

STUDI PERBANDINGAN KARAKTERISIK MARSHALL ASPAL PG70 DAN PEN 60/70 CAMPUR SERBUK BAN KARET PADA CAMPURAN BETON ASPAL

Giri Widhiatmoko

Jurusan Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
Jalan. Kaliurang Km 14.5, Sleman, Yogyakarta
225104605@uii.ac.id

Muhamad Abdul Hadi

Jurusan Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
Jalan. Kaliurang Km 14.5, Sleman, Yogyakarta
muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id

Abstract

As traffic volume continues to increase, the need for durable pavement layers becomes essential. Meanwhile, waste from used rubber tires is also rising in line with growing mobility demands. One approach to utilizing this waste while improving the quality of asphalt mixtures is to use polymer-modified asphalt instead of petroleum-based asphalt. This study aims to compare asphalt mixtures using PG70 asphalt and PEN 60/70 asphalt with the addition of rubber tire powder, based on Marshall characteristics. The results indicate that adding rubber tire powder to the AC-WC mixture in both PG and PEN 60/70 asphalt increases stability values but reduces flow values. However, stability and flow values decrease if the rubber tire powder content continues to increase. The maximum stability value is achieved with a 4% addition of rubber tire powder for both types of asphalt, reaching 923.11 kg for PG asphalt and 903.09 kg for PEN 60/70 asphalt. Thus, it can be concluded that the addition of rubber tire powder enhances the stability value of the asphalt mixture.

Keywords: Marshall, Asphalt PG70, Asphalt PEN 60/70, Crumb Rubber, AC-WC

Abstrak

Seiring pertumbuhan lalu lintas yang semakin tinggi, maka dibutuhkan lapis perkerasan yang handal. Disisi lain limbah karet bekas ban mobil juga mengalami kenaikan seiring pertumbuhan kebutuhan untuk mobilitas. Salah satu upaya untuk memanfaatkan limbah dan mengembangkan kualitas campuran beraspal, maka dilakukan penelitian dengan menggunakan aspal modifikasi polimer dari pada menggunakan aspal minyak. Tujuan penelitian ini mengetahui perbandingan campuran beraspal yang menggunakan aspal PG70 dengan aspal PEN 60/70 dan penambahan serbuk ban karet berdasarkan karakteristik *Marshall*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa, penggunaan bahan tambah serbuk ban karet dalam campuran AC-WC pada aspal PG dan aspal PEN 60/70 akan meningkatkan nilai stabilitas namun mengurangi nilai *flow*. Nilai stabilitas dan *flow* akan menurun jika kadar serbuk ban karet terus ditambahkan. Nilai maksimum stabilitas berada pada penambahan serbuk ban karet sebesar 4% untuk masing-masing jenis aspal, yaitu sebesar 923,11 kg pada aspal PG dan 903,09 kg pada aspal PEN 60/70. Jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk ban karet memberikan dampak kenaikan pada nilai stabilitas.

Kata Kunci: Marshall, Aspal PG70, Aspal PEN 60/70, Serbuk Ban Karet, AC-WC

PENDAHULUAN

Pertumbuhan infrastruktur dan mobilitas yang tinggi akan meningkatkan kebutuhan akan sarana prasarana transportasi yang baik. Berkenaan dengan itu kebutuhan akan jalan dengan perkerasan yang efektif, inovatif, dan efisien semakin meningkat. Di sisi lain sisa limbah dari material karet ban bekas juga menjadi sampah yang harus mendapatkan perhatian. Solusi yang terbaik adalah mengolahnya kembali untuk memiliki nilai ekonomi yang lebih baik. Untuk itu perlu dilakukan penelitian dengan merancang suatu campuran beraspal dengan menggunakan aspal berbahan tambah karet, atau menggunakan aspal modifikasi polimer daripada menggunakan aspal minyak.

Karet ban bekas menjadi limbah yang tidak terpakai, padahal karet ban bekas merupakan bahan yang banyak ditemukan dan dapat digunakan dalam memodifikasi aspal. Penggunaan bahan tambah karet sudah dilakukan oleh *US Departemen of Transportation Federal Highway Administration* sejak tahun 1986 dengan hasil bahwa pencampuran aspal dengan serbuk ban bekas dapat mereduksi kerusakan pada perkerasan lentur dari cuaca dan lalu lintas (Sugiyanto, 2008). Aspal yang ditambah karet dapat memperbaiki sifat reologi pada suhu rendah dan tinggi sehingga membuat daya tahan meningkat 3 kali lipat dibandingkan dengan aspal minyak (Azhari, 2018).

Aspal *Performance Grade* atau PG merupakan hasil aspal modifikasi yang menambahkan jenis polimer. Aspal PG memiliki dua nilai yang dimana nilai pertama menunjukkan suhu maksimum lapisan aspal tanpa deformasi. Nilai kedua mewakili suhu minimum lapisan aspal bebas retak tempat aspal diletakkan (Indriyati, 2017). Saat ini aspal PG70 sering digunakan di proyek – proyek besar seperti jalan tol, landasan pacu, dan lain-lain. Hal ini dikarenakan aspal PG70 lebih stabil dari segi suhu dan hal lainnya dibandingkan aspal PEN. Lapisan AC-WC sendiri merupakan lapisan yang rentan terhadap kerusakan temperature tinggi dan beban lalu lintas sehingga terjadi lepasnya butiran agregat dan retak (Ferbiansyah et al., 2023), hal ini karena lapisan AC-WC yang berkontak langsung dengan ban kendaraan. Uraian temuan penelitian tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan Aspal PG70 lebih baik dari pada Aspal PEN 60/70. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kualitas campuran beton aspal menggunakan aspal PG70 dengan aspal PEN 60/70 berdasarkan karakteristik *Marshall*.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang merupakan metode dengan melakukan serangkaian kegiatan atau percobaan untuk mendapatkan hasil berupa data-data yang dibutuhkan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia. Beberapa tahapan dalam penelitian ini antara lain mencari studi pustaka, mencari sumber/referensi, melakukan uji karakteristik bahan seperti agregat dan aspal, serta bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini yaitu serbuk karet ban bekas. Pada penelitian (Putra et al., 2023) menggunakan serbuk ban dengan lolos ayakan no 8 dan dianjurkan untuk menggunakan saringan yang lebih halus agar campuran aspal dengan karet dapat lebih homogen. Penelitian ini menggunakan bahan tambah serbuk ban karet ukuran lolos ayakan saringan no 16 tertahan no 30 yang dicampurkan pada aspal.

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan antara lain:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan seperti serbuk ban karet yang sudah diayak, dan aspal PEN 60/70 maupun aspal PG70.
- b. Melalukukan perencanaan *Job Mix Formula* yaitu proporsi agregat dari campuran beton aspal.
- c. Penimbangan agregat sesuai dengan perencanaan yang didapat sebelumnya.
- d. Pembuatan benda uji *Marshall* dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%.

- e. Penimbangan dan pengukuran benda uji, lalu direndam pada bak air selama 16-24 jam.
- f. Menimbang benda uji pada kondisi didalam air, dan kondisi kering permukaan jenuh.
- g. Melakukan perendaman benda uji pada *waterbath* dengan suhu 60°C selama 30 menit untuk pengujian *Marshall*.
- h. Mengolah data *Marshall* yang ditinjau mulai dari stabilitas, kelelahan, *Void Mineral Aggregate (VMA)*, *Void in The Total Mix (VITM)*, dan *Void Filled with Asphalt (VFWA)*.
- i. Mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)
- j. Penimbangan dan pembuatan benda uji setelah KAO dengan variasi kadar serbuk ban karet.
- k. Melakukan Pengujian *Marshall* setelah KAO + Kadar serbuk ban karet.
- l. Penarikan Kesimpulan dan saran.

Stabilitas *Marshall* adalah parameter yang mengukur daya tahan campuran aspal terhadap pemecahan dan deformasi akibat beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Nilai stabilitas akan terus naik dan akan turun pada kadar aspal optimumnya. Adapun untuk mengetahui nilai stabilitas dapat menggunakan persamaan 1 berikut ini.

$$\text{Nilai stabilitas (kg)} = \text{Pembacaan arloji stabilitas} \times k \times a_k \times 0,454 \quad (2)$$

dimana,

k = kalibrasi *proving ring*

a_k = angka koreksi tinggi sampel

0,454 = angka konversi satuan lb ke kg

VMA merupakan persen rongga udara yang ada diantara partikel – partikel di dalam campuran beton aspal yang telah di padatkan atau ruangan kosong dalam agregat mineral. Adapun untuk mengetahui nilai *VMA* dapat menggunakan persamaan 2 berikut ini.

$$VMA = (100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}) \quad (2)$$

dimana,

G_{mb} = berat jenis *bulk* dari campuran

G_{sb} = berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk campuran

P_s = kadar aspal terhadap campuran beton aspal (%)

VITM merupakan gambaran volume total ruang kosong diantara partikel agregat dan bahan pengikat dalam campuran. Nilai *VITM* sangat berpengaruh terhadap keawetan perkerasan. Adapun untuk mengetahui nilai *VITM* dapat menggunakan persamaan 3 berikut ini.

$$VITM = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \times 100 \quad (3)$$

dimana,

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran

G_{mb} = berat jenis *bulk* dari campuran

VFWA adalah persen rongga yang terisi aspal pada campuran beton aspal setelah mengalami proses pemadatan. Nilai *VFWA* berkaitan dengan kekedapan campuran. Adapun untuk mengetahui nilai *VFWA* dapat menggunakan persamaan 4 berikut ini.

$$VFWA = (\frac{100 \times (VMA - VITM)}{VMA}) \quad (4)$$

dimana,

VMA = void mineral aggregate (%)

$VITM$ = void in the total mix (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

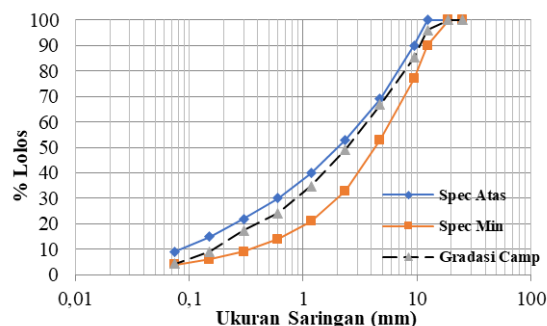
Penentuan Proporsi Agregat Campuran Beton Aspal

Penelitian ini menggunakan campuran beton aspal AC-WC. Penentuan proporsi agregat pertama dengan melakukan gradasi agregat yang digunakan yaitu agregat kasar (*coarse aggregate*), agregat sedang (*medium aggregate*), dan agregat halus (*fine aggregate*). Setelah dilakukan gradasi maka didapatkan amplop gradasi lalu dilakukan penentuan proporsi dengan cara *trial and error* persense proporsi agregat hingga masuk dalam rentang spesifikasi yang telah ditentukan dalam standar yang berlaku, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Proporsi Agregat Untuk Campuran AC-WC

Saringan	1	3/4	1/2	3/8	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
CA	100,0	100,0	78,89	38,53	6,39	1,92	1,09	1,01	0,91	0,65	0,29
0,23	19,0	19,0	14,98	7,32	1,21	0,36	0,20	0,19	0,17	0,12	0,05
MA	100,0	100,0	100,00	91,15	55,77	28,23	18,11	13,06	10,25	6,24	3,83
0,33	35,0	35,0	35,00	31,90	19,52	9,88	6,33	4,57	3,58	2,18	1,34
FA	100,0	100,0	100,00	100,00	100,00	84,68	70,00	42,12	29,64	14,93	6,40
0,44	46,0	46,0	46,00	46,00	46,00	38,95	32,20	19,37	13,63	6,86	2,94
1,00	100,0	100,00	95,99	85,23	66,73	49,20	38,75	24,14	17,40	9,18	4,34
Spek Atas	100	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9
Spek Bawah	100	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4
Kontrol	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabel 1 memperlihatkan persentasi proporsi agregat yang digunakan pada penelitian ini, terlihat bahwa proporsi agrgat campuran AC-WC antara lain terdiri dari Agregat Kasar (CA) = 19 %, Agregat Kasar (MA) = 35 %, dan Agregat Halus (FA) = 46 %. Gradasi dari butiran tersebut terlihat apda Gambar 1.



Gambar 1 Gradasi Campuran Agregat

Setelah didapatkan proporsi agregat, kemudian dilakukan pengujian *Marshall* untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO).

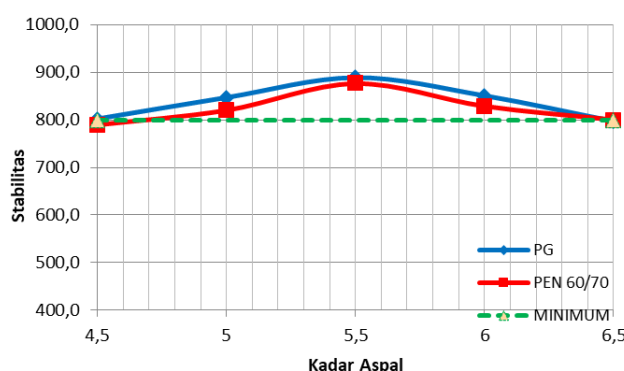
Hasil Pengujian Marshall Untuk Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian Marshall untuk menentukan Kadar Aspal Optimum, diperlihatkan pada Tabel 2. Kadar aspal yang diujikan mulai dari kadar aspal 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0% dan 6,5%. Dengan memperhitungkan nilai VITM, VFWA, VMA, Stabilitas dan Flow yang memenuhi untuk semua parameter, maka dapat ditentukan nilai KAO nya.

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC

Kadar Aspal	VITM (%)		VFWA (%)		VMA (%)		STABILITAS (kg)		FLOW	
	PG	PEN	PG	PEN	PG	PEN	PG	PEN	PG	PEN
4,5	5,501	5,263	64,418	65,796	14,29	14,217	802	789	2,403	2,553
5	5,04	4,87	68,660	69,722	14,93	14,93	847	820	2,593	2,703
5,5	4,63	4,44	72,348	73,482	15,60	15,6	889	877	2,790	3,060
6	4,35	4,22	75,161	75,992	16,37	16,45	851	829	3,147	3,280
6,5	3,81	3,68	78,893	79,704	16,93	17	797	800	3,450	3,537

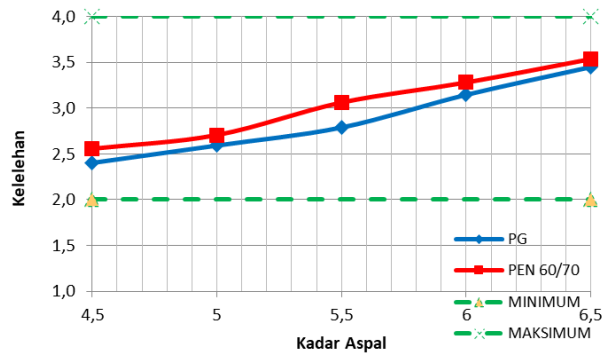
Gambar 2 memperlihatkan hubungan antara nilai Stabilitas dan kadar aspal untuk benda uji yang dibuat. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa untuk nilai Stabilitas, semua kadar aspal optimum yang dibuat memenuhi kriteria dari standar yang berlaku yaitu lebih dari 800 kg.



Gambar 2 Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas Untuk Campuran AC-WC Aspal PG70 dan PEN 60/70

Gambar 2 memperlihatkan juga bahwa semakin tinggi nilai kadar aspal maka semakin tinggi nilai stabilitasnya dan akan turun jika terus dilakukan penambahan kadar aspal. Hasil Stabilitas campuran AC-WC dengan aspal PG70 lebih tinggi dari pada dengan aspal PEN 60/70 Untuk hasil Stabilitas campuran dengan aspal PG70 memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran dengan aspal PEN 60/70 dikarenakan aspal PG70 memiliki nilai kekentalan yang lebih besar yang dimana dapat menambah nilai stabilitasnya. Nilai stabilitas aspal polimer PG70 lebih tinggi dibandingkan dengan aspal minyak PEN 60/70 (Apteda et al., 2023)

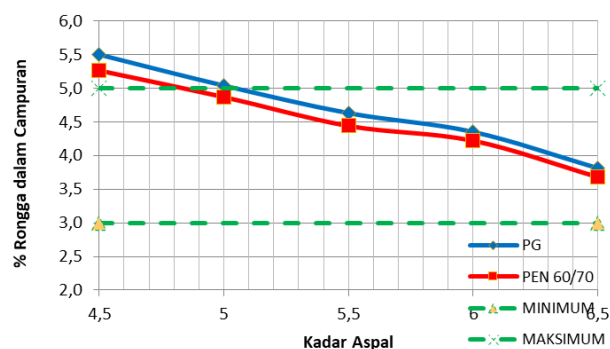
Hubungan antara nilai Kelelehan (*flow*) dan kadar aspal untuk benda uji yang dibuat diperlihatkan oleh Gambar 3. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa untuk nilai *Flow*, semua kadar aspal optimum yang dibuat memenuhi kriteria dari standar yang berlaku yaitu antara 2,0 sampai 4,0.



Gambar 3 Hubungan Kadar Aspal Dengan Kelelehan Untuk Campuran AC-WC aspal PG70 dan PEN 60/70

Gambar 3 memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka semakin tinggi nilai kelelehannya. Untuk campuran AC-WC nilai kelelehan dengan aspal PEN 60/70 memiliki nilai kelelehan lebih tinggi dibandingkan dengan campuran dengan aspal PG70. Hal ini dikarenakan aspal PEN 60/70 memiliki nilai kekentalan yang lebih kecil dibandingkan dengan aspal PG70 sehingga ikatan aspal PEN 60/70 lebih lemah dibandingkan aspal PG70, selain itu dengan aspal PEN/70 memiliki kepekaan terhadap suhu lebih tinggi dibandingkan dengan aspal PG70. Nilai *flow* pada KAO campuran aspal PEN 60/70 lebih tinggi dari pada campuran aspal Starbit E-55 dan PG 76 yang menunjukkan bahwa aspal modifikasi membuat campuran lebih kaku dan kuat dalam menahan deformasi yang terjadi (Purnama, 2021).

Untuk hubungan antara nilai persentase rongga dalam campuran dan kadar aspal untuk benda uji yang dibuat diperlihatkan oleh Gambar 4. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa untuk nilai % rongga dalam campuran, tidak semua kadar aspal optimum yang dibuat memenuhi kriteria dari standar yang berlaku yaitu antara 3,0 sampai 5,0. Untuk kadar aspal 4,5% nilainya tidak terpenuhi.

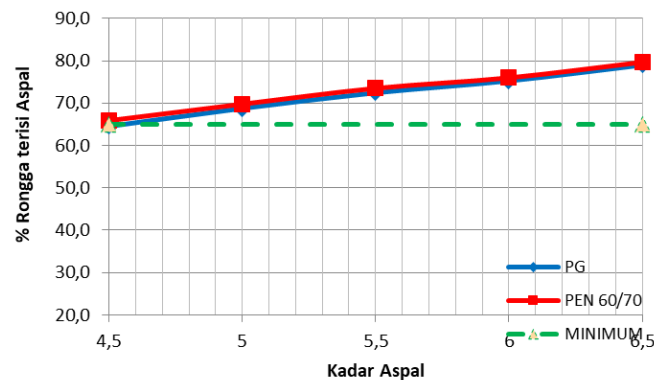


Gambar 4 Hubungan Kadar Aspal Dengan VITM Untuk Campuran AC-WC aspal PG70 dan PEN 60/70

Gambar 4 memperlihatkan semakin tinggi kadar aspal maka semakin rendah atau berkurang nilai VITM, hal ini dikarenakan aspal mengisi rongga – rongga pada campuran. Untuk hasil VITM pada campuran AC-WC dengan aspal PG70 memiliki nilai VITM lebih tinggi dibandingkan campuran dengan aspal PEN 60/70, hal ini dikarenakan nilai kekentalan

aspal PG lebih tinggi dibandingkan dengan aspal PEN 60/70 sehingga aspal PG tidak dapat mengisi rongga campuran dengan baik. Aspal PG memiliki kekentalan yang lebih kental sehingga aspal dengan berat volume yang sama aspal PG mengisi rongga lebih kambat dalam campuran (Lusyana et al., 2022)

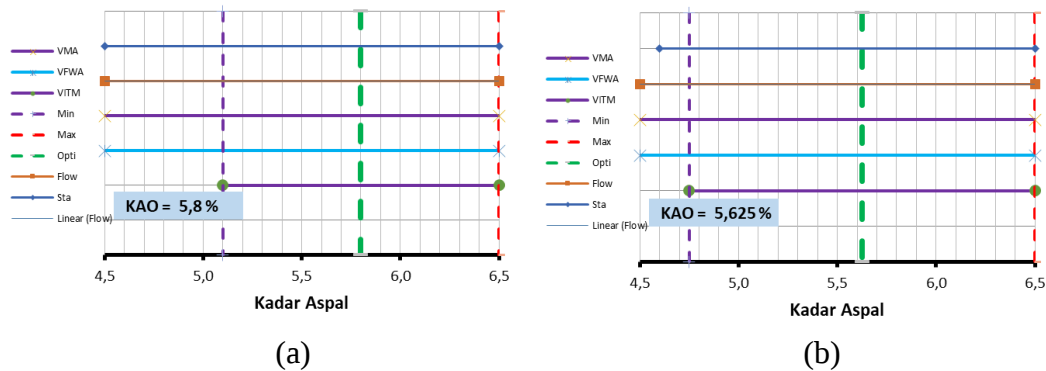
Untuk hubungan antara nilai persentase rongga terisi aspal dan kadar aspal untuk benda uji yang dibuat diperlihatkan oleh Gambar 5. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa untuk nilai % rongga terisi aspal, semua kadar aspal optimum yang dibuat memenuhi kriteria dari standar yang berlaku yaitu lebih dari 65%.



Gambar 5 Hubungan Kadar Aspal Dengan VFWA Untuk Campuran AC-WC aspal PG70 dan PEN 60/70

Gambar 5 memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka semakin tinggi nilai VFWA, hal ini dikarenakan aspal mengisi rongga – rongga yang dapat terisi aspal pada angregat dan campuran. Nilai VFWA campuran AC-WC dengan aspal PEN 60/70 memiliki nilai yang lebih tinggi hal ini karena kekentalan dari PEN 60/70 yang rendah menyebabkan aspal PEN 60/70 cenderung lebih cair dari pada PG70 sehingga aspal PEN 60/70 lebih dapat mengisi hingga rongga terkecil yang dapat diisi oleh aspal. Sifat aspal PEN 60/70 memiliki pelelehan yang stabil sehingga aspal PEN 60/70 menutupi kekurangan aspal PG yang memiliki peran menyelimuti butiran aggregate dan mengisi rongga udara sehingga semakin terisi (Ikhwandito et al., 2023).

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan terhadap nilai-nilai KAO tersebut, akan ditentukan besarnya nilai KAO yang akan digunakan dalam penelitian ini. Gambar 6 memperlihatkan penentuan Kadar Aspal Optimum berdasarkan standar yang sudah ditentukan. Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran aspal PG70 secara umum lebih besar dibandingkan dengan aspal PEN 60/70, hal ini dikarenakan sifat dari aspal PG yang memiliki indeks penetrasi lebih rendah sehingga membutuhkan aspal yang lebih banyak untuk menyelimuti agregat pada campuran.



Gambar 6 Kadar Aspal Optimum Untuk Campuran AC-WC aspal PG70 (a) dan PEN 60/70 (b)

Gambar 6 memperlihatkan bahwa nilai KAO campuran AC-WC yang diambil dari aspal PG didapatkan 5,8% dan campuran AC-WC aspal PEN 60/70 sebesar 5,625%. Setelah didapatkan nilai KAO, dilakukan pembuatan sampel dengan kadar aspal yang telah didapatkan atau berdasarkan KAO serta penambahan kadar serbuk ban karet pada campuran.

Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

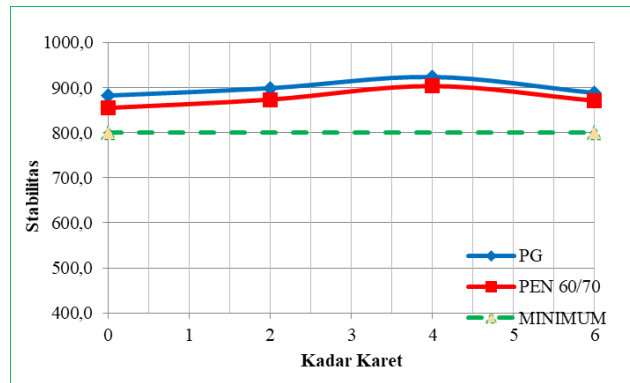
Hasil Hasil pengujian aspal yang ditambahkan serbuk ban karet menghasilkan aspal yang getas dan semakin keras. Hasil pengujiannya terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Aspal + Serbuk Ban Karet

Aspal + Kadar Proporsi Karet	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal		
	Titik Lembek (°C)	Penetrasi (mm)	Daktalitas (cm)
Pen 60/70 + 0% Karet Ban	48	65,5	165
Pen 60/70 + 2% Karet Ban	52	63	152
Pen 60/70 + 4% Karet Ban	56	61	145
Pen 60/70 + 6% Karet Ban	59	58	138
PG-70 + 0% Karet Ban	55	57,5	140
PG-70 + 2% Karet Ban	59	53	130
PG-70 + 4% Karet Ban	62	50	115
PG-70 + 6% Karet Ban	65	47	105

Tabel 3 memperlihatkan parameter yang menandai benda uji semakin keras, yaitu dari hasil penetrasi yang semakin kecil. Titik lembek yang semakin tinggi membuat suhu ekstrim aspal menjadi lebih tinggi hingga kehilangan nilai padatnya dan nilai daktalitas menjadi lebih pendek dan putus saat diuji memperlihatkan ke-getasannya. Setelah dilakukan pengujian karakteristik aspal, kemudian dilakukan pengujian *Marshall* untuk mengetahui hubungan dari kadar serbuk ban karet dengan hasil *Marshall*. Persentase dari kadar serbuk ban karet berdasarkan dari persentase aspal yang digunakan pada KAO.

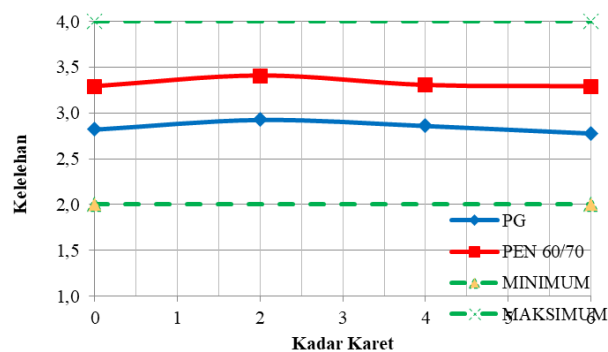
Pengujian memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar penambahan serbuk ban karet nilai stabilitas meningkat, akan tetapi jika terus ditambah maka nilai stabilitas akan menurun, seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hubungan Kadar Karet Dengan Stabilitas Untuk Campuran AC-WC aspal PG70 dan PEN 60/70 Setelah KAO

Gambar 7 memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar penambahan serbuk ban karet nilai stabilitas meningkat, akan tetapi jika terus ditambah maka nilai stabilitas akan semakin menurun. Nilai stabilitas pada campuran AC-WC menggunakan aspal PG70 lebih tinggi dibandingkan dengan campuran menggunakan aspal PEN 60/70. Nilai rata-rata stabilitas aspal polimer ditambahkan dengan serbuk ban karet lebih tinggi dari aspal tidak ditambahkan serbuk ban karet dan akan turun ketika kadar penambahan serbuk ban karet terus bertambah hal ini karena sifat *crumb rubber* yang memiliki permukaan yang kasar dan keras sehingga mengurangi kelekatan dari aspal terhadap campuran (FaritzieHijriah et al., 2021).

Semakin tinggi kadar penambahan serbuk ban karet yang lebih dari 2% akan menurunkan nilai *flow*. Hal ini terlihat pada Gambar 8, dimana Nilai *flow* campuran AC-WC menggunakan aspal PG70 lebih rendah dibandingkan dengan campuran menggunakan aspal PEN 60/70.



Gambar 8 Hubungan Kadar Karet Dengan Stabilitas Untuk Campuran AC-WC aspal PG70 dan PEN 60/70 Setelah KAO

Nilai *flow* pada campuran aspal PG70 lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal PEN 60/70 dikarenakan perbedaan nilai titik leleh yang lebih besar pada aspal PG70 dibandingkan dengan aspal PEN 60/70. Selain sifat dari aspal PG, sifat serbuk ban karet yang membuat aspal menjadi lebih getas sehingga menurunkan nilai viscous dari aspalnya (Rahman, 2023). Nilai Stabilitas menurun seiring dengan pertambahan kadar serbuk ban

karet, hal ini karena jumlah serbuk ban karet menyebabkan daya ikat aspal dan penguncian antar agregat semakin berkurang (Iqbal, 2023).

KESIMPULAN

Penggunaan aspal polimer PG70 memiliki nilai karakteristik campuran yang lebih baik dibandingkan dengan aspal minyak PEN 60/70. Aspal PG70 meningkatkan nilai-nilai pada karakteristik *Marshall*, hal ini dikarenakan sifat dari aspal PG70 yang memiliki nilai viscositas lebih rendah, memiliki kepekaan terhadap suhu yang rendah, hingga karakteristik pengujian seperti titik lembek yang tinggi, penetrasi, dan daktilitas.

Penggunaan bahan tambah serbuk ban karet dalam campuran AC-WC pada aspal PG dan aspal PEN 60/70 meningkatkan nilai stabilitas tertinggi sebesar 923,11 kg pada aspal PG yang ditambahkan serbuk ban karet 4% dan 903,09 kg pada aspal PEN 60/70 yang ditambahkan serbuk ban karet 4%. Nilai stabilitas akan menurun jika kadar serbuk ban karet terus ditambahkan. Campuran AC-WC pada aspal PG dan aspal PEN 60/70 mengurangi nilai *flow* dengan nilai tertinggi sebesar 2,84 pada aspal PG yang ditambahkan serbuk ban karet 4% dan 3,30 pada aspal PEN 60/70 yang ditambahkan serbuk ban karet 4%. Nilai stabilitas dan *flow* akan menurun jika kadar serbuk ban karet terus ditambahkan. Hal ini karena semakin banyak kadar serbuk ban karet maka sifat karet yang keras menyebabkan kurang optimumnya aspal yang ditambahkan karet untuk mengisi rongga pada campuran, sehingga agregat terselimuti aspal lebih banyak yang menyebabkan ikatan yang bekerja hanya ikatan antar partikel aspal. Implementasi dari penelitian ini adalah penggunaan limbah karet ban bekas yang dapat digunakan dalam meningkatkan stabilitas dari campuran yang dinilai efektif dan ramah lingkungan karena menggunakan limbah ban karet. Dengan penggunaan limbah karet ban bekas sudah dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah dari ban bekas yang tidak diolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Apteda, P. E., Royyan, M., Yuwanto, H. A. P., Romadhon, M. H. S., & Putri, A. M. 2023. *Perbandingan Karakteristik Marshall pada Aspal Modifikasi Polimer PG70 dengan Aspal Minyak Pen 60-70 pada Proyek Preservasi Jalan Sidoarjo – Malang*. Jural Riset Rumpun Ilmu Teknik, 2(1), 23–31.
- Azhari, D. 2018. *Analisis Pengaruh Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Bahan Penambah Aspal Dengan Filler Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC)*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- FaritzieHijriah, H. Al, Umari, Z. F., & Panjaitan, R. 2021. *Analisis Kadar Optimum Serbuk Karet Ban Dalam Bekas Pada Campuran Aspal*. TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 11(1), 29. <https://doi.org/10.24127/tp.v11i1.1784>
- Ferbiansyah, R., Indriani, A. M., & Utomo, G. 2023. *Analisis Durabilitas Campuran Ac-Wc Menggunakan Asphalt Buton Pen 60 / 70 Dan Asphalt Pg76 Perbandingan 40 : 60*.

November, 16–17.

- Ikhwandito, Y., Indiani, A. M., & Gunaedy, U. 2023. *Analisis Perkerasan Aspal Buton PEN 60/70 & PG76 (30:70) Terhadap Karakteristik Marshall*. 17(November), 9–24.
- Indriyati, E. W. 2017. *Kajian Perbandingan Penggunaan Aspal Modifikasi Asbuton Dan Asphalt Rubber (Ar) Untuk Infrastruktur Jalan*. Jurnal Teknik Sipil, 14(2), 94–100. <https://doi.org/10.24002/jts.v14i2.1527>
- Iqbal. 2023. *Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Karet Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Dengan Metode Pencampuran Konvensional Dan Bertahap*. Universitas Islam Indonesia.
- Lusyana, Mukhlis, Suardi, E., Fitri, R., & Sagita, D. C. 2022. *Perbandingan Karakteristik Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Aspal PEN 60/70 dan Aspal PG 76*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil, 19(1), 88–95. <https://doi.org/10.30630/jirs.v19i1.701>
- Purnama, A. R. 2021. *Kinerja Campuran Beraspal Dengan Menggunakan Aspal Starbit E-55 dan Aspal PG 76 FR Berdasarkan Gradasi Asphalt Concrete (AC) Bandar Udara*. FTSP Series, 1(1), 1–8.
- Putra, M. T., Destania, H. R., & Febryandi, F. 2023. *Analisis Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi pada Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC) dengan Penambahan Serbuk Ban Kendaraan*. Jurnal Teknik Sipil, 19(2), 335–350. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.5580>
- Rahman, I. Y. 2023. *Pengaruh Substitusi Fly Ash Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Superpave Dengan Bahan-Iat PEN 60/70 Dan Starbit PG-70*. Universitas Islam Indonesia.
- Sugiyanto, G. 2008. *Kajian Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt*. 50, 91–104.