



Studi Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan Asbuton LGA Dengan Penambahan Aspal Penetrasi

Yovita M. Mendrofa^{#a}, Joice E. Waani^{#b}, Steve Ch. N. Palenewen^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ayovitamendrofa021@student.unsrat.ac.id, ^bjoicewaani@yahoo.com, ^cspalenewen@unsrat.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan karakteristik campuran AC-WC menggunakan asbuton Lawele Granular Asphalt (LGA) dengan penambahan aspal penetrasi dengan campuran AC-WC tanpa LGA. Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode pengujian eksperimental. Penelitian ini akan menguji pengaruh penggunaan asbuton LGA (Lawele Granular Asphalt) dan aspal penetrasi 60/70 pada campuran aspal panas AC-WC. Hasil ekstraksi LGA menunjukkan kadar aspal adalah 22,97% dan kadar agregat sebesar 77,03%. Nilai kadar aspal optimum yang diperoleh adalah 7%. Karakteristik Marshall campuran AC-WC tanpa LGA dengan KAO 7% semuanya memenuhi standar spesifikasi, dengan Nilai Stabilitas: 1109,44 kg; Nilai Flow; 3,95 mm; Nilai VMA: 16,306%; Nilai VIM: 3,109%; Nilai VFB: 81,139%; Nilai FF / Kadar Aspal Efektif: 0,658; Kepadatan: 2,354 gr/cc. Karakteristik Marshall campuran AC-WC yang menggunakan LGA pada KAO 7% semuanya memenuhi standar spesifikasi, dengan Kadar LGA terendah 6%; Nilai Stabilitas: 1069,37 kg; Nilai Flow; 3,71 mm; Nilai VMA: 16,720%; Nilai VIM: 3,526%; Nilai VFB: 78,911%; Nilai FF / Kadar Aspal Efektif: 0,631; Kepadatan: 2,255 gr/cc dan kadar LGA tertinggi 10%; Nilai Stabilitas: 1008,99 kg; Nilai Flow; 3,45 mm; Nilai VMA: 17,948%; Nilai VIM: 4,914%; Nilai VFB: 72,622%; Nilai FF / Kadar Aspal Efektif: 0,613; Kepadatan: 2,165 gr/cc. Disimpulkan bahwa karakteristik Marshall untuk KAO 7% terhadap berat total campuran pada semua variasi LGA (6% - 10%) memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga.

Kata kunci: AC-WC, Asbuton LGA, pengujian Marshall

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Aspal yang merupakan bahan pengikat dalam suatu campuran aspal panas memiliki pengaruh yang cukup besar, yaitu sebagai bahan pengikat yang memperkokoh campuran aspal dan meningkatkan kinerja perkerasan. Aspal yang banyak digunakan pada proyek – proyek jalan di Indonesia adalah aspal minyak yang diperoleh dengan mengimpor dari luar negeri dalam jumlah yang cukup banyak. Indonesia sebenarnya memiliki sumber daya alam sebagai solusi alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan aspal minyak yaitu Aspal Buton (Asbuton). Asbuton merupakan aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan yang terdapat di Pulau Buton, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara dan menjadi sumber daya alam yang sangat potensial. Salah satu jenis produk asbuton adalah asbuton butir Lawele Granular Asphalt. Jenis asbuton ini diklasifikasikan sebagai asbuton butir tipe 50/30.

Karena ketersediaan aspal minyak yang semakin berkurang seiring dengan berkurangnya deposit minyak bumi di alam dan harganya yang mahal serta cenderung mengalami peningkatan, sehingga diupayakan ada material lain yang dapat digunakan, contohnya ialah asbuton. Indonesia masih banyak menggunakan aspal minyak dengan mengimpor dari luar negeri, sementara di Indonesia sendiri terdapat kekayaan aspal alam yang dapat digunakan. Penggunaan asbuton diharapkan mampu meminimalisir impor agar mengurangi biaya devisa dan melakukan

pemanfaatan dengan memakai kekayaan alam yang ada. Beberapa penelitian yang dilakukan terhadap campuran aspal panas menggunakan aspal Buton antara lain LGA (Suciawan dkk., 2024), Retona Blend (Giroth dkk., 2019), Asbuton Butir Tipe B 50/30 (Kafabihi dkk., 2020) menunjukkan bahwa karakteristik Marshall dan sifat volumetrik campuran memenuhi spesifikasi Bina Marga pada batas – batas tertentu. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengujian untuk meneliti kinerja campuran AC–WC menggunakan asbuton LGA, untuk mengetahui kinerjanya dibandingkan aspal minyak. LGA diharapkan mampu mengurangi penggunaan aspal minyak tanpa mengurangi kualitas campuran perkerasan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik campuran aspal panas AC-WC yang menggunakan Asbuton LGA (Lawele Granular Asphalt) / Aspal Buton Butir B 50/30 dengan tambahan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat?
2. Berapa persentase aspal penetrasi 60/70 optimum yang dapat ditambahkan pada campuran AC-WC yang menggunakan asbuton LGA dan berapa persentase asbuton LGA yang dapat digunakan?
3. Bagaimana perbandingan karakteristik antara campuran AC-WC tanpa penggunaan LGA dan yang menggunakan LGA?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melihat karakteristik campuran beraspal AC-WC yang menggunakan bahan aspal modifikasi asbuton (LGA dengan aspal penetrasi 60/70) dan pemanfaatan LGA sebagai bahan yang disubstitusikan terhadap agregat halus dan filler.
2. Mengetahui persentase aspal penetrasi 60/70 yang dapat ditambahkan pada campuran AC-WC yang menggunakan asbuton LGA dan persentase asbuton LGA yang dapat digunakan.
3. Melihat perbandingan karakteristik campuran AC-WC tanpa LGA dan dengan LGA.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Eksperimental. Penelitian ini akan menguji pengaruh penggunaan asbuton LGA (Lawele Granular Asphalt) dan aspal penetrasi 60/70 pada campuran aspal panas AC-WC. Kegiatan penelitian dilakukan menurut tahapan yang ditunjukkan pada bagan alir dalam Gambar 1.

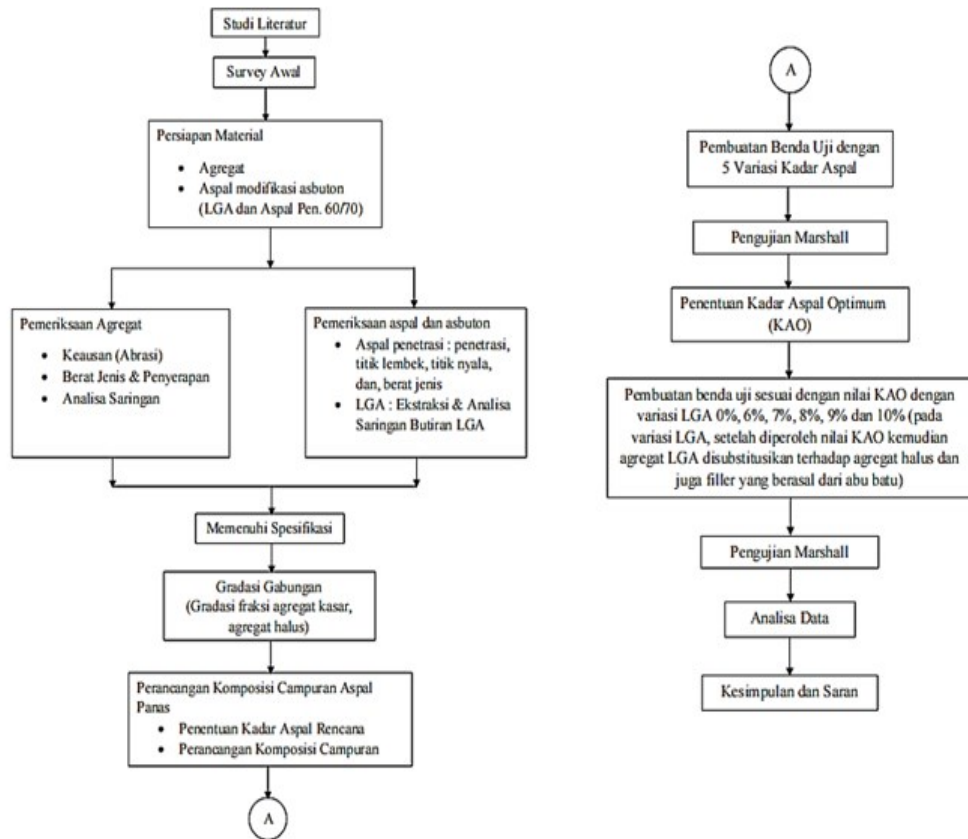
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat sedang, dan agregat halus yang berasal dari PT. Margahasta Citramukti Ayong yang diambil dari Desa Lolak. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan. Hasil dari pemeriksaan agregat dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Hasil pemeriksaan karakteristik aspal dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Bagan Alir

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Abrasi dan Berat Jenis Material Ayong (Hasil Penelitian, 2024)

No.	Jenis Pengujian	Standart	Hasil
1	Abrasi	100 Putaran	4,31%
		500 Putaran	16,13%
2	Berat Jenis Kasar	Bulk	2,777
		SSD	2,799
		Semu	2,840
		Penyerapan	0,79%
3	Berat Jenis Sedang	Bulk	2,752
		SSD	2,780
		Semu	2,831
		Penyerapan	1,01%
4	Berat Jenis Halus	Bulk	2,520
		SSD	2,609
		Semu	2,766
		Penyerapan	3,41%

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina 60/70 (Hasil Penelitian, 2024)

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Penetrasi pada 25°C	SNI 2456 : 2011	67,28	60 - 70	0,1 mm
Titik Lembek	SNI 2434 : 2011	48,5	≥ 48	°C
Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	1,0453	≥ 1,0	-
Titik Nyala	SNI 2433 : 2011	235	≥ 232	°C
Daktilitas pada 25°C	SNI 2432 : 2011	140	≥ 100	cm

3.3 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Ayong

Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat Ayong dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Ayong (Hasil Penelitian, 2024)

Saringan		%Lolos		
ASTM (Inch)	Metrik (mm)	Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus
1"	25,40	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,10	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,70	62,68	98,22	100,00
3/8"	9,52	23,05	73,86	99,98
#4	4,75	0,11	12,93	99,32
#8	2,36	0,11	1,33	79,01
#16	1,18	0,10	0,70	54,75
#30	0,60	0,09	0,62	37,94
#50	0,30	0,09	0,53	24,03
#100	0,15	0,08	0,42	14,01
#200	0,075	0,06	0,13	6,99
	Pan	0,02	0,03	0,06

3.4 Hasil Pemeriksaan Ekstraksi Asbuton LGA

Hasil ekstraksi terhadap asbuton LGA / asbuton tipe B 50/30 yaitu kadar aspal sebesar 22,97% dan untuk kadar agregat adalah sebesar 77,03%.

3.5 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Asbuton LGA

Hasil pemeriksaan analisa saringan ini menunjukkan bahwa LGA yang akan digunakan memenuhi syarat ketentuan.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Asbuton LGA (Hasil Penelitian, 2024)

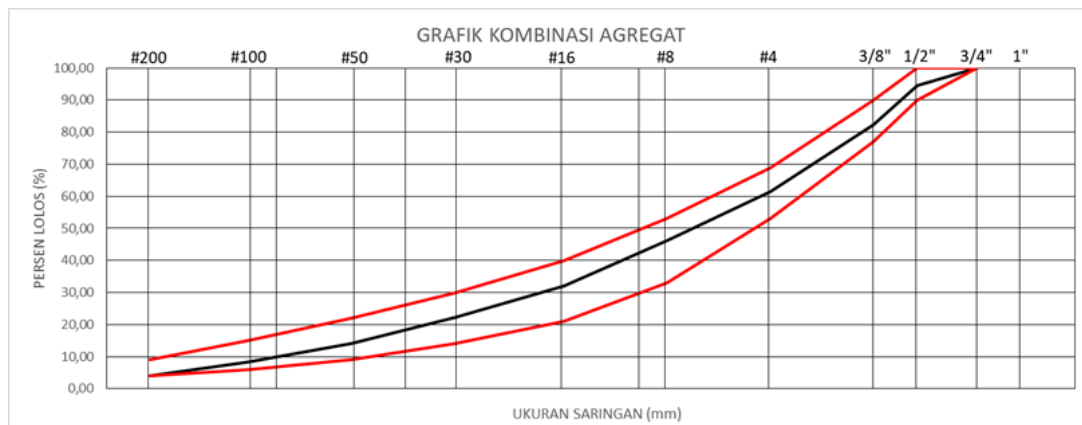
Saringan		%Lolos
ASTM (Inch)	Metrik (mm)	Asbuton LGA
1"	25,40	100,00
3/4"	19,10	100,00
1/2"	12,70	100,00
3/8"	9,52	100,00
#4	4,75	93,91
#8	2,36	88,88
#16	1,18	84,49
#30	0,60	77,21
#50	0,30	65,51
#100	0,15	45,23
#200	0,075	27,60

3.6 Perancangan Campuran AC-WC Tanpa LGA

Kombinasi gradasi agregat pada penelitian ini tanpa menggunakan PC. Hasil kombinasi gradasi agregat gabungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Gabungan (Hasil Penelitian, 2024)

SARINGAN		HASIL KOMBINASI	SPEKIFIKASI
No	mm		
1"	24,40	100,00	100
3/4"	19,10	100,00	100
1/2"	12,70	94,63	90 - 100
3/8"	9,52	82,41	77 - 90
#4	4,75	61,37	53 - 69
#8	2,36	46,23	33 - 53
#16	1,18	31,97	21 - 40
#30	0,60	22,20	14 - 30
#50	0,30	14,10	9 - 22
#100	0,15	8,26	6 - 15
#200	0,075	4,10	4 - 9

**Gambar 2.** Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Gabungan (Hasil Penelitian, 2024)

3.7 Hasil Perhitungan Benda Uji Tanpa LGA

Tabel 6. Hasil Perhitungan Benda Uji Tanpa LGA (Hasil Penelitian, 2024)

Kadar Aspal	Berat Aspal Penetrasi	Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus	Berat Total
(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
3,5	40,3	195,3	233,5	681,0	1150
4,5	51,8	193,3	231,0	674,0	1150
5,5	63,3	191,3	228,6	666,9	1150
6,5	74,8	189,1	226,2	659,9	1150
7,5	86,3	187,1	223,8	652,8	1150

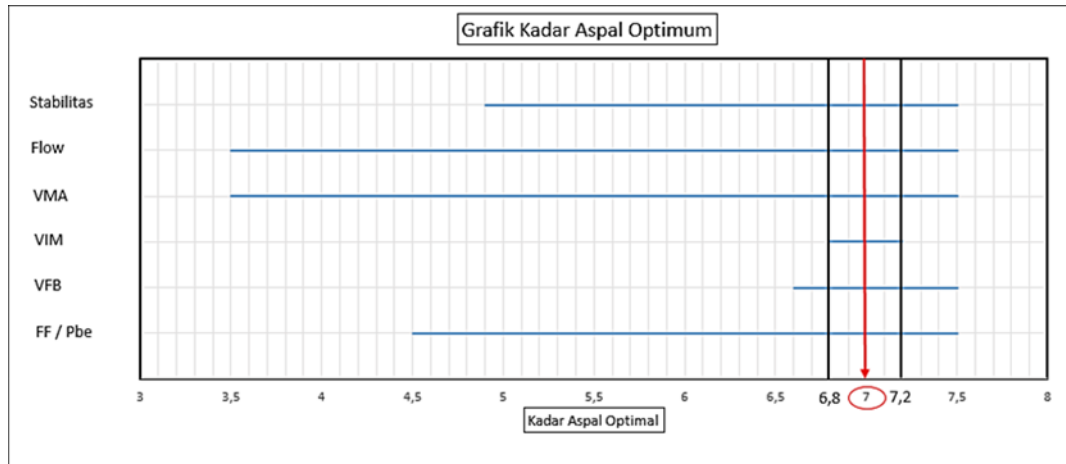
3.8 Hasil Pengujian Marshall Pada Kombinasi Gradasi Agregat

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall Pada Kombinasi Gradasi Agregat (Hasil Penelitian, 2024)

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	
Stabilitas (Lbs)	495,49	663,07	1002,76	1110,57	1073,90	Min. 800
Flow (mm)	2,95	3,51	3,69	3,85	3,87	2,0-4,0
VMA (%)	18,730	17,652	17,376	18,143	16,093	Min. 15
VIM (%)	13,944	10,539	7,919	6,428	1,626	3,0-5,0
VFB (%)	25,625	40,675	54,514	64,702	90,098	Min. 65

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	
FF / Kadar Aspal Efektif	1,762	1,201	0,907	0,725	0,602	0,6-1,2
Kepadatan (gr/cc)	2,203	2,255	2,287	2,290	2,372	Min. 2,00

3.9 Kadar Aspal Optimum



Gambar 3. Grafik Kadar Aspal Optimum (Hasil Penelitian, 2024)

3.10 Perancangan Campuran AC-WC menggunakan LGA dan Aspal Penetrasi

Berdasarkan nilai KAO yang diperoleh, maka dibuat benda uji dengan menggunakan nilai KAO 7% dan dilakukan variasi kadar LGA 0%, 6%, 7%, 8%, 9% dan 10%. Selanjutnya, dibuat benda uji dengan komposisi campuran aspal dan agregat mengikuti kadar aspal dan agregat pada setiap persentase LGA. Hasil perhitungan benda uji LGA dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Benda Uji LGA dengan menggunakan Nilai KAO (Hasil Penelitian, 2024)

Kadar LGA (%)	Berat Aspal Penetrasi (gr)	Berat Aspal LGA (gr)	Agregat Kasar (gr)	Agregat Sedang (gr)	Agregat Halus (gr)	Agregat Halus LGA (gr)	Berat Total (gr)
0	80,5	0,0	188,2	225,0	656,3	0,0	1150
6	71,5	9,0	188,2	225,0	626,0	30,3	1150
7	69,9	10,6	188,2	225,0	621,0	35,4	1150
8	68,4	12,1	188,2	225,0	615,9	40,4	1150
9	66,9	13,6	188,2	225,0	610,8	45,5	1150
10	65,4	15,1	188,2	225,0	605,8	50,6	1150

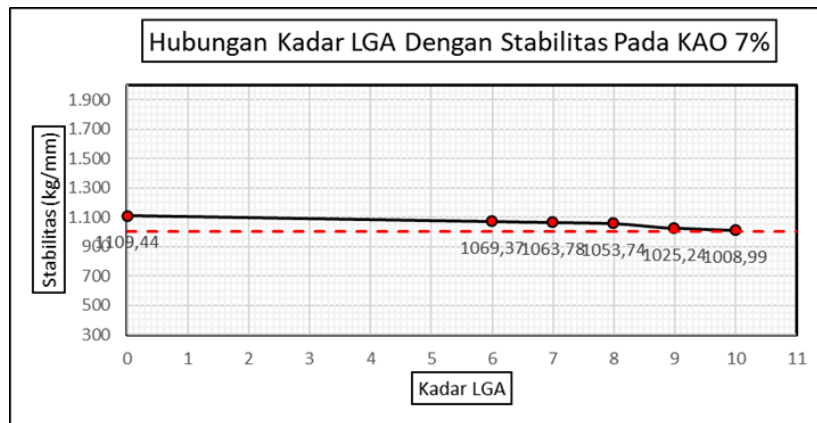
3.11 Hasil Pengujian Marshall KAO dengan Variasi LGA

Hasil pengujian Marshall KAO dengan nilai variasi LGA 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, dan 10% dapat dilihat pada Tabel 9.

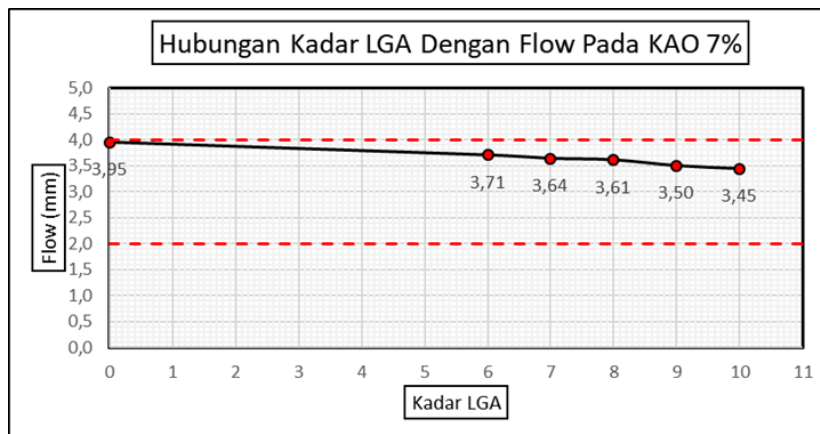
Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall Pada Nilai KAO dengan Variasi LGA (Hasil Penelitian, 2024)

Karakteristik Marshall	Kadar LGA (%)						Spesifikasi
	0	6	7	8	9	10	
Stabilitas (Lbs)	1109,44	1069,37	1063,78	1053,74	1025,24	1008,99	Min. 1000
Flow (mm)	3,95	3,71	3,64	3,61	3,50	3,45	2,0-4,0

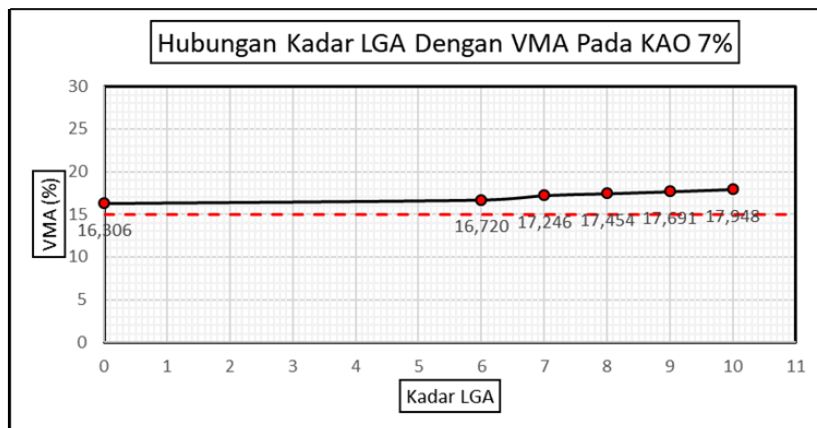
Karakteristik Marshall	Kadar LGA (%)						Spesifikasi
	0	6	7	8	9	10	
VMA (%)	16,306	16,720	17,246	17,454	17,691	17,948	Min. 15
VIM (%)	3,109	3,526	4,127	4,359	4,624	4,914	3,0-5,0
VFB (%)	81,139	78,911	76,074	75,026	73,860	72,622	Min. 65
FF / Kadar Aspal Efektif	0,658	0,631	0,626	0,622	0,617	0,613	0,6-1,6
Kepadatan (gr/cc)	2,354	2,255	2,226	2,207	2,186	2,165	Min. 2,00



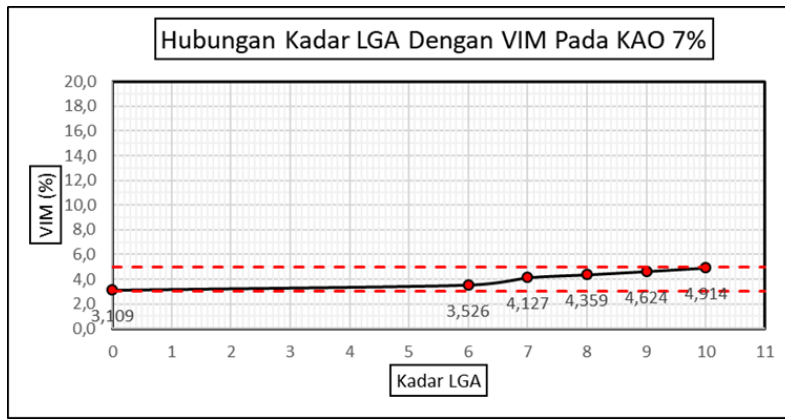
Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar LGA dengan Stabilitas Pada KAO 7% (Hasil Penelitian, 2024)



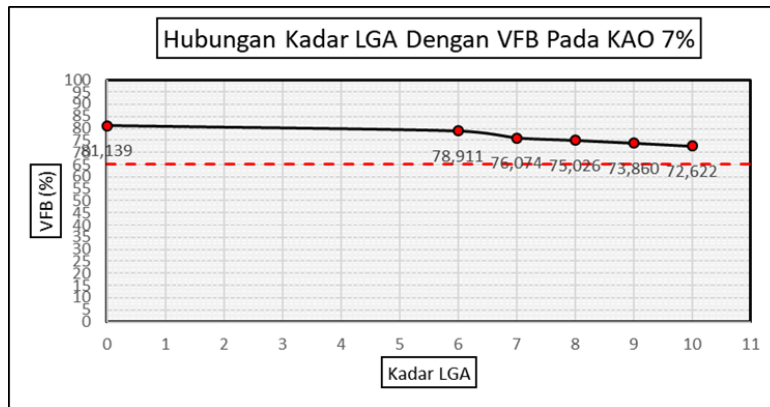
Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar LGA dengan Flow Pada KAO 7% (Hasil Penelitian, 2024)



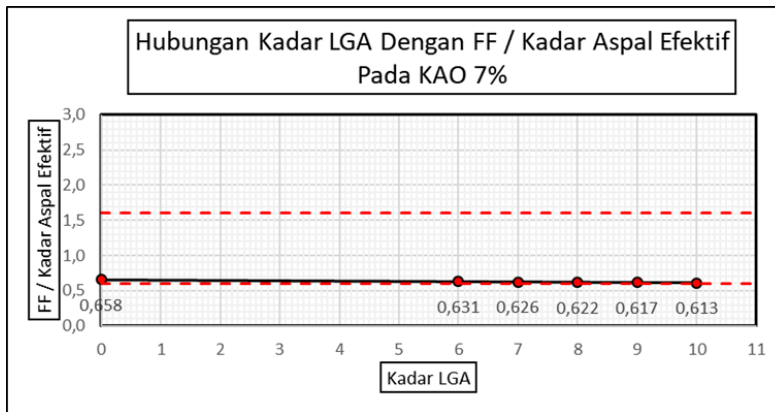
Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar LGA dengan VMA Pada KAO 7% (Hasil Penelitian, 2024)



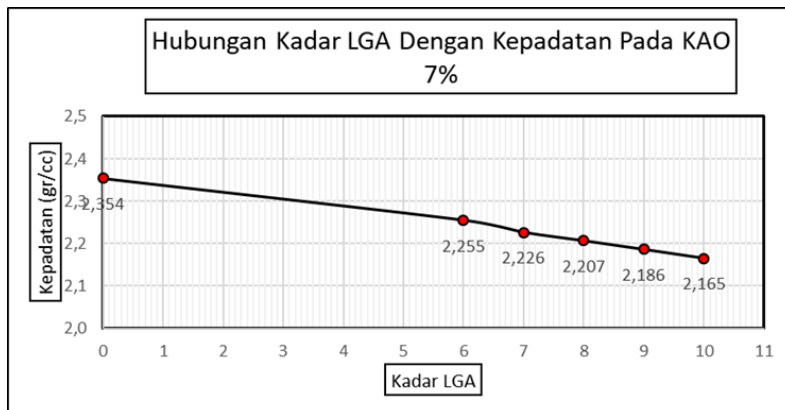
Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar LGA dengan VIM Pada KAO 7% (Hasil Penelitian, 2024)



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar LGA dengan VFB Pada KAO 7% (Hasil Penelitian, 2024)

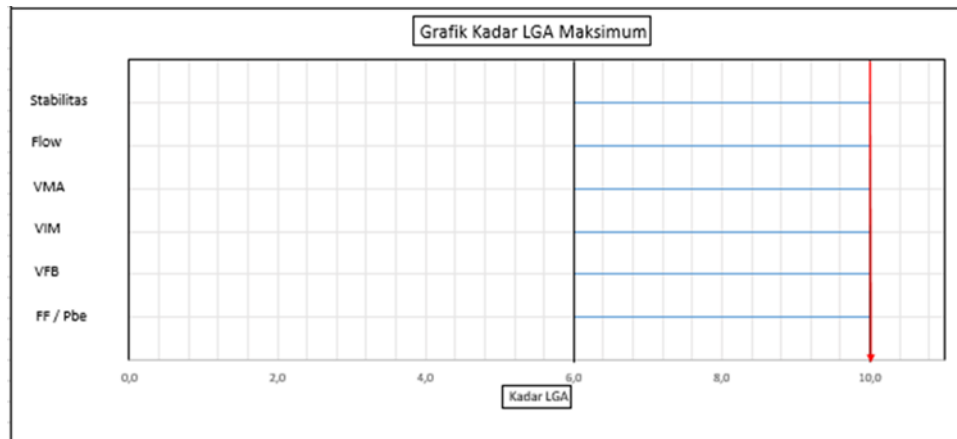


Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar LGA dengan FF / Kadar Aspal Efektif Pada KAO 7% (Hasil Penelitian, 2024)



Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar LGA dengan Kepadatan Pada KAO 7% (Hasil Penelitian, 2024)

3.12 Kadar Pemakaian LGA Maksimum



Gambar 11. Grafik Kadar LGA Maksimum (Hasil Penelitian, 2024)

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Studi Kinerja Campuran AC-WC menggunakan Asbuton LGA dengan Penambahan Aspal Penetrasi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik Marshall untuk KAO 7% terhadap berat total campuran pada semua variasi LGA (6% - 10%) memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga, baik stabilitas, flow, VMA, VIM, VFB, nilai FF / kadar aspal efektif dan nilai kepadatan / densitiy.
2. Persentase kadar aspal penetrasi 60/70 yang dapat ditambahkan pada campuran AC-WC dengan kadar LGA 6% sampai 10% terhadap agregat halus adalah berkisar antara 5% sampai 6% terhadap berat total campuran.
3. Perbandingan karakteristik Marshall campuran AC-WC dengan dan tanpa LGA adalah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga namun nilai stabilitas, flow, VFB, nilai FF / kadar aspal efektif dan nilai kepadatan pada campuran tanpa LGA lebih tinggi dibandingkan pada campuran menggunakan LGA, sedangkan nilai VMA dan VIM meningkat, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan LGA mengakibatkan peningkatan persentase rongga dalam campuran tetapi masih memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, penggunaan LGA dalam campuran AC-WC untuk kadar aspal optimum 7% yaitu berkisar 6% sampai 10% terhadap berat total agregat halus, jika lebih akan menyebabkan peningkatan volume rongga dalam campuran, baik VMA maupun VIM. Penggunaan LGA dalam campuran AC-WC disarankan karena dapat menghemat penggunaan aspal, agregat halus maupun filler dan secara karakteristik Marshall masih memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga.

Referensi

- Affandi, F. (2008). *Karakteristik Bitumen Asbuton Butir untuk Campuran Beraspal Panas*. Retrieved from download.garuda.kemdikbud.go.id/: <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=821121&val=10592&title=KARAKTERIS%20BITUMEN%20ASBUTON%20BUTIR%20UNTUK%20CAMPURAN%20BERASPAL%20PANA%20S>
- Arfan, I. A. (2018). Studi Eksperimental Penentuan Kadar Aspal Buton Optimum Tipe LGA 50/30 menggunakan Agregat Batu Gamping. *Tugas Akhir*. Makassar: Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
- Bitu, L. G. (2020). Analisa Karakteristik Bitumen Campuran Panas Pada Lawele Granular Asphalt. *Vol. IX, No. 2, Oktober 2020*.

- Giroth, M. I., Sendow, T. K., & Palenewen, S. C. (2019). Perbandingan Kriteria Marshall pada Campuran Aspal Panas (AC-WC) yang Menggunakan Asbuton Modifikasi (Retona Blend) dengan Aspal Penetrasi 60/70 (Studi Kasus : Penggunaan Material Agregat dari Kema Sulawesi Utara). *Vol.7 No.11 November 2019*.
- Hermadi, M. (2010). *Peluang dan Tantangan dalam Penggunaan Asbuton sebagai Bahan Pengikat pada Perkerasan Jalan*. Retrieved from bai.co.id: <http://bai.co.id/fl/articles/Peluang-dan-Tantangan-Asbuton.pdf>
- Kafabahi, A., Wedyantadji, B., & Imananto, E. I. (2020). Penggunaan Aspal Buton pada Campuran AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course). *Vol. 2 No. 2 2020*.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (REVISI 2)*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kurniawan, A. (2011). *Kelebihan dan Kekurangan Aspal Alam Pulau Buton*. Retrieved from hutamaprima.com: <https://hutamaprima.com/blog/kelebihan-dan-kekurangan-aspal-alam-pulau-buton.html>
- Mukti, A. S. (2017). Analisis Pengaruh Substitusi Asbuton LGA (Lawele Granular Asphalt) pada Aspal Penetrasi 60/70 terhadap Campuran Aspal Porus. *Vol. 01 Nomor 01/rekat/17 (2017)*.
- Munawir, R. (2021, Desember 28). *Produk Aspal Buton*. Retrieved from binakonstruksi.pu.go.id: <https://binakonstruksi.pu.go.id/publikasi/karya-tulis/sudah-tahu-apa-saja-produk-aspal-buton-yuk-kenalan-dulu/>
- Nur, H. S. (2019). Studi Karakteristik Lawele Granular Asphalt (LGA) Berbahan Tambah Low Density Polyethylene (LDPE) terhadap Campuran Aspal Panas. Retrieved from garuda.kemdikbud.go.id: <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2995596&val=26984&title=STUDI%20KARAKTERISTIK%20LAWELE%20GRANULAR%20ASPHALT%20LGA%20BERBAHAN%20TAMBAH%20LOW%20DENSITY%20POLYETHYLENE%20LDPE%20TERHADAP%20CAMPURAN%20ASPAL%20PANAS>
- Pemanfaatan Asbuton Lawele Granular Sebagai Substitusi Aspal Minyak Untuk Pembangunan Dan Pemeliharaan Jalan Beraspal*. (2010). Retrieved from www.summitama.com: <https://www.summitama.com/LGA.pdf>
- PT. Asbuton Jaya Abadi. *LGA (Lawele Granular Asphalt)*. Retrieved from asbutonjayaabadi.com: <http://www.asbutonjayaabadi.com/product/test-1/>
- PT. Summitama Intinusa. *Lawele Granular Asphalt (LGA) Asphalt Additive*. Retrieved from summitama.com: <https://www.summitama.com/lga-1.pdf>
- Pusat Penelitian Dan Pengembangan Jalan Dan Jembatan Badan Penelitian Dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum. *Campuran Beraspal (Panas dan Hangat) dengan Asbuton*. Retrieved from scribd.com: <https://www.scribd.com/document/630363548/rangkuman-spek-asbuton-pdf>
- Ramadhan, G. (2014). *Perkerasan Jalan*. Retrieved from dspace.uui.ac.id: <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/7477/05.3%20bab%203.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Risdianto, Y., & Andajani, N. (2023). Performance of Asphalt Coated Concrete Flexible Pavement (AC-WC) Using Bottom Ash And Natural Asphalt Lawele Granular Asphalt (LGA). *Vol. 36 No. 2 January 2023*.
- Setiowati, R., & Putra, M. F. (2023). Struktur Biaya Produksi Aspal Buton Untuk Kebutuhan Infrastruktur Sebagai Substitusi Impor. *VOL. 21 NO. 1 (2023)*.
- Suaryana, N. (2008). *Penelitian Pemanfaatan Asbuton Butir di Kolaka Sulawesi Tenggara*. Retrieved from download.garuda.kemdikbud.go.id: <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=821109&val=10592&title=PENELITIAN%20PEMANFAATAN%20ASBUTON%20BUTIR%20DI%20KOLAKA%20SULAWESI%20TENGGA>
- Suciawan, R. C., Palenewen, S. C. N., & Lalamentik, L. G. (2024). Studi Kinerja Campuran AC-BC Menggunakan LGA Asbuton Dimodifikasi Dengan Aspal Keras. *Volume 22, No. 88, Tahun 2024*.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Wirahaji, I. B., Wardani, A. A., & Widyatmika, M. A. (2018). Kendala Penggunaan Asbuton Pada Proyek Jalan di Indonesia. *Vol. 011, No. 02, Oktober 2018*.