

Karakteristik Penambahan *Filler Fly Ash* terhadap Material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* sebagai Daur Ulang *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*

Rizka Nur Aziziah¹, Faisal Rizal²

¹Mahasiswa, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: rizkanur085@gmail.com

²Dosen, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: faisalrizal@pnl.ac.id

*Corresponding author: Faisal Rizal, email: faisalrizal@pnl.ac.id

Abstrak

Kualitas agregat yang digunakan dalam campuran aspal merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi performa perkerasan jalan. Standar Nasional Indonesia (SNI) menetapkan spesifikasi sifat fisis agregat yang harus dipenuhi untuk mencapai campuran Laston AC-BC yang optimal. Namun, dalam praktiknya sering kali terdapat penyimpangan sifat fisis agregat yang digunakan, baik karena keterbatasan material lokal maupun faktor lainnya. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penyimpangan sifat fisis agregat terhadap nilai parameter Marshall pada campuran Laston AC-BC. Penelitian ini difokuskan pada dua aspek utama yaitu mengetahui nilai parameter Marshall pada campuran Laston AC-BC dengan agregat yang sifat fisiknya tidak sesuai standar SNI, dan merancang modifikasi metode campuran untuk meningkatkan nilai parameter Marshall pada campuran yang menggunakan agregat yang tidak sesuai spesifikasi. Metode penelitian melibatkan pengujian sifat fisis agregat, seperti gradasi, kekerasan, dan kebersihan, yang tidak sesuai dengan standar SNI, kemudian diaplikasikan pada campuran Laston AC-BC. Pengujian Marshall dilakukan untuk memperoleh nilai stabilitas, flow, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Bitumen (VFB), Marshall Quotient (MQ), dan densitas campuran. Data hasil pengujian ini dianalisis untuk memahami pengaruh penyimpangan agregat terhadap performa campuran aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan agregat yang tidak sesuai spesifikasi terhadap kadar aspal ideal tidak diperoleh kadar aspal optimum sehingga tidak mendapatkan kualitas yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) atau Bina Marga. Penyimpangan sifat fisis agregat berpengaruh terhadap parameter Marshall. Stabilitas dan densitas campuran cenderung menurun, sementara nilai VIM meningkat pada agregat yang tidak memenuhi spesifikasi SNI. Berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini merancang modifikasi metode pencampuran dan pemadatan untuk memperbaiki performa campuran Laston AC-BC yang menggunakan agregat tidak sesuai spesifikasi, terutama dalam mencapai kestabilan dan kepadatan optimal. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pemahaman tentang pentingnya pengendalian kualitas agregat dalam campuran Laston AC-BC serta menawarkan solusi modifikasi metode yang dapat diterapkan ketika material agregat yang tersedia tidak memenuhi standar SNI.

Kata Kunci : Aspal, Laston AC-BC, Parameter Marshal, SNI

PENDAHULUAN

Kualitas dan sifat agregat sangat menentukan dalam memikul beban lalu lintas, yang sifat dan kualitas yang baik diperlukan untuk lapisan permukaan (surface) yang akan langsung memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapisan bawah (base course). maka memahami jenis serta penyebab kerusakan pada konstruksi jalan dapat membantu dalam mengambil tindakan pencegahan dan perbaikan yang efektif. Guna menghasilkan kondisi jalan

sesuai dengan spesifikasi atau struktur, maka diperlukan bahan pembentuk jalan yang mempunyai mutu yang baik, salah satunya pada penggunaan material agregat. Oleh karena itu penggunaan agregat harus menggunakan agregat dengan kualitas yang baik seperti agregat yang telah disyaratkan oleh SNI atau Bina Marga

Pembangunan dan pemeliharaan jalan yang dilaksanakan pada masa sekarang ini diarahkan pada usaha pemanfaatan material setempat, dimana kualitas agregat untuk konstruksi jalan harus benar-benar diperhatikan yang harus memenuhi spesifikasi dan merupakan syarat mutlak. Namun pekerjaan dilapangan sering terjadi berbagai kendala dan masalah, terutama pada tahap pengaspalan, salah satunya disebabkan oleh lokasi pekerjaan yang tidak tersedianya material yang sesuai standar SNI atau Bina Marga. Sehingga dapat terjadi kemungkinan seperti penyimpangan sifat fisis agregat, dan pengaruh pada saat melakukan penelitian tidak optimal juga nilai stabilitas dari parameter uji akan berkurang. Sehingga agregat yang sesuai standar SNI merupakan salah satu unsur penting yang harus diperhatikan, terutama 3 komponen agregat yang utama dalam campuran (*split, medium, dust*). Pada pekerjaan pemadatan aspal dipengaruhi oleh berat jenis, penyerapan air dan jenis campuran yaitu, AC-BC (Asphalt Concrete Bearing Course).

Penelitian ini difokuskan untuk mengkaji bagaimana jika terjadi hasil sifat fisis agregat terhadap nilai parameter marshall dan apakah pengaruh terhadap penyimpangan agregat yang tidak sesuai sesuai spesifikasi pada campuran laston AC – BC terhadap nilai parameter marshall. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai parameter marshall campuran laston AC-BC pada keadaan sifat fisis agregat tidak sesuai standar SNI dan merancang modifikasi metode pada campuran laston AC-BC terhadap nilai parameter marshall yang menggunakan agregat tidak sesuai dengan spesifikasi SNI.

Sifat-Sifat Fisis Agregat

Sifat agregat merupakan salah satu penentuan kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya ikat aspal dengan agregat (Sukirman, 2003).

Tabel 1 Spesifikasi Sifat-Sifat Agregat

No	Sifat-Sifat Fisis Agregat	Syarat	Metode
1	Berat jenis agregat	$\geq 2,50$	SNI 1969-2016
2	Penyerapan air agregat	$< 3\%$	SNI 1969-2016
3	Berat isi agregat	$> 1 \text{ kg/dm}^3$	AASHTO T-19-74 ASTM D 29-71
4	Kelekatan agregat terhadap aspal	$\geq 95\%$ luas	SNI 2439-2011
5	Keausan agregat	$< 40\%$ berat	SNI 2417-2008

Sumber : Spesifikasi Umum Tahun 2018. Divisi 6 Perkerasan Aspal, Seksi 6.3.2 Berat.

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. (Laoli et al., 2013). Sedangkan berat

isi agregat adalah perbandingan berat isi wadah, semakin berat isi agregat akan menghasilkan stabilitas yang tinggi dan memberikan rongga antara butiran yang kecil.

Sukirman (2003) menjelaskan ketahanan agregat terhadap penghancuran (degradasi) diperiksa dengan percobaan abrasi menggunakan mesin Los Angeles. Nilai abrasi untuk bahan perkerasan pada lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah adalah <40% berat. Nilai abrasi >40% menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan cukup untuk digunakan sebagai bahan/material lapisan perkerasan.

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan suatu agregat yang terselimuti oleh aspal terhadap permukaan agregat. Hasil pengujian kelekatan agregat terhadap aspal menunjukkan nilai sebesar 98%. Hasil ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu sebesar >95% (Uda'Batti et al., 2023).

Gradasi agregat distribusi dari ukuran partikel agregat dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat ditimbang dan dipersentasekan agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan terhadap berat total (Tombeg & Rumbayan, 2020).

Pencampuran Agregat

Agregat campuran adalah agregat hasil pencampuran beberapa fraksi agregat sedangkan fraksi agregat adalah agregat sebagaimana tersedia di di sumber atau pemasoknya. Berdasarkan ukuran dominan dari setiap sumber agregat, agregat dibedakan menjadi fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus, dan fraksi abu batu. Jika terdapat lebih dari tiga jenis fraksi agregat yang hendak dicampur, maka dapat ditambah pula dengan fraksi agregat sedang.

Fraksi agregat kasar adalah agregat yang ukuran butir agregatnya dominan terdiri dari agregat kasar, sedikit agregat halus dan atau abu batu. Fraksi agregat halus adalah agregat yang ukuran butir agregatnya dominan terdiri dari agregat halus, sedikit agregat kasar dan atau abu batu. Fraksi abu batu adalah agregat yang ukuran butir agregatnya dominan terdiri dari abu batu, sedikit agregat kasar dan atau halus (Sukirman, 2003).

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200 dan mempunyai sifat non plastis. Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volume (Firdaus et al., 2018).

Aspal adalah bahan alam dengan komponen kimia utama hidrokarbon, hasil eksplorasi dengan warna hitam bersifat plastis hingga cair, dihasilkan dari minyak bumi melalui proses destilasi residu oil. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10–15% berdasarkan volume campuran (Saodang, 2005).

Aspal mempunyai pengaruh penting pada campuran. Oleh karena itu sebelum digunakan aspal terlebih dahulu diperiksa sifat-sifat fisisnya yang meliputi berat jenis, penetrasi, dan titik lembek (Firdaus et al., 2018).

Sifat-Sifat Fisis Aspal

Pengujian fisis aspal adalah pengujian yang diturunkan secara empiris seperti pengujian penetrasi, pengujian viskositas aspal yang merupakan cara untuk menggambarkan sifat-sifat aspal sebagai bahan pengikat. Bentuk lain dari sifat-sifat fisik aspal adalah keawetan aspal dalam hubungannya dengan usia atau masa layan perkerasan (Amsuri, 2019).

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur (Rahmania et al., 2021).

Pengujian Penetrasi Aspal

Menurut SNI 2456-2011, penentuan penetrasi adalah suatu cara untuk mengetahui konsistensi aspal. Konsistensi aspal merupakan derajat kekentalan aspal yang sangat dipengaruhi oleh suhu. Konsistensi dinyatakan dengan angka penetrasi, yaitu masuknya jarum penetrasi dengan beban tertentu ke dalam benda uji aspal pada suhu 25°C selama 5 detik. Penetrasi dinyatakan dengan angka dalam satuan 1 mm. Penentuan konsistensi dengan cara ini efektif terhadap aspal dengan angka penetrasi berkisar 50–200 (Marga, 2018).

Berat Jenis Aspal

Menurut SNI 06-2441-1991, berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama suhu 25°C atau 15,6°C. Berat jenis aspal diperlukan untuk menganalisa campuran aspal dan agregat berat, Kelekatan aspal terhadap agregat dinyatakan dalam persentase luas permukaan bantuan yang tertutup aspal terhadap seluruh luas permukaan yang dan dilihat secara visual. Nilai kelekatan aspal terhadap agregat yang disyaratkan $\geq 95\%$ (Marga, 2018). Titik lembek adalah suhu dimana aspal dalam cincin yang diletakkan secara horizontal di air yang dipanaskan secara teratur mejadi lembek karena beban bola baja dengan diameter 9,35 mm dan berat kurang lebih 3,5 gram yang diletakkan diatasnya, sehingga lapisan aspal tersebut jatuh melalui jarak 2,54 cm (1 inci). Nilai titik lembek dapat bervariasi antara 30°C sampai 200°C.

Aspal Beton (Aspal Concrete/AC)

Menurut Sukirman (2003), aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal secara homogen, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan.

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya rongga dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan fondasi atau tanah dasar (konsolidasi atau *settlement*), tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan menggunakan agregat bergradasi terbuka dan kadar aspal yang tinggi.

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan atau retak. Hal ini dapat dicapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi. Kekesatan atau tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip terutama pada kondisi basah. Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film atau selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah rongga yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator ke kedapan campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

Mudah dilaksanakan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses

penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan (Sukirman, 1999).

Marshall

Salah satu pemeriksaan kinerja campuran aspal beton adalah dengan menggunakan alat Marshall. Alat marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 26,7 KN (6000 lbf) dan flowmeter. *Proving ring* yang digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

Pengujian Marshall bertujuan untuk memeriksa dan menentukan stabilitas campuran agregat dan aspal, terhadap kelelahan plastis (*flow*). Parameter kekuatan marshall yaitu stabilitas, kelelahan plastis, berat volume (*density*), *voids in mix* (VIM), *Voids filled by bitumen* (VFB), *voids in mineral agregat* (VMA) dan *Marshall Quotient* (Rodhiah et al., 2023).

Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*.

METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilakukan pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Tekni Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Data yang dikumpulkan dalam penelitian meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperlukan sebagai pendukung utama dalam suatu penulisan laporan. Data ini diperoleh dari hasil pengamatan atau pemeriksaan di laboratorium yang akan dijadikan suatu pembahasan dan kesimpulan. Pengujian tersebut meliputi pengujian analisa ayakan, pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar, pengujian berat jenis aspal, pengujian penetrasi aspal, pengujian titik leleh aspal, sifat-sifat fisis aspal, dan pengujian stabilitas campuran aspal beton.

Stabilitas campuran ditinjau dengan alat marshall terhadap benda uji yang menggunakan agregat sesuai spesifikasi dan yang tidak sesuai spesifikasi. Pada agregat yang tidak sesuai spesifikasi akan ditinjau kembali terhadap nilai stabilitas, VIM, VMA, DAN VPB. Data sekunder merupakan data pendukung data primer yang diperlukan dalam penelitian seperti sifat fisis aspal meliputi berat jenis, penetrasi, daftar spesifikasi campuran, angka koreksi benda uji, angka kalibrasi alat dan sebagainya. Data sekunder dapat diperoleh dari studi literatur dari instansi terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh meliputi data hasil analisa gradasi agregat, data hasil sifat fisis agregat, data hasil sifat fisis aspal, data hasil pengujian Marshall dan data hasil penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).

1. Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat

Pemeriksaan sifat fisis agregat yang dilakukan meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dan kasar, kelekatan agregat terhadap aspal, serta keausan. Berikut ini hasil pemeriksaan sifat fisis agregat yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat-sifat fisis agregat			
No.	Sifat Fisis Agregat	Syarat Spesifikasi Umum 2018	Hasil
1.	Berat Jenis Agregat (gr/cm ³)		
	a. Split	≥ 2,50	2,50
	b. Screen	≥ 2,50	2,55
	c. Dust stone	≥ 2,50	2,63
	d. Pasir	≥ 2,50	2,38
2.	Penyerapan Agregat (%)		
	a. Split	< 3% berat	0,52
	b. Screen	< 3% berat	1,69
	c. Dust stone	< 3% berat	2,76
	d. Pasir	< 3% berat	2,69

Hasil pemeriksaan sifat fisis material dikaitkan dengan literatur didapati hasil nilai split sebesar 2,48, nilai screen sebesar 2,49, nilai *dust stone* sebesar 2,33, dan nilai pasir sebesar 2,46, hal ini menunjukkan bahwa berat jenis agregat halus dan kasar memenuhi persyaratan yang ditetapkan > 2,50. Sedangkan untuk penyerapan agregat kasar dan halus didapati hasil nilai split sebesar 0,52, nilai screen sebesar 1,69, nilai dust stone sebesar 2,76, dan nilai pasir sebesar 2,68, hal ini menunjukkan bahwa memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu <3% . Dalam hal ini menggunakan Syarat Spesifikasi Umum 2018. Oleh karena itu agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran lapisan AC – BC.

2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Aspal

Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal meliputi berat jenis aspal, penetrasi dan titik lembek. Hasil pemeriksaan sifat fisis aspal secara keseluruhan diperhatikan pada tabel berikut dibawah ini.

Tabel 3. Data hasil pemeriksaan sifat fisis aspal			
No	Sifat-sifat Fisik	Hasil	Syarat
1	Berat jenis, 25°C	1,10 gram/ml	1,00 - 1,30
2	Penetrasi, 25°C 5 dtk, 100 gr	64,1	67 -79
3	Titik lembek	52°C	48°C - 58°C

3. Hasil Pengujian Komposisi Gradasi Campuran

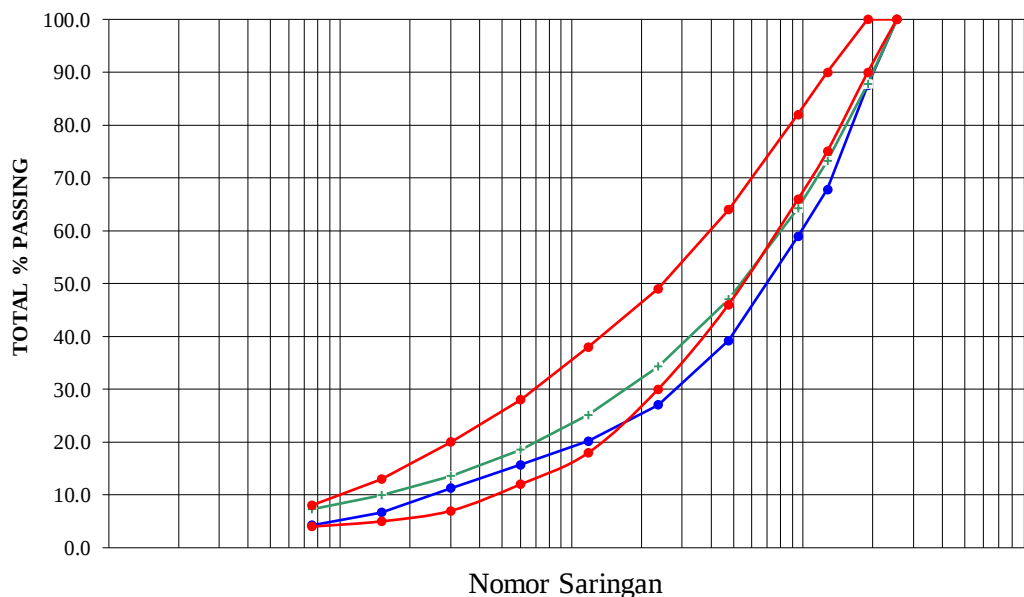
Berdasarkan Tabel 4. dan Gambar 1. menunjukkan bahwa agregat tidak memenuhi spesifikasi, sehingga terjadi penyimpangan terhadap parameter uji marshall yaitu berupa nilai

density, nilai VIM dan nilai VMA. Tetapi nilai gradasi ini akan dijadikan acuan untuk meningkatkan hasil uji parameter marshall dengan melakukan penambahan jumlah pemadatan.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan komposisi gradasi campuran

DATA MATERIAL KOMPOSISI		UKURAN SARINGAN											
		Inc.	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
		mm.	25,4	19	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
AGG. 1"	25%	% Pass. Sive	100,0	49,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
AGG. 3/8"	45%		100,0	100,0	82,9	63,1	19,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
DUST STONE	20%		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	81,0	46,8	26,0	13,6	6,4	4,1
SAND	8,0%		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,6	71,4	32,7	7,6
FILLER	2,0%		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
TOTAL CAMP.	100 %		100,0	87,5	67,8	58,9	39,2	27,0	20,2	15,7	11,3	6,7	4,2
SPECT' GRAD.	MINIMUM		100,0	90	75,0	66	46	30,0	18	12	7	5	4
	MAXIMUM		100,0	100	90	82	64	49,0	38	28	20	13	8
FULLER			100,0	87,8	73,2	64,2	47,0	34,3	25,1	18,5	13,6	9,9	7,3

GRADING CHART



Gambar 1. Grafik Proporsi Campuran Agregat yang tidak memenuhi spesifikasi

4. Kadar Aspal

Kadar aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah kadar aspal ideal, dengan penambahan jumlah tumbukan, dimana pemadatan aspal dengan jumlah pemadatan normal 2x75. Variasi jumlah tumbukan yang digunakan pada penelitian ini yaitu jumlah tumbukan pemadatan 2 x 20, jumlah tumbukan pemadatan 2 x 15, jumlah tumbukan pemadatan 2 x 12, jumlah tumbukan pemadatan 2 x 4, jumlah tumbukan pemadatan 2 x 3. Variasi jumlah tumbukan tersebut didasarkan pada perhitungan sederhana sebagai berikut:

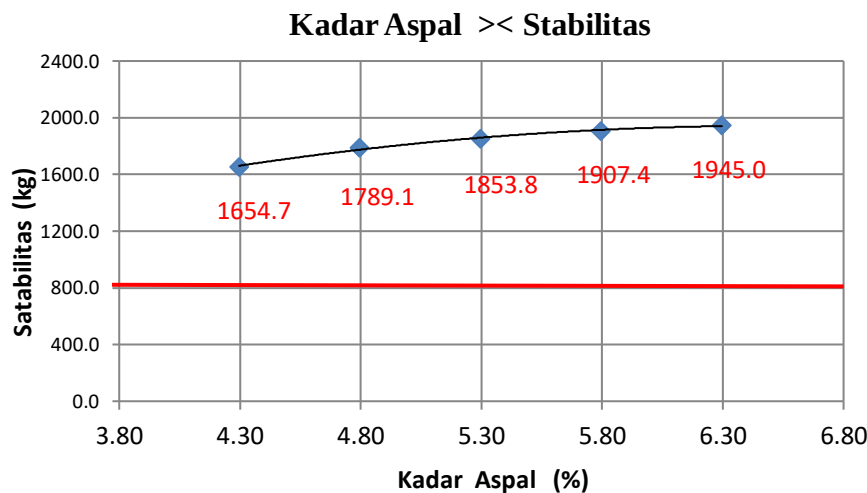
$$\text{Kadar Aspal} = \text{VIM } 6,8 = \frac{6,8 - 5}{6,8} = 0,26$$

$$\text{Penambahan jumlah tumbukan} = 75 \times 0,26 = 20$$

$$= 75 + 20 = 95 \text{ tumbukan}$$

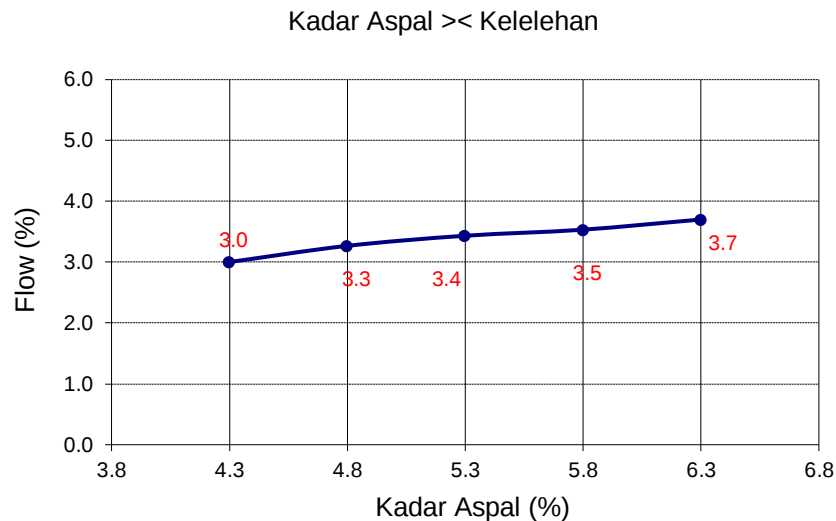
Berdasarkan perhitungan diatas maka dari hasil perhitungan tumbukan tersebut dijadikan patokan untuk perhitungan pada kadar aspal berikutnya sebagai variasi untuk mendapatkan nilai yang baik.

5. Parameter Marshall



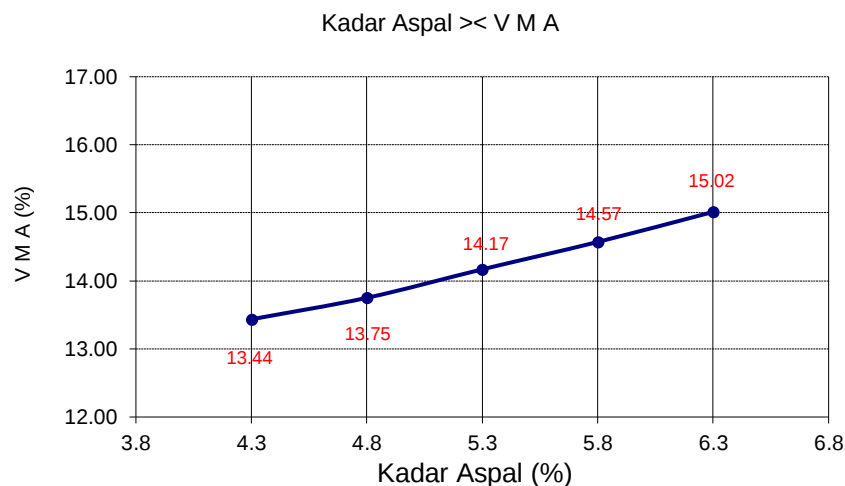
Gambar 2. Grafik hubungan stabilitas dengan penambahan jumlah tumbukan

Nilai stabilitas merupakan nilai arloji pengukur dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring, dan dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji. Dari hasil pengujian Marshall pada kadar aspal 4,3% dengan jumlah tumbukan 2x75 didapati nilai stabilitas sebesar 1655 kg, namun dipengujian pada kadar aspal 4,3 dengan jumlah tumbukan pemadatan 2x95 didapati nilai stabilitas sebesar 1886 kg, jumlah tumbukan 2 x 90 didapati nilai stabilitas sebesar 2101 kg, jumlah tumbukan 2 x 79 didapati nilai stabilitas sebesar 2083 kg, dan untuk jumlah tumbukan 2 x 78 didapati nilai stabilitas sebesar 1898 kg.



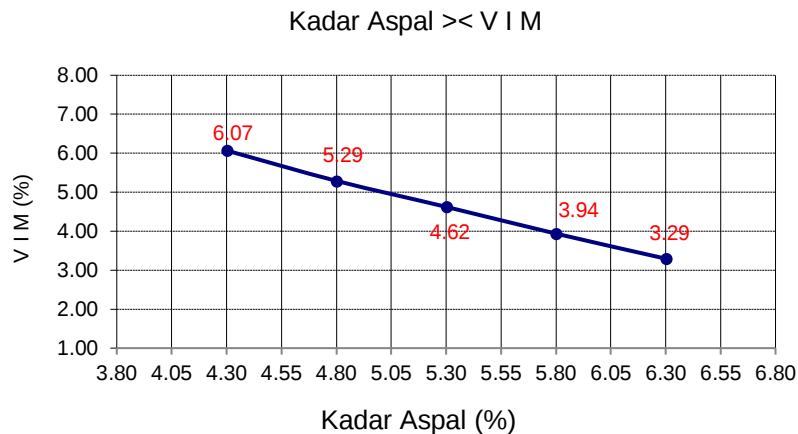
Gambar 3. Grafik hubungan Flow Dengan Penambahan Jumlah Tumbukan

Nilai kelelehan (*flow*) digunakan untuk mengukur besarnya kelelehan yang terjadi akibat beban, nilai bisa didapatkan dengan membaca langsung pada *flowmeternya*. Dari hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum 5,30% dengan suhu normal jumlah tumbukan normal didapati nilai flow sebesar 3,0 mm, namun dipengujian pada kadar aspal dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 95 menghasilkan nilai flow sebesar 3,0 mm, pada jumlah tumbukan 2 x 90 didapati nilai flow sebesar 3,0 mm, jumlah tumbukan 2 x 87 didapati nilai flow sebesar 3,0 mm, untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 79 didapati nilai flow sebesar 3,0 mm. dan untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 78 didapati nilai flow sebesar 3,7 mm.



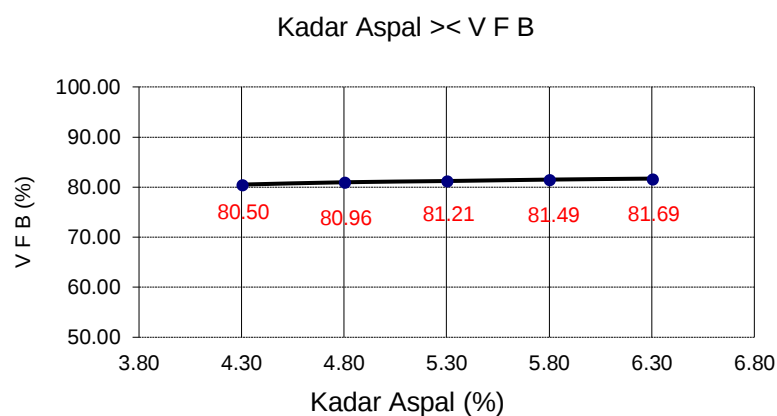
Gambar 4. Grafik Hubungan VMA Dengan Penambahan Jumlah Tumbukan

Dari hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum 13,44% dengan suhu normal jumlah tumbukan normal 2 x 95 didapati nilai VMA sebesar 13,44%, namun dipengujian pada kadar aspal dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 90 didapati nilai VMA sebesar 13,75%, jumlah tumbukan 2 x 87 didapati nilai VMA sebesar 14,17 %, jumlah tumbukan 2 x 79 didapati nilai VMA sebesar 14,57% , dan untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 78 didapati nilai VMA sebesar 15,02%.



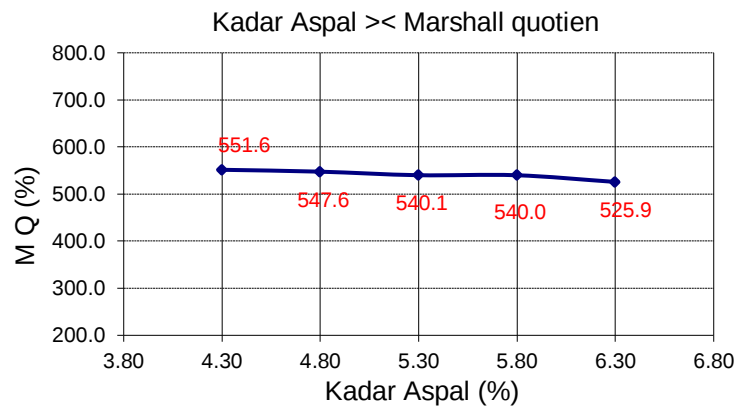
Gambar 5. Grafik Hubungan VIM Dengan Penambahan Jumlah Tumbukan

Dari hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum 5,75% dengan suhu normal jumlah tumbukan normal 2 x 75 didapati nilai VIM sebesar 5,75%, namun dipengujian pada kadar aspal dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 95 didapati nilai VIM sebesar 6,07 %, jumlah tumbukan 2 x 90 didapati nilai VIM sebesar 5,29 %, jumlah tumbukan 2 x 87 didapati nilai VIM sebesar 3,4,62 % ,untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 79 didapati nilai VIM sebesar 3,94 %., dan untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 78 didapati nilai VIM sebesar 3,29 %.



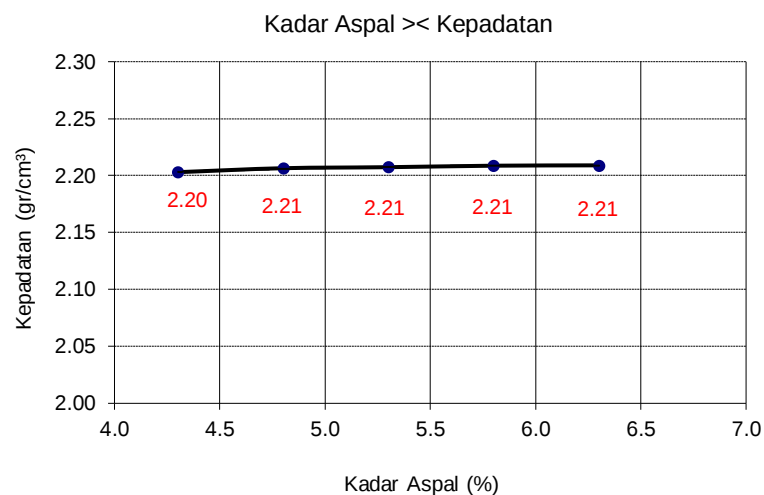
Gambar 6. Grafik Hubungan VFB Dengan Penambahan Jumlah Tumbukan

Volume rongga antara agregat dari beton aspal padat yang terisi oleh aspal, (VFB) merupakan salah satu parameter marshall yang nilainya ditentukan melalui penimbangan benda uji, dan perhitungan. Dari hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum 5,75% dengan suhu normal jumlah tumbukan normal 2 x 75 didapati nilai VFB sebesar 80,7 %, namun dipengujian pada suhu kadar aspal dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 95 didapati nilai VFB sebesar 80,50 %, jumlah tumbukan 2 x 90 didapati nilai VFB sebesar 80,56%, jumlah tumbukan 2 x 87 didapati nilai VFB sebesar 81,21 %, untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 79 didapati nilai VFB sebesar 81,49%. dan untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 78 didapati nilai VFB sebesar 81,69%.



Gambar 7. Grafik Hubungan MQ Dengan Penambahan Jumlah Tumbukan

Dari hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum 5,75% dengan suhu normal jumlah tumbukan normal 2 x 75 didapati nilai MQ sebesar 517,3 Kn/m, namun dipengujian pada kadar aspal dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 95 didapati MQ sebesar 551,59 Kn/m, jumlah tumbukan 2 x 90 didapati MQ sebesar 628,78 Kn/m, jumlah tumbukan 2 x 87 didapati MQ sebesar 700,31 Kn/m,, untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 79 didapati MQ sebesar 694,34 Kn/m. dan untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 73 didapati MQ sebesar 513,78 Kn/m.



Gambar 8. Grafik Hubungan Density Dengan Penambahan Jumlah Tumbukan

Nilai kepadatan (density) merupakan berat campuran pada tiap satuan volume, didapatkan dari hasil bagi berat benda di udara dengan volume benda. Dari hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum 5,75% dengan suhu normal jumlah tumbukan normal 2 x 75 didapati nilai kepadatan sebesar 2,351 gr/cm², namun dipengujian pada kadar aspal dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 95 didapati kepadatan sebesar 2,20 gr/cm², jumlah tumbukan 2 x 90 didapati kepadatan sebesar 2,21 gr/cm², jumlah tumbukan 2 87 didapati kepadatan sebesar 2,21 gr/cm²., untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 79 didapati kepadatan sebesar 2,21 gr/cm². dan untuk jumlah tumbukan pemadatan 2 x 78 didapati kepadatan sebesar 2,21 gr/cm².

KESIMPULAN

1. Hasil pengujian karakteristik marshall pada pembuatan benda uji yang menggunakan agregat tidak baik atau tidak sesuai spesifikasi terhadap variasi kadar aspal ideal (pb

4,3% 4,8% 5,3% 5,8% 6,3%) tidak diperoleh kadar aspal optimum, dikarenakan pada hasil VIM, VMA,VFB, Flow. MQ dan stabilitas tidak diperoleh hasil yang diisyaratkan oleh SNI atau Bina Marga.

2. Berdasarkan hasil uji marshall pada agregat yang tidak sesuai spesifikasi, dilakukan penambahan jumlah tumbukan pemadatan agar diperoleh hasil yang lebih baik sesuai yang disyaratkan oleh SNI/ Bina Marga. dimana tumbukan pemadatan normal dilakukan sebanyak 2 x 75, kemudian ditambahkan jumlah tumbukan yang berbeda pada masing-masing kadar aspal, sehingga diperoleh = nilai Stabilitas, Flow, VMA, VIM,VFB, MQ dan Density sebagai berikut :
 - a) Hasil parameter marshall pada kadar aspal 4,3% dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 95 nilai yang didapat Stabilitas = 1655,74 kg, *flow* = 3,0 mm, VMA = 13,4%, VIM = 6,1 %, VFB = 80,5 mm, MQ = 551,6kg/mm, Density = 2,35 gr/cm³.
 - b) Hasil parameter marshall pada kadar aspal 4,8% dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 90 nilai yang didapat Stabilitas = 1789,1 kg, *flow* = 3,3 mm, VMA = 13,8 %, VIM = 5,3%, VFB = 81,0 mm, MQ = 547,6 kg/mm, Density = 2,330gr/cm³.
 - c) Hasil parameter marshall pada kadar aspal 5,3% dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 87 diperoleh nilai Stabilitas = 1853,8 kg, *flow* = 3,4 VMA = 14,2%, VIM = 4,6%, VFB = 81,2 mm, MQ = 540,1 kg/mm, Density = 2,31 gr/cm³.
 - d) Hasil parameter marshall pada kadar aspal 5,8% dengan jumlah tumbukan pemadatan 2 x 79 nilai yang didapat Stabilitas = 1907,4 kg, *flow* = 3,5 mm, VMA = 14,6 %, VIM = 3,9%, VFB = 81,5mm, MQ = 540,0 kg/mm, Density = 2,30 gr/cm³.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. J., & Wesli, W. (2016). Stabilitas Lapis Aspal Beton AC-WC Menggunakan Abu Sekam Padi. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 2(4).
- Amsuri, N. (2019). Pemanfaatan Crumb Rubber dan Limbah Bongkaran Laston untuk Daur Ulang Campuran AC-WC. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), 139.
- Firdaus, F., Yunus, Y., & Isya, M. (2018). Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Simeulue dengan Variasi Aspal Retona Blend 55 dan Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 605–616.
- Hakzah, A. S., & Yulianti. (2021). Studi Kelayakan Sifat Fisik Agregat untuk Struktur Perkerasan Jalan (Quarry Gunung Lakera Bum, Gunung Lompongang, dan Gunung Benderae Kab. Pinrang). *Jurnal Karajata Engineering*, 1(1), 1–6. <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata-1>
- Lagonda, L. C., Kaseke, O. H., & Pandey, S. V. (2017). Kajian Hubungan Batasan Kriteria Marshall Quotient dengan Ratio Partikel Lolos Saringan no.# 200–bitumen Efektif pada Campuran Jenis Laston. *Jurnal Sipil Statik*, 5(1).
- Laoli, M. E., Kaseke, O. H., Manoppo, M. R. E., & Jansen, F. (2013). Kajian Penyebab

- Perbedaan Nilai Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal Panas yang Dihitung berdasarkan Metode Marshall dengan yang Dicari Langsung Berdasarkan AASHTO T209. *Jurnal Sipil Statik*, 1(2).
- Marga, D. P. U. B. (2018). Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur. *Pemerintah Provinsi Jawa Timur, Surabaya*.
- PUTRA, A. (2016). Kajian Parameter Marshall dengan Menggunakan Limbah Serbuk Kulit Kerang Hijau sebagai Filler Campuran Lapis Aspal Beton. *Universitas Negeri Jakarta*.
- Rahmania, A., Sulaiman, A. R., & Gani, F. A. (2021). Susbtitusi Filler Abu Ampas Tebu pada Laston AC-WC dan Buton Granular Asphalt Sebagai Agregat Halus. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 5(1), 51–57.
- Rodhiah, A., Yani, I., & Mahdi, M. (2023). Analisis Fly Ash terhadap Filler pada Campuran Aspal Porus. *Jurnal Rekayasa Teknik Dan Teknologi (REKATEK)*, 7(2), 82–90.
- Saodang, H. (2005). Konstruksi jalan raya. *Bandung: Nova*.
- Shahid, N., Rappon, T., & Berta, W. (2019). Applications of artificial neural networks in health care organizational decision-making: A scoping review. *PLoS ONE*, 14(2), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212356>
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan lentur jalan raya. (No Title).
- Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas, Edisi Kedua. *Yayasan Obor Indonesia. Jakarta*.
- Tanjung, A. N. (2023). *Pengaruh Cangkang Kelapa Sawit sebagai Agregat Kasar pada Campuran Aspal Concrete Binder Course (AC-BC)*. Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara.
- Tombeg, B. A., & Rumbayan, R. (2020). Teknologi Bahan Bangunan. *Polimdo Press*.
- Uda'Batti, K., Mangontan, R., & Boro, W. G. (2023). Analisis Kerusakan Jalan Poros Lembang Bori'Ranteletok-Lempo Kabupaten Toraja Utara. *Paulus Civil Engineering Journal*, 5(2), 333–342.
- Umum, S. E. M. P. (2010). Kementerian Pekerjaan Umum. *Direktorat Jenderal Bina Marga*, “Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal Revisi, 3.