					In Air	In Water	S.S.D		(%)	(%)	(%)	Meas	Adjust	Flow	(Kg/mm)	(mm)	(Kg/mm)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		
		V-U 100X V x U	B - (100-B)C 100	100 E + 100-B X V	LAB	LAB	LAB	H - G	E I	(E-J)100 E	100 - (100-B)J U	(L-K)100 L	LAB	LAB	LAB	Q P	Lotos no.200 D	((A-C)x100)/ (TxAx(100-A))		
1	4.5	0.490	4.032	2.424	1192.30	677.22	1210.20	532.98	2.237				48	1057.72	2.70					
2					1190.87	675.20	1209.00	533.80	2.231				49	1079.76	2.60					
3					1189.39	674.26	1204.66	530.40	2.242				52	1145.87	2.80					
AVERAGE									2.237	7.71	16.39	52.97		1068.74	2.70	396	1.56	6.48		
SPECIFICATION										3 - 5	Min 15	Min 65		Min 800	2 - 4		0.6 - 1.6			
1	5.0	0.504	4.521	2.408	1192.30	683.02	1210.20	527.18	2.262				50	1101.79	2.60					
2					1190.87	683.10	1209.00	525.90	2.264				54	1189.94	2.70					
3					1189.39	681.23	1204.66	523.43	2.272				51	1123.83	2.80					
AVERAGE									2.266	5.87	15.73	65.87		1145.87	2.70	424	1.39	7.30		
SPECIFICATION										3 - 5	Min 15	Min 65		MIN 1000	2 - 4		0.6 - 1.6			
1	5.5	0.525	5.004	2.392	1195.23	683.02	1209.89	526.87	2.269				63	1388.26	2.70					
2					1194.25	683.10	1208.36	525.26	2.274				61	1344.19	3.00					
3					1188.96	680.65	1205.30	524.65	2.266				64	1410.30	3.20					
AVERAGE									2.269	5.12	16.05	68.09		1366.23	2.97	461	1.26	8.13		
SPECIFICATION										3 - 5	Min 15	Min 65		Min 800	2 - 4		0.6 - 1.6			

1	6.0	0.588	5.447	2.379	1195.20	686.36	1210.20	523.84	2.282				59	1300.12	2.60				
2					1197.26	684.01	1209.00	524.99	2.281				62	1366.23	2.70				
3					1193.66	678.60	1204.66	526.06	2.269				63	1388.26	2.80				
AVERAGE									2.277	4.28	16.22	73.61		1333.17	2.70	494	1.16	8.89	
SPECIFICATION										3 - 5	Min 15	Min 65		MIN 1000	2 - 4			0.6 - 1.6	

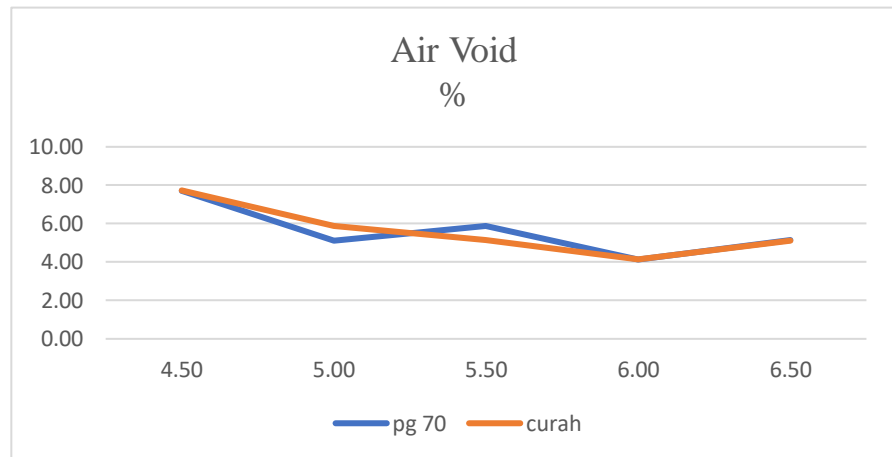
Analisa Data perhitungan campuran aspal modifikasi polimer PG70 dengan menggunakan metode marshall

Type of Mix	: AC-WC																		
Penyedia Jasa	:																		
Konsultan	:																		
Paket	: PERCONTOHAN																		
												Calibration Proving Ring	: 48.58						
												1 Deviasi (LBF)	: 22.036						
Penetration of Bitumen	60 - 70		Gmm Test	: 2.390		Bulk Sp.Gr	U : 2.555		Temperature	: 150 °C									
Sp.Gr of Bitumen	X 1.030		Lolos no.20	: 6.292		Effective Sp.Gr	V : 2.589		Compaction	: 75 Blows									
No.	Bitumen Content	Absorbed Bitumen	Effective Bitumen	Max Sp.gr Combine Mix	Weight (Gram) In Air In Water S.S.D			Volume Of Specimen	Bulk Sp.Gr Combine Mix	Air Void	V.M.A	Void Filled	Stability Meas Adjust		Flow	Marshall Quotient	Rasio lolos no.200. thd kadar aspal eff	Total Aspal Film	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
		V-U 100X VxU	B- (100-B)C 100	100 E + 100-B X V	LAB	LAB	LAB	H - G	E I	(E-J)100 E	100 - (100-B)J U	(L-K)100 L	LAB	LAB	LAB	Q P	Lolos no.200 D	((A-C)x100)/ (TxAx(100-A))	
1	4.5	0.537	3.988	2.424	1192.30	677.22	1210.20	532.98	2.237				41	903.47	2.70				
2					1190.87	675.20	1209.00	533.80	2.231				39	859.40	2.60				
3					1189.39	674.26	1204.66	530.40	2.242				42	925.51	2.80				
AVERAGE									2.237	7.73	16.39	52.85		881.44	2.70	326	1.58	6.46	
SPECIFICATION										3 - 5	Min 15	Min 65		Min 800	2 - 4			0.6 - 1.6	

Persentase Rongga Terhadap Campuran (Air Void) Kolom Tabel K Pada Pengujian Marshall

Hasil nilai Air Void Aspal Modifikasi Polimer PG70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 7,71% kadar 5,0% sebesar 5,12%, kadar 5.5% sebesar 5,87%, kadar 6,0% sebesar 4.15 kadar 6,5% sebesar 5,13 sedangkan Hasil nilai Air Void Aspal Pen 60-70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 7,73% kadar 5,0% sebesar 5,89%, kadar 5.5% sebesar 5,13%, kadar 6,0% sebesar 4,14 kadar 6,5% sebesar 5,11%

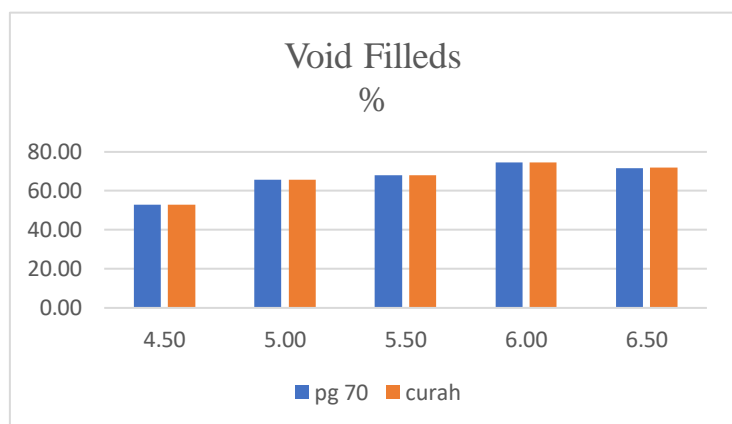
Kadar Aspal	PG 70	Curah
4.50	7.71	7.73
5.00	5.12	5.89
5.50	5.87	5.13
6.00	4.13	4.14
6.50	5.13	5.11



Persentase Rongga Terisi Aspal (Voids Filled) Kolom Tabel M Pada Pengujian Marshall

Hasil nilai Voids Filleds with Asphalt (VFA) Aspal Modifikasi Polimer PG70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 52,97% kadar 5,0% sebesar 65,87%, kadar 5,5% sebesar 68,09%, kadar 6,% sebesar 74,56% kadar 6,5 sebesar 71,71% sedangkan Hasil nilai Voids Filleds with Asphalt (VFA) Aspal Pen 60-70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 52,85% kadar 5,0% sebesar 65,67%, kadar 5,5% sebesar 68,05%, kadar 6,0% sebesar 74,58% kadar 6,5% sebesar 71,82%

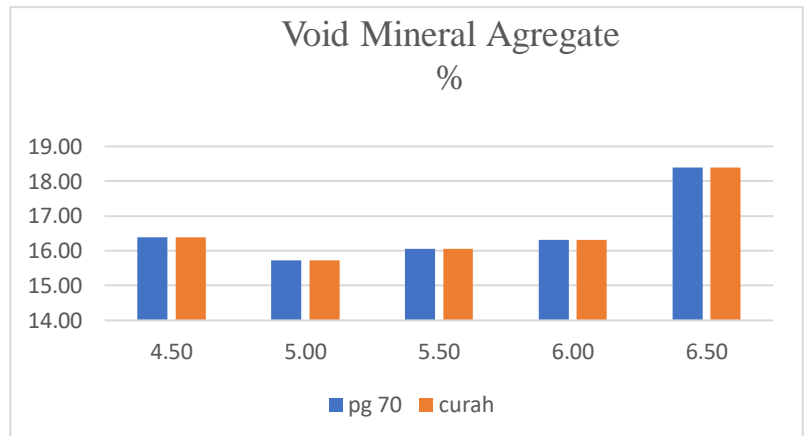
Kadar Aspal	PG 70	Curah
4.50	52.97	52.85
5.00	65.87	65.87
5.50	68.09	68.09
6.00	74.56	74.56
6.50	71.71	71.82



Rongga Terhadap Agregat (Void Mineral Aggregate) Kolom Tabel L Pada Pengujian Marshall

Hasil nilai Void In Mineral Agreggate (VMA) Aspal Modifikasi Polimer PG70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 16,39 kadar 5,0% sebesar 15,73%, kadar 5,5% sebesar 16,05%, kadar 6,0% sebesar 16,31% kadar 6,5% sebesar 18,4 sedabgka Hasil nilai Void In Mineral Agreggate (VMA) Aspal Pen 60-70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 16,39% kadar 5,0% sebesar 15,73%, kadar 5,5% sebesar 16,05%, kadar 6,1% sebesar 16,31% kadar 6,5% sebesar 18,14%

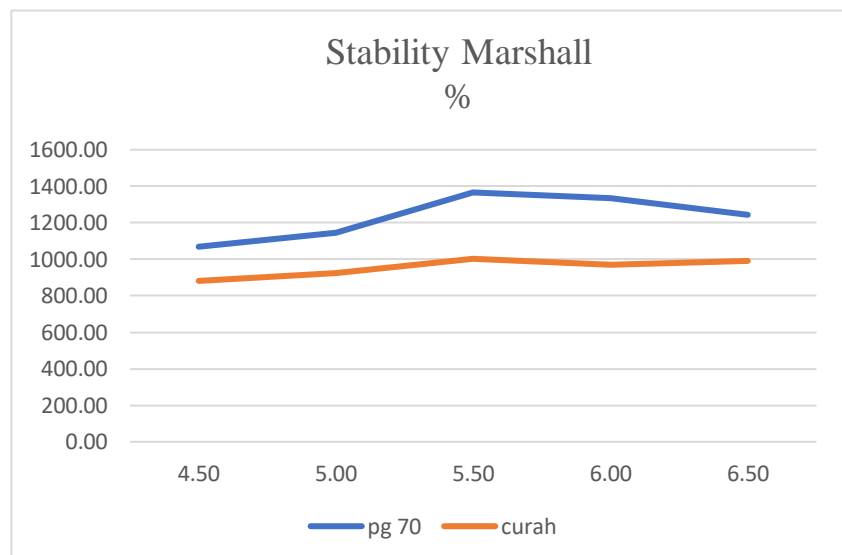
Kadar Aspal	PG 70	Curah
4.50	16.39	16.39
5.00	15.73	15.73
5.50	16.05	16.05
6.00	16.31	16.31
6.50	18.40	18.40



Stabilitas Marshall (Stability Marshall) Kolom Tabel Pada O Pengujian Marshall

Hasil nilai Stability Aspal Modifikasi Polimer PG70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 1068,84kg kadar 5,0% sebesar 1145,87 kg, kadar 5,5% sebesar 1366,23 kg, kadar 6% sebesar 1333,17 kg, kadar 6,5% sebesar 1245,05 kg sedangkan Hasil nilai Stability Aspal curah pada aspal normal kadar 4,5 sebesar 881,44kg kadar 5,0% sebesar 925,51 kg, kadar 5,5% sebesar 1002,62 kg, kadar 6,0% sebesar 969,58 kg kadar 6,5% sebesar 991,81 kg

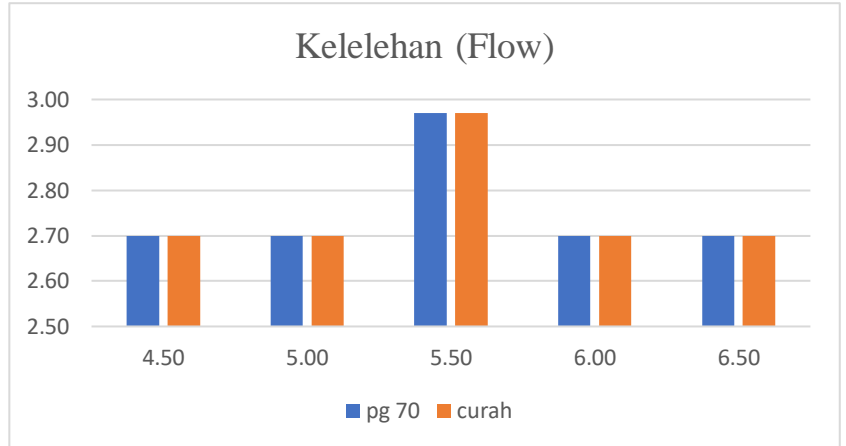
Kadar Aspal	PG 70	Curah
4.50	1068.84	881.44
5.00	1145.87	925.51
5.50	1366.23	1002.62
6.00	1333.17	969.58
6.50	1245.05	991.81



Kelelehan (Flow) Kolom Tabel P Pada Pengujian Marshall

Hasil nilai Kelelehan (Flow) Aspal Modifikasi Polimer PG70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 2,7mm kadar 5,0% sebesar 2,7 mm, kadar 5,5% sebesar 2,97 mm, kadar 6,1% sebesar 2,7 mm, kadar 6,5% sebesar 2,7 mm sedangkan Hasil nilai Kelelehan (Flow) Aspal Curah pada aspal normal 4,5% sebesar 2,7mm kadar 5,0% sebesar 2,7 mm, kadar 5,5% sebesar 2,97 mm, kadar 6,1% sebesar 2,7 mm, kadar 6,5% sebesar 2,7 mm.

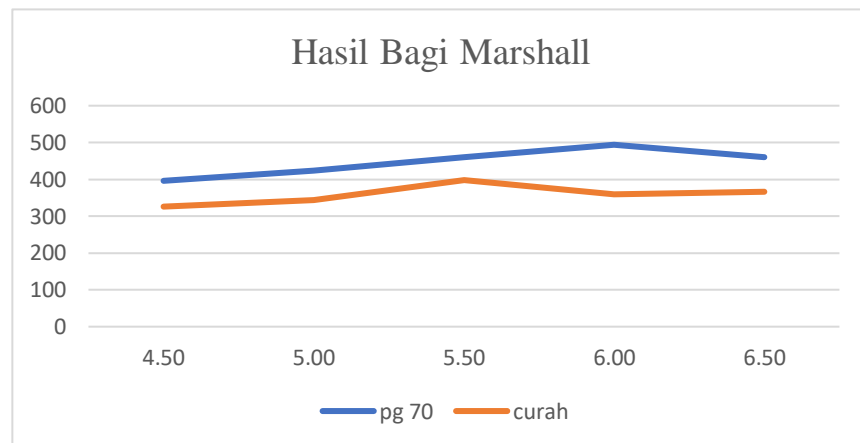
Kadar Aspal	PG 70	Curah
4.50	2.70	2.70
5.00	2.70	2.70
5.50	2.97	2.97
6.00	2.70	2.70
6.50	2.70	2.70



Hasil Bagi Marshall (Quotient Marshal) Kolom Tabel Q Pada Pengujian Marshall

Hasil nilai bagi marshall (Quotient Marshal) pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 396kg/mm kadar 5,0% sebesar 424 kg/mm, kadar 5,5% sebesar 461 kg/mm, kadar 6,0% sebesar 494 kg/mm kadar 6,5% sebesar 461kg/mm sedangkan Hasil nilai bagi marshall (Quotient Marshal) pada aspal normal kadar 4,5 sebesar 326kg/mm kadar 5,0% sebesar 343 kg/mm, kadar 5,5% sebesar 398 kg/mm, kadar 6,0% sebesar 359 kg/mm kadar 6,5% sebesar 367kg/mm

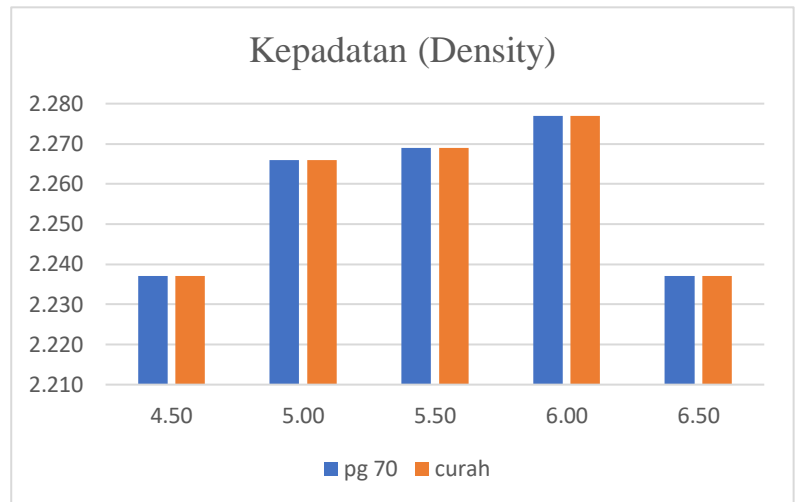
Kadar Aspal	PG 70	Curah
4.50	396	326
5.00	424	343
5.50	461	398
6.00	494	359
6.50	461	367



Kepadatan (Density) Kolom Tabel J Pada Pengujian Marshall

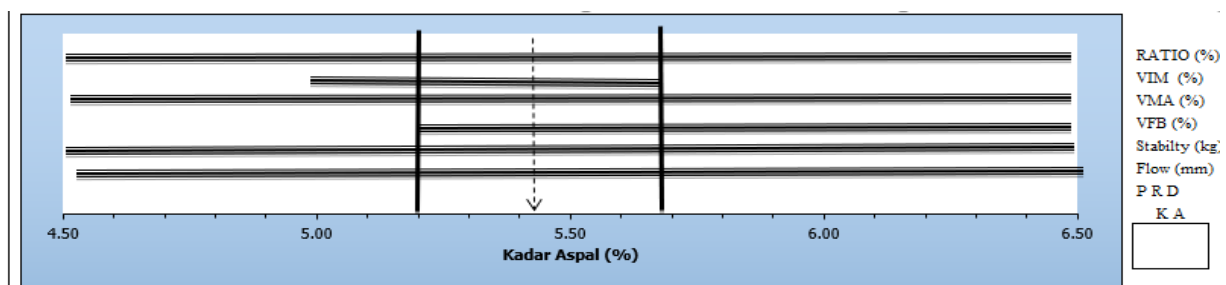
Hasil nilai density Aspal Modifikasi Polimer PG70 pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 2,237 gr/cm³ kadar 5,0% sebesar 2,226 gr/cm³, kadar 5,5% sebesar 2,269 gr/cm³, kadar 6,0% sebesar 2,277 gr/cm³, 6,5% sebesar 2,377 gr/cm³ sedangkan Hasil nilai density Aspal Curah pada aspal normal pada aspal normal kadar 4,5% sebesar 2,237 gr/cm³ kadar 5,0% sebesar 2,226 gr/cm³, kadar 5,5% sebesar 2,269 gr/cm³, kadar 6,0% sebesar 2,277 gr/cm³, 6,5% sebesar 2,377 gr/cm³

Kadar Aspal	PG 70	Curah
4.50	2.237	2.237
5.00	2.266	2.266
5.50	2.269	2.269
6.00	2.277	2.277
6.50	2.237	2.237



Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum merupakan jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai nilai persyaratan Stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFB, dan MQ didapat nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran



Kadar Aspal Optimum : **5.45** % (Total Campuran)

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian tentang pemanfaatan limbah beton sebagai bahan substitusi agregat kasar pada campuran aspal beton menggunakan metode *Marshall*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian dari laboratorium PT. Surya Marga Utama yang digunakan pada penelitian ini memenuhi persyaratan Agregat yang digunakan pada penelitian ini memenuhi persyaratan sebagai agregat kasar Hasil dari analisa saringan agregat kasar pada agregat 10-20 dengan rata-rata 0,05. agregat 10-15 dengan rata-rata 0,02, dan agregat 5-10 dengan nilai 0,76. Dari ketiga jenis agregat tersebut memenuhi syarat material lolos ayakan no.200 maksimal 1% dengan pengujian yang mengacu pada SNI ASTM C136-2012. Hasil rata-rata jenis agregat kasar digunakan untuk membuat gradasi agregat campuran dan menentukan agregat masuk kedalam spesifikasi yang ditentukan.
2. Hasil penelitian dari pengujian dari kedua aspal yaitu PEN 60-70 dan Aspal Modif PG 70 yang mendapatkan nilai stabilitas marshal cukup berbeda jauh yaitu Hasil nilai Stability Aspal Modifikasi Polimer PG70 pada aspal normal

kadar 5,0% sebesar 1145,87 kg, kadar 5,5% sebesar 1366,23 kg, kadar 6,1% sebesar 1333,17 kg, Hasil nilai Stability Aspal curah pada aspal normal kadar 5,7% sebesar 925,51 kg, kadar 5,8% sebesar 1002,62 kg, kadar 5,9% sebesar 969,58 kg

3. Hasil penelitian untuk mencari kadar aspal optimum yang ditanyakan pada tujuan masalah dan mendapatkan nilai 5,45% campuran aspal setelah Kadar aspal optimum merupakan jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai nilai persyaratan Stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFB, dan *MQ* didapat nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran.
4. Perbandingan campuran menggunakan aspal curah dengan aspal PG 70 mendapatkan hasil berikut :

Jadi perbandingan menggunakan aspal curah dan aspal modif PG 70 itu hamper semua sama namun untuk nilai stabilitas marshall itu kedua aspal cukup berbeda agak jauh

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Oktober, 1036.
- Hartatik, N. (2014). Karakteristik campuran beton aspal (AC-WC) dengan penambahan abu slag baja sebagai bahan pengganti filler. *Kern: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 4(1), 31–44.
- Imannurrohman, N., Sudarno, & Amin, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Perkerasan Laston Asphalt Concrete – Wearing Coarse (AC-WC). *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, 2(1), 25. <https://doi.org/10.31002/.v1i2.3406>
- Made Wisudawan Suwastika, P., Wedyantadji, B., & Mohammad Erfan, D. (2019). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet-Wearing Course, HRS-WC). *Eprint.Itn.Ac.Id*, 2.
- Maulana, A., Amaliah, M., & Utami, R. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Sisa Pengujian Sebagai Substitusi Agregat Pada Campuran AC-WC. *Potensi : Jurnal Sipil Politeknik*, 22(1), 87–95. <https://doi.org/10.35313/potensi.v22i1.1678>
- Purwoko Sidi, M., Wedyantadji, B., & Erfan, M. (2020). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC). *Student Journal Gelagar*, 2(Vol. 2 No. 1 (2020): JURNAL GELAGAR), 36–45.
<https://ejournal.itn.ac.id/index.php/gelagar/article/view/2630>
- SNI 03-4428. (1997). Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastik dengan cara setara pasir. Badan Standar Nasional Indonesia, 1– 10.
- SNI 06-2489. (1991). Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall.

Badan Standardisasi Nasional, 1, 7.

SNI 1969:2016. (2016). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 1970:2016. (2016). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2417:2008. (2008). Uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. Badan Standardisasi Nasional, 1–9.

SNI 2432:2011. (2011). Cara uji Daktilitas Aspal. Standar Nasional Indonesia, 1–9.
<https://dokumen.tips/documents/sni-2432oiiiojiojioj-2011-cara-uji-daktilitas.html>

SNI 2433:2011. (2011). Cara uji titik nyala dan titik bakar aspal dengan alat cleveland open cup. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2434:2011. (2011). Cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (ring and ball). Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2439:2011. (2011). Cara uji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat-aspal. Badan Standardisasi Nasional

SNI 2441:2011. (2011). Cara uji berat jenis aspal keras. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2456:2011. (2011). Cara uji penetrasi aspal. Badan Standardisasi Nasional.

SNI ASTM C136:2012. (2012). Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. Badan Standardisasi Nasional.

Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Sutrisno, R., Iskak Imananto, E., & Erfan, M. (2021). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar 10/10 Pada Lapisan ATB (Asphalt Treated Base) Terhadap Karakteristik Marshall. *Ejournal.Itn.Ac.Ic*, 5(2), 16–22. <https://doi.org/10.36040/sondir.v5i2.4196>

Wirahaji Bagus, I., & Laintarawan, I. P. (2019). Karakteristik Marshall AC-BC Dengan Substitusi Limbah Beton Pada Agregat Kasar. *Jurnal Konstruksi Widya Teknik*, 2019, 12.01: 51-60., 012(April), 1–23.