

Pengaruh Substitusi Getah Damar Terhadap Aspal Pen 60/70 Sebagai Modifikasi Untuk Lapisan Aspal Beton

Munawarah¹, Febrina Dian Kurniasari², Bunyamin³

¹²³department Of Civil Engineering, Faculty Of Engineering, Universitas Iskandar Muda, Banda Aceh, Indonesia

*Koresponden email: warahmuna600@gmail.com

Diterima: 03 November 2022

Disetujui: 22 November 2022

Abstrak

The construction of highways in Indonesia generally uses flexible pavement, modifying asphalt with resin resin which is used to substitute asphalt on concrete asphalt layers The aim of this research is to find out whether resin resin can be used as a mixture substitute (AC-WC). The scope of this study is the collection of resin resin from the village of Lhok Seumot Kec, Beutong, Nagan Raya Regency, the material used in this study was taken from PT. Dana Dinamika Persada which is located in Aceh Besar. The method used in this research is the wet method which refers to the 2010 revision 4 (2018) Highways specifications. marshall characteristic testing was carried out at 5 (five) asphalt content to determine the optimum asphalt content (KAO). 4.5%, and 5.5%. The research results obtained for the best substitution were 1.5% resin resin percentage with aspa content; 5.00% obtained a VIM value of 4.57% VMA 16.41% VFA 72.29% Stability 1006.87kg and Flow 2.467mm, all values meet the specifications specified by Bina Marga 2010 revision 4 (2018)

Keywords: *Resin Resin, Modified Asphalt, Marshall Characteristics, Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC).*

Abstrak

Pembangunan jalan raya yang ada di indonesia pada umumnya menggunakan perkerasan lentur, memodifikasi aspal dengan getah damar yang digunakan untuk substitusi aspal pada lapisan aspal beton. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah getah damar dapat digunakan sebagai substitusi campuran (AC-WC). Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah pengambilan getah damar dari gampong Lhok Seumot Kec, Beutong, Kab Nagan Raya, material yang digunakan pada penelitian ini adalah diambil dari PT. Dana Dinamika Persada yang berlokasi Aceh Besar metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode basah yang mengacu pada spesifikasi bina marga 2010 revisi 4 (2018). pengujian karakteristik *marshall* dilakukan pada 5 (lima) kadar aspal untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) selanjutnya pada kondisi KAO direncanakan pembuatan benda uji dengan variasi persentase getah damar yang digunakan adalah 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, dan 5,5%. Hasil penelitian yang diperoleh untuk substitusi terbaik adalah persentasi getah damar 1,5% dengan kadar aspa; 5,00% didapat nilai *VIM* 4,57% *VMA* 16,41% *VFA* 72,29% Stabilitas 1006,87kg dan *Flow* 2,467mm, semua nilai memenuhi spesifikasi yang ditentukan Bina Marga 2010 revisi 4 (2018).

Kata Kunci: *Getah Damar, Aspal Modifikasi, Karakteristik Marshall, Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC).*

1. Latar belakang

Salah satu infrastruktur yang terpenting pada suatu lokasi adalah memiliki jalan yang memadai. Kondisi kawasan padat penduduk merupakan permasalahan yang sering timbul di perkotaan. Kondisi jalan yang baik akan memudahkan mobilitas penduduk dalam mengadakan kegiatan ekonomi dan kegiatan sosial lainnya[1]. [2]Ketahanan struktur perkerasan jalan pengaruhi ketahanan permukaan perkerasan. [3] Pembangunan jalan raya yang ada di Indonesia pada umumnya menggunakan perkerasan lentur, dengan bahan utamanya adalah aspal sebagai bahan pengikat. Perkembangan jalan diindonesia diatandai dengan kemacetan lalu lintas didaerah maju, terutama jalan didaerah yang menjadi jalan alternative menuju kota.[4] Kualiatas campuran aspal yang baik akan manghasilkan perkerasan jalan yang mampu menahan beban kendaraan berat serta mempunyai ketahanan terhadap perubahan iklim dan cuaca.[5] Adapun ruang lingkup material yang digunakan untuk pengujian tersebut diambil dari PT. Dana Dinamika Persada berlokasi Aceh Besar, sedangkan untuk bahan pengikat yang digunakan adalah aspal

penetrasi 60/70 dan getah damar, *Filler* yang digunakan adalah semen *portland*, Persentase aspal modifikasi getah damar yang digunakan dalam campuran adalah : 0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, 5,5%.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan dari getah damar pada aspal dengan metode pencampuran basah, yang masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 4 tahun 2018.[6]

Penelitian ini meliputi konsep-konsep dan pengertian dari konstruksi perkerasan jalan, materi – materi dari hasil penelitian terdahulu dari pendapat para pakar ahli. Karakteristik untuk menentukan campuran beraspal adalah kepadatan (density), stabilitas, kelelahan plastis (flow), rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFA), rongga dalam mineral agregat (VMA), MQ dan durabilitas. VIM merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan.[7] Persen rongga dalam campuran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$n = 100 - 100 \times h \quad g \quad (1)$$

Dimana :

- n = Kadar VIM (%) ;
- g = Density benda uji (gram/cm³)
- h = Berat jenis maksimal (%).
- $h = 100 : (\% \text{ agregat/Bj} + \% \text{ aspal/Bj} + \% \text{ filler/Bj})$ -

Rongga udara yang terisi aspal (VFA) atau ronggaterisi aspal adalah perbandingan antara rongga-rongga yang terisi aspal dengan volume benda uji.[6]Besarnya rongga terisi aspal didapat dengan persamaan :

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (2)$$

Dimana :

- m = Persen rongga terisi aspal;
- $i = (b \times g)/Bj \text{ aspal}$;
- b = Persen aspal terhadap campuran;
- g = Berat benda uji (gram);
- $l = 100 - j$; $j = (100 - b) \times g / Bj \text{ aspal}$

Rongga dalam mineral agregat (VMA) adalah banyaknya pori diantara butir-butir diantara agregat dalam aspal beton padat atau volume pori dalam aspal beton padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan dinyatakan dalam presentase.[8] Faktor-faktor yang mempengaruhi VMA antara lain.

VMA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$VMA = 100 - Gmb \times Ps \quad Gsb \quad (3)$$

Dimana :

- VMA = Voids in the Mineral Agregat (%)
- Gmb = Berat jenis bulk dari campuran (ton/m³)
- Gsb = Berat jenis bulk agregat (gr)
- Ps = Kadar agregat, persen total campuran (%)

Filler adalah bahan yang ada dalam campuran aspal panas. Bahan pengisi (filler) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Bahan pengisi dapat terdiri atas batu kapur, debu dolomite, semen portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahkan mineral tidak plastis lainnya. Filler adalah bahan yang ada dalam campuran aspal panas. Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur.

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan untuk tidak mengalami deformasi berlebihan selama melayani kendaraan yang lewat.

2. Bahan dan Metodologi

2.1 Material

Material yang digunakan untuk pengujian tersebut diambil dari PT. Dana Dinamika Persada berlokasi Aceh Besar, Kabupaten Aceh Besar. Penelitian yang akan di uji pada campuran ini menggunakan aspal beton dengan penetrasi 60/70. Getah damar dilakukan substitusi aspal pen 60/70 dengan variasi (0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, dan 5,5%).

2.2 Getah Damar

Damar memiliki bentuk yang keras, bening seperti plastik, mudah meleleh dan lengket. Pohan damar adalah salah satu jenis kayu dari *Agathis* sp. Karena selain menghasilkan kayu sebagai bahan baku utama, tanaman ini juga mengeluarkan getah yang mempunyai peran penting dalam beberapa bidang industri. Getah damar adalah resin alami yang diperoleh dari tanaman pada *family burseraceae* dan *dipterocarpaceae* melalui hasil penyadapan.

2.3 Peralatan

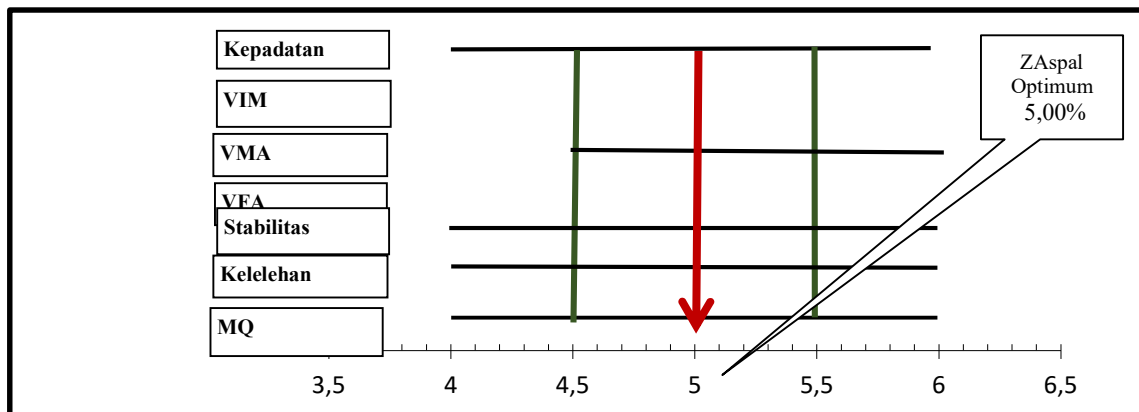
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan sifat-sifat agregat, analisa saringan, sifat-sifat fisis aspal, dan percobaan *marshall* yang terdapat di laboratorium aspal Fakultas teknik Universitas Iskandarmuda Banda Aceh. Banyak benda uji untuk mengetahui sifat-sifat campuran dan penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

3. Hasil Penelitian dan Diskusi

Hasil Pengujian Marshall Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum Hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal 4,00%; 4,50%; 5,00%; 5,50%; dan 6,00%, selanjutnya dianalisa untuk memperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh sebesar 5,00% dan nilai KAO tersebut divariasikan menjadi 3 kadar aspal 4,50%, 5,00%, dan 5,50%.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall KAO

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Bina Marga(2018)
		4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	
1.	VIM (%)	5,07	4,91	4,76	3,88	2,59	3 – 5
2.	VMA (%)	14,51	15,47	16,42	16,73	16,69	Min. 15
3.	VFA (%)	66,36	68,83	72,21	77,71	84,88	Min. 65
4.	Stabilitas (Kg)	982,03	896,08	900,65	885,49	875,62	Min. 800
5.	Kelelehan (mm)	2,27	3,50	2,17	2,50	2,67	2 – 4
6.	MQ (kg/mm)	296,54	270,20	415,70	369,25	333,12	Min. 250



Gambar 1. Grafik kadar aspal optimum (KAO)

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Pengujian Marshall Substitusi getah damar (GD) pada kadar aspal 4,50%

No	Karakteristik campuran	Kadar aspal (%)						Spesifikasi bina marga (2018)
		0%	1.5%	2.5%	3.5%	4.5%	5.5%	
1.	VIM (%)	4,74	5,37	5,34	4,85	5,46	6,94	3-5
2.	VMA	15,28	15,98	16,00	16,35	16,21	17,56	Min.15
3.	VFA	68,97	66,44	66,62	70,32	66,32	60,58	Min.65
4.	Stabilitas	803,38	1003,28	889,40	973,11	927,85	912,76	Min.800
5.	Kelelehan	2,10	2,27	2,37	2,70	2,10	2,87	2-4
6.	MQ (Kg)	383,75	466,25	378,22	360,77	448,04	330,25	Min.250

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Pengujian Marshall Substitusi getah damar (GD) pada kadar aspal 5,00%

NO	Paramater Marshall	Variasi Getah Damar (GD) - Semen Portland (PC)						Spesifikasi Bina Marga 2018
		0%	1.5%	2.5%	3.5%	4.5%	5.5%	
1	VIM (%)	4,49	4,21	4,17	5,42	4,96	6,52	3-5
2	VMA(%)	16,14	16,05	16,06	17,21	16,87	18,28	Min.15
3	VFA(%)	72,25	73,92	74,14	68,52	70,62	64,42	Min.65
4	Stabilitas (kg)	824,63	1006,87	886,36	1003,28	824,63	893,90	Min.1000
5	kelelahan (mm)	2,13	2,30	2,40	2,50	2,13	23,00	2-4
6	MQ (kg/mm)	399,07	471,20	376,99	422,30	399,07	303,12	Min.250

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Pengujian Marshall Substitusi Getah Damar (GD) pada kadar aspal 5,50%

NO	Paramater Marshall	Variasi Getah Damar (GD) - Semen Portland (PC)						Spesifikasi Bina Marga 2018
		0%	1.5%	2.5%	3.5%	4.5%	5.5%	
1	VIM (%)	4,86	3,90	4,39	5,32	4,22	5,71	3-5
2	VMA(%)	17,53	16,87	17,35	18,20	17,32	18,66	Min.15
3	VFA(%)	72,28	76,88	74,68	70,98	75,62	69,40	Min.65
4	Stabilitas (kg)	818,36	1004,15	912,76	982,17	18,36	927,85	Min.1000
5	kelelahan (mm)	2,30	2,47	2,57	2,67	2,30	3,30	2-4
6	MQ (kg/mm)	368,95	409,10	359,03	371,07	368,95	284,62	Min.250

Berdasarkan hasil di atas, pada substitusi getah damar pada aspal pen 60/70 diperoleh substitusi terbaik pada persentase 1,5% kadar aspal 5,00 telah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018).

3.1 Tinjauan Terhadap Nilai VIM (*Void In Mix*)

Nilai VIM pada campuran laston lapis aus AC-WC menggunakan aspal pen 60/70 dengan persentase substitusi kombinasi getah damar dengan menggunakan metode basah

Tabel 5. Nilai VIM Variasi getah damar dengan Variasi Kadar Aspal.

No	Komposisi GD + PC	Kadar Aspal (%)		
		4,50%	5,00%	5,50%
1.	0% (Aspal Normal)	4,74	4,49	4,86
2.	1,5%	5,37	4,21	4,26
3.	2,5%	5,34	4,17	4,75
4.	3,5%	4,85	5,42	5,67
5.	4,5%	5,46	4,96	4,58
6.	5,5%	6,94	6,52	6,06

VIM pada persentase *Getah damar* 0%, 1,5% 2,5% dan 4,5% disebabkan karena penambahan getah damar pada kadar aspal masih seimbang, sedangkan pada persentase *Getah damar* 3,5% dan 5,5% mengalami peningkatan nilai VIM yang disebabkan karena adanya penurunan kadar aspal dalam campuran dari berbagai persentase getah damar, namun semakin besar kadar penambahan getah damar ke dalam campuran beraspal terlihat bahwa nilai VIM cenderung meningkat.

3.2 Tinjauan Terhadap Nilai VMA (*Void Mineral Agregat*)

Tinjauan nilai VMA pada campuran laston lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal pen. 60/70 dengan substitusi *Getah damar*.

Tabel 6. Nilai VMA pada Variasi getah damar dengan Variasi Kadar Aspal.

Dari Tabel 6 terlihat bahwa nilai VMA sangat dipengaruhi oleh kadar aspal yang menyelimuti agregat, kadar aspal yang digunakan adalah 4,50%, 5,00%, dan 5,50%.

No	Komposisi GD + PC	Kadar Aspal (%)		
		4,50%	5,00%	5,50%
1.	0% (Aspal Normal)	25,28	16,14	17,53
2.	1,5%	26,34	72,29	75,29
3.	2,5%	16,36	16,42	17,70
4.	3,5%	16,70	17,57	18,55
5.	4,5%	16,57	17,22	17,68
6.	5,5%	17,92	18,63	19,01

3.3 Tinjauan Terhadap Nilai VFA (*Void Filled By Asphalt*)

Nilai VFA (*Void Filled By Asphalt*) pada campuran laston lapis aus (AC-WC) dari berbagai variasi persentase substitusi getah damar dengan menggunakan metode basah

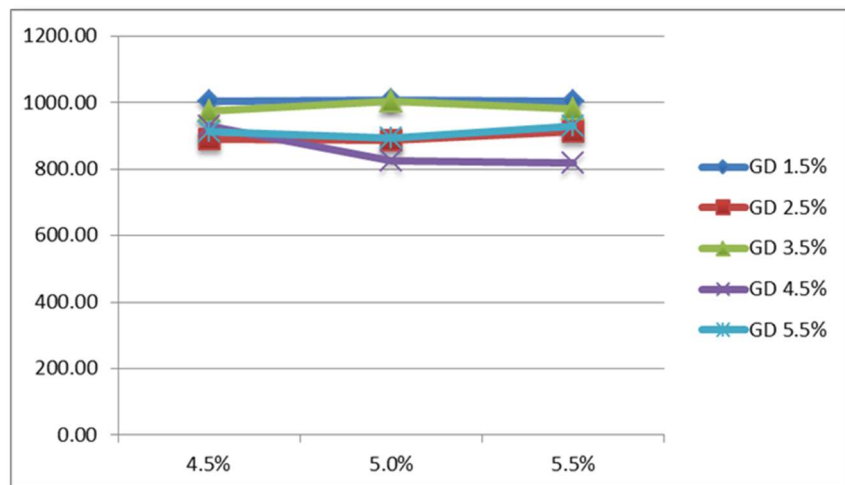
Tabel 7. Nilai VFA pada Variasi getah damar dengan Variasi Kadar Aspal.

No	Komposisi GD + PC	Kadar Aspal (%)		
		4,50%	5,00%	5,50%
1.	0% (Aspal Normal)	68,97	72,25	72,28
2.	1,5%	64,98	72,29	75,29
3.	2,5%	65,15	72,51	73,18
4.	3,5%	68,81	67,13	69,62
5.	4,5%	64,88	86,33	74,10
6.	5,5%	59,38	63,20	68,12

Nilai VFA menunjukkan adanya peningkatan nilai VFA seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran dengan substitusi variasi 0% (Aspal Normal), 1,5%, 2,5%, dan 5,5%. Meningkatnya nilai VFA disebabkan karena semakin banyak aspal yang digunakan dengan kadar aspal yang lebih besar akan menghasilkan selimut aspal yang lebih tebal. Sedangkan 3,5% dan 4,5% mengalami penurunan, nilai VFA cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kadar getah damar ke dalam aspal, hal ini disebabkan pada saat pencampuran getah damar tidak menyatu dengan sempurna ke dalam agregat masih berbentuk serat yang juga ikut diselimuti aspal dan mengurangi jumlah aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran.

3.4 Tinjauan Terhadap Stabilitas

Nilai Stabilitas pada campuran laston lapis aus (AC-WC) dari berbagai variasi persentase substitusi getah damar dengan menggunakan metode basah



Gambar 2. pengaruh persentasi getah damar terhadap nilai stabilitas.

3.5 Tinjauan Terhadap Nilai *Flow*

Nilai *Flow* pada campuran laston lapis aus (*AC-WC*) dari berbagai variasi persentase substitusi getah damar menggunakan metode basah

Tabel 8. Nilai *flow* Variasi getah damar dengan Variasi Kadar Aspal.

No	Komposisi GD + PC	Kadar Aspal (%)		
		4,50%	5,00%	5,50%
1.	0% (Aspal Normal)	2,10	2,13	2,30
2.	1,5%	2,27	2,30	2,47
3.	2,5%	2,37	2,40	2,57
4.	3,5%	2,70	2,50	2,67
5.	4,5%	2,10	2,13	2,30
6.	5,5%	2,87	3,00	3,30

3.6 Tinjauan Terhadap Nilai *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada campuran laston lapis aus (*AC-WC*) dari berbagai variasi persentase substitusi getah damar menggunakan metode basah

Tabel 9. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* Variasi getah damar dengan Variasi Kadar Aspal.

No	Komposisi GD + PC	Kadar Aspal (%)		
		4,50%	5,00%	5,50%
1.	0% (Aspal Normal)	428,29	481,95	453,85
2.	1,5%	504,06	505,06	428,27
3.	2,5%	437,20	466,26	419,50
4.	3,5%	407,72	448,53	376,42
5.	4,5%	513,04	501,99	473,97
6.	5,5%	373,42	344,74	308,53

menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient (MQ)* campuran AC-WC seiring bertambah getah damar dominan mengalami peningkatan, Nilai *MQ* tertinggi berada pada kadar getah damar 4,5% kadar aspal 4,50% yaitu 513,04 kg/mm dan nilai *MQ* terendah pada kadar getah damar 5,5% kadar aspal 5,50% yaitu 308,53 kg/mm, semua nilai *MQ* memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) ≥ 250 .

3.7 Hasil Pengujian Marshall Komposisi Terbaik Rendaman 30 Menit.

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall dengan substitusi Getah Damar terbaik rendaman 30 menit

Tabel 10. Rekapitulasi Pengujian Marshall komposisi Rendaman 30 Menit

No	Karateritik Campuran	Komposisi terbaik untuk tahap		Spesifikasi Bina Marga 2018
		I	II	
1.	VIM (%)	3,26	4,87	3 – 5
2.	VMA (%)	16,16	15,54	Min. 15
3.	VFA (%)	79,82	68,72	Min. 65
4.	Stabilitas (kg)	903,91	1.015,10	Min. 1000
5.	Flow (mm)	2,9	3,1	2 – 4
6.	MQ (kg/mm)	325,96	333.00	Min. 250

Keterangan:

I: Campuran aspal dengan kadar aspal optimum (KAO) pada kadar aspal 5,00%

II: Campuran aspal dengan 1.5% Getah Damar pada kadar aspal 5,00% dengan menggunakan metode basah

3.8 Hasil Pengujian Marshall Komposisi Terbaik Rendaman 24 Jam

Tabel 11. Rekapitulasi Pengujian Marshall komposisi Rendaman 24 jam

No	Karateritik Campuran	Komposisi terbaik untuk tahap		Spesifikasi Bina Marga 2018
		I	II	
1.	VIM (%)	3,22	4,91	3 – 5
2.	VMA (%)	16,12	15,58	Min. 15
3.	VFA (%)	80,07	68,62	Min. 65
4.	Stabilitas (kg)	899,16	1.002,63	Min. 1000
5.	Flow (mm)	2,5	2,8	2 – 4
6.	MQ (kg/m)	354,64	362,70	Min. 250

Keterangan:

I: Campuran aspal dengan kadar aspal optimum (KAO) pada kadar aspal 5,00%

II: Campuran aspal dengan 1.5% Getah Damar pada kadar aspal 5,00% dengan menggunakan metode basah

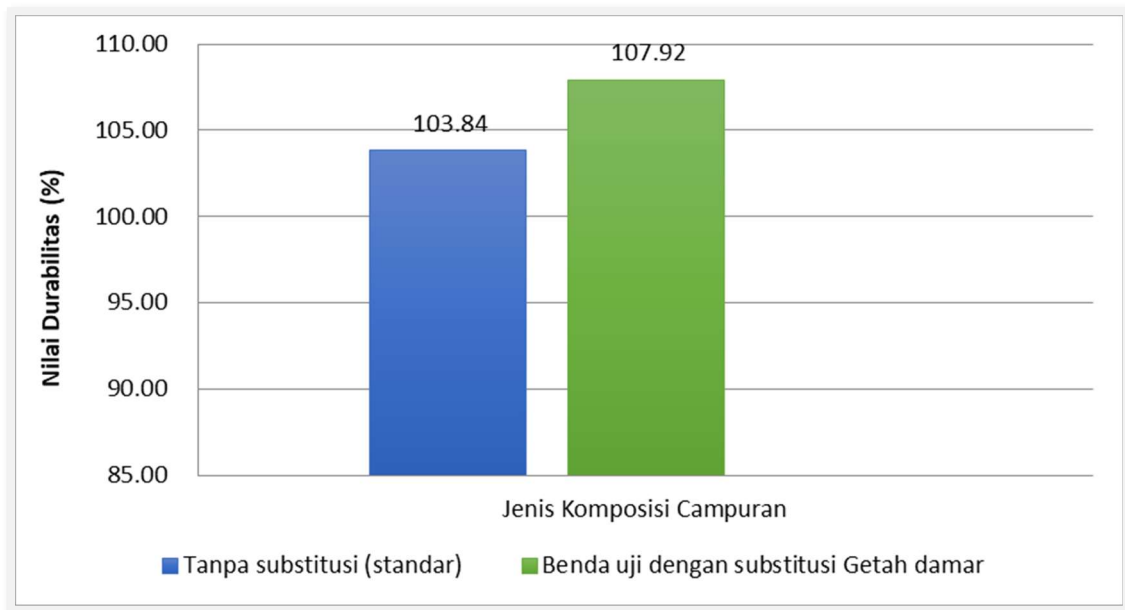
3.9 Hasil Perhitungan Nilai Durabilitas

Nilai durabilitas diperoleh dari perbandingan antara stabilitas rendaman 24 jam dengan stabilitas rendaman 30 menit pada suhu 60 °C. Hasil perhitungan nilai durabilitas untuk campuran

Tabel 12. Hasil Rekapitulasi Pengujian Durabilitas

No	Jenis Komposisi Campuran	Rendaman 30 menit	Rendaman 24 jam	Nilai Durabilas (%)
a	b	c	d	e= (d/c) x 100
1.	Tanpa substitusi (standar)	1067,19	1108,17	
2.	Benda uji dengan substitusi getah damar	1036,46	1118,59	

Nilai durabilitas yang diperoleh dari campuran AC-WC dengan menggunakan substitusi getah damar dengan komposisi terbaik menggunakan metode basah.



Gambar 3. Grafik Pengujian Durabilitas.

Menunjukkan bahwa nilai durabilitas campuran *AC-WC* pada aspal dengan substitusi getah damar 1.5% menggunakan metode basah yaitu pada kadar aspal 5,00% telah memenuhi persyaratan Bina Marga

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh substitusi getah damar terhadap aspal pen 60/70 sebagai modifikasi untuk lapisan aspal beton terhadap parameter marshall dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian pembuatan benda uji aspal dengan variasi campuran (1.5%, 2.5%, 3.5%, 4.5% dan 5.5%) diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5.00% yang digunakan sebagai rancangan benda uji aspal dan getah damar.
2. Berdasarkan hasil marshall bahwa campuran dengan getah damar terbaik berada pada campuran kadar 1,5% dengan nilai stabilitas yaitu 1006,87 kg, flow yaitu 2,30mm, VMA yaitu 16,05%, VIM dengan nilai 4,21 %, VFA yaitu 73,92% dan mQ adalah 471,20kg/mm.
3. Berdasarkan keseluruhan data hasil nilai parameter Marshall pada setiap variasi getah damar untuk campuran aspal beton yang menggunakan aspal pen 60/70 sebagai bahan pengikat lapisan permukaan jalan, dapat diambil kesimpulan bahwa getah damar yang terkandung pada campuran laston sangat berakibat buruk pada lapis permukaan jalan

4.2 Saran

Adapun saran yang dikemukakan berdasarkan hasil penelitian yaitu mencari variasi terbaru sebagai bahan pengganti getah damar sebagai pembanding nilai marshall dan dicoba untuk lapisan permukaan jalan yang lainnya seperti pada Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC).

5. Daftar Kepustakaan

- [1] Ahmad hidayat (2018) Kajian Kondisi Infrastruktur Jalan Lingkungan Di Kawasan Kelurahan 3-4 Ulu Palembang.
- [2] Agustian,K.,& Agusmaniza, R. (2021). Evaluasi Karakteristik Campuran AC-BC menggunakan Abu Cangkang Kemiri sebagai Bahan Substitusi Filler terhadap Parameter Marshall.
- [3] Barkah Wahyu Widiyanto (2020) Perubahan Karakteristik Aspal Pen 60/70 dengan Substitusi Getah Karet Alam Pangkalan Balai, Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung .
- [4] Sumina, (2022) perencanaan struktur perkerasan kaku metode AASTHO 1993 dan NAASRA.
- [5] Direktorat Jendral Bina Marga, (2018), Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Revisi 4 Divisi 6, Jakarta.
- [6] Martin Eljawati, (2022) Pengaruh Variasi Perendaman Pada Campuran Aspal Panas Terhadap Nilai Karakteristik Marshall. Mataram.

- [7] Ika Sulianti, (2019) Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Akibat Penuaan Dengan Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung.
- [8] Agustian,K.,& Agusmaniza, R. (2021). Evaluasi Karakteristik Campuran AC-BC menggunakan Abu Cangkang Kemiri sebagai Bahan Substitusi Filler terhadap Parameter Marshall.
- [9] F. D. Kurniasari, S. M. Saleh, and S. Sugiarto, (2018) Pengaruh Filler Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston AC-WC.
- [10] Gunarto,A,Candra,A,I (2019)Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Fuller Bunga Pinus..
- [11] A. Gunarto and A. I. Candra, Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus
- [12] R. M. Yusputri, (2019) Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Dan Styrofoam Sebagai Substitusi AC Pen. 60/70 Terhadap Campuran Laston-WC.
- [13] Adisaputra, Dino. (2019) Penggunaan Abu Tempurung Kelapa sebagai Tambahan Bahan Pengisi (Filler) pada Campuran Laston Lapis Aus (Hot Rolled Sheet-Wearing Course).
- [14] Haris (2019) Analisis Pengujian Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal dengan Tes Perendaman
- [15] Kusmira Agustian (2018) Karakteristik Marshall Campuran Ac-Bc Dengan Menggunakan 6% Getah Damar Sebagai Bahan Substitusi.
- [16] Agustian, Kusmira. Agusmaniza,R (2022) Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Menggunakan 4% Getah Damar Sebagai Pengganti Aspal.