

Karakteristik Campuran Asbuton pada Lapis Aus AC-WC ada Lapis Aus AC-WC dengan Penambahan BGA B 5/20 sebagai Agregat Halus pada Aspal Pengikat 60/70

Andreni Octora Kurnia¹, Firdaus², Dinar Febriansyah³
Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Bina Darma

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Asbuton, BGA B 5/20; AC-WC;
Marshall; stabilitas; perkerasan jalan.

***Correspondence email:**

niasyarkan@gmail.com

Submitted: 29-03-2025

Revised: 03-06-2025

Accepted: 23-07-2025

Published: 02-08-2025

ABSTRAK

Kerusakan dini pada perkerasan jalan akibat beban lalu lintas berat masih menjadi tantangan dalam infrastruktur transportasi di Indonesia. Salah satu solusi yang dikaji adalah pemanfaatan material lokal seperti Asbuton, khususnya Buton Granular Asphalt (BGA) tipe B 5/20 sebagai agregat halus. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik Marshall campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) dengan penambahan BGA B 5/20 dan fly ash sebagai filler. Metode yang digunakan adalah pengujian Marshall terhadap 60 sampel benda uji dengan variasi kadar aspal (5%–7%) dan komposisi BGA (2%, 2,5%, dan 3%) serta fly ash 1,5%. Parameter yang diuji meliputi stabilitas, flow, densitas, dan Marshall Quotient (MQ). Hasil menunjukkan bahwa kadar aspal optimum sebesar 6,2% memberikan performa terbaik pada campuran dengan 2% BGA dan 1,5% fly ash, menghasilkan stabilitas 1.755,21 kg, flow 3,21 mm, densitas 2,271 gr/cc, dan MQ sisa 98,18%. Seluruh nilai memenuhi spesifikasi teknis Bina Marga untuk lalu lintas berat. Kesimpulannya, penambahan BGA B 5/20 berpotensi meningkatkan kestabilan dan ketahanan deformasi lapis aus AC-WC, sekaligus mendukung pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan.

ABSTRACT

Keyword:

Asbuton; BGA B 5/20; AC-WC;
Marshall; stability; road pavement.

Premature pavement damage caused by heavy traffic loads remains a major challenge in Indonesia's transportation infrastructure. One potential solution is the use of local materials such as Asbuton, particularly Buton Granular Asphalt (BGA) type B 5/20, as fine aggregate. This study aims to analyze the Marshall characteristics of Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) mixtures incorporating BGA B 5/20 and fly ash as filler. The research employed the Marshall test method on 60 specimens, with variations in asphalt content (5%–7%) and BGA composition (2%, 2.5%, and 3%) combined with 1.5% fly ash. Parameters evaluated include stability, flow, density, and Marshall Quotient (MQ). The results show that the optimum asphalt content of 6.2% provided the best performance in the mixture containing 2% BGA and 1.5% fly ash, yielding a stability of 1,755.21 kg, flow of 3.21 mm, density of 2.271 gr/cc, and residual MQ of 98.18%. All values met the Indonesian Ministry of Public Works specifications for heavy traffic pavements. In conclusion, the incorporation of BGA B 5/20 enhances the stability and deformation resistance of AC-WC mixtures, supporting the sustainable use of local materials in road construction.

PENDAHULUAN

Dalam upaya mendukung pergerakan antar wilayah satu ke wilayah yang lain, maka dibutuhkan kondisi jalan yang baik. Kegiatan perpindahan penduduk dipermudah dengan adanya kondisi jalan yang bagus. Perkerasan lentur adalah tipe permukaan jalan yang digunakan sebagai alternatif yang dianggap memadai apabila memiliki kualitas dan ketebalan yang sesuai untuk menahan beban kendaraan. Berdasarkan Penelitian pada tahun 2019, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat bertanggung jawab atas berbagai proyek dan inisiatif, di Indonesia terdapat kerusakan jalan yang cukup signifikan dengan 1.557 km dalam keadaan tidak berfungsi serta 111.442 km dalam keadaan sangat tidak berfungsi (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Meskipun sering dilakukan perbaikan, kerusakan sering terjadi lagi sebelum mencapai umur rencana. Jalan-jalan ini biasanya adalah jalan provinsi atau jalan kolektor yang menghubungkan berbagai Kabupaten.

Akses tersebut dianggap menjadi rute paling krusial untuk mendukung ekonomi dan menghadapi peningkatan volume lalu lintas yang signifikan, terutama di jaringan jalan kota dan jalan penghubung antar pusat kegiatan, berpotensi mengurangi umur layak jalan tersebut. Dominasi kendaraan berat dalam lalu lintas dapat berdampak negatif pada kondisi struktural perkerasan jalan (Pinangkaan et al., 2022).

Kerusakan prematur pada jalan tersebut tidak dapat dihindari, sering terjadi sebelum mencapai umur layanan yang direncanakan. Faktor utama adalah pertumbuhan jumlah kendaraan yang cepat tanpa diikuti oleh pengembangan infrastruktur transportasi yang memadai, yang mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan beban yang lebih

besar pada jalan selama digunakan. Lapisan AC-WC, yang dibangun di atas susunan perkerasan aspal, Jalan harus dirancang untuk menanggung berbagai jenis beban yang diteruskan ke lapisan di bawahnya, termasuk daya tahan terhadap beban dari kendaraan, gaya pengereman, dan dampak dari roda kendaraan (Febriansyah & Firdaus, 2025). Lapisan permukaan yang dikenal sebagai Laston atau AC-WC (Asphalt Concrete—Wearing Course) sangat sesuai untuk kondisi jalan raya yang sering mengalami kepadatan lalu lintas dan kemacetan, serta lebih efektif jika digunakan di wilayah beriklim tropis.

Indonesia adalah salah satu negara penghasil aspal alami, bersama dengan Amerika Serikat dan Perancis. Di Indonesia, terdapat sumber aspal murni yang dikenal sebagai Asbuton (aspal Buton), adalah aspal alam dari deposit batuan di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara, yang terletak sekitar 1,5 meter di bawah permukaan tanah (Mendrofa et al., 2024). Sebagai mineral mentah, Asbuton harus diolah sebelum digunakan. Keunggulan Asbuton terletak pada titik lunak yang lebih tinggi dibandingkan aspal minyak, memberikan resistansi yang baik terhadap panas dan mencegahnya dari meleleh dengan mudah. Penggunaan Asbuton dalam konstruksi jalan telah diperkuat oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.35/PRT/M/2006 yang dikeluarkan pada tanggal 27 Desember 2006, yang mendorong Penggunaan Asbuton meningkat untuk perawatan dan konstruksi jalan (Indonesia, 2006). Aspal Buton yang sering dipakai merupakan tipe yang sudah diubah melalui metode distilasi dan ekstraksi yang dikenal sebagai aspal modifikasi (Ramadhan et al., 2024).

Dalam studi ini, Buton Granular Asphalt (BGA) digunakan sebagai aditif untuk memodifikasi aspal. BGA merupakan aspal alam dari Pulau Buton yang memiliki kandungan aspal antara 1,0% hingga 4,0%. Telah banyak penelitian dan aplikasi BGA, baik sebagai pengganti maupun sebagai komponen utama dalam campuran beton aspal. Kelebihan BGA adalah ketahanannya terhadap fluktuasi suhu, yang dikarenakan titik lelehnya yang memiliki kualitas yang lebih unggul daripada aspal yang berasal dari minyak (Iqbal et al., 2023), (Misbah & Herianto, 2014), (Kuchiishi et al., 2021), (Batubara, 2021). Berdasarkan berbagai studi tentang BGA, diperlukan penambahan bahan pelunak untuk membuat bitumen asbuton menjadi lebih lunak. Hal ini bertujuan untuk mengubah karakteristik fisik dan meningkatkan daya tahan bitumen agar serupa dengan aspal minyak dengan penetrasi 60/70 (Rahmadi et al., 2018).

Saat ini, produk Asbuton yang sedang dikembangkan adalah jenis BGA, atau Aspal Granular Buton, yang memiliki kandungan bitumen sekitar 2,0-2,5% (Prawira & Suparma, 2008). Meskipun penggunaan BGA belum sepenuhnya optimal, produk ini telah diaplikasikan di beberapa tempat. BGA, yang kaya akan bahan aromatik dan resin, berfungsi untuk memperbaiki adhesi (anti stripping) (Febriansyah & Firdaus, 2025) dan fleksibilitas dari campuran, yang penting untuk meningkatkan kekakuan sambil menjaga fleksibilitas yang cukup sehingga mampu menopang beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan yang signifikan berlebihan (Iqbal et al., 2023).

Buton Granular Asphalt (BGA) berkontribusi pada peningkatan kualitas perkerasan dengan adanya butiran halus dalam materialnya yang meningkatkan kekuatan struktural jalan. Peningkatan ini berdampak pada ketahanan lapisan perkerasan terhadap abrasi yang disebabkan oleh gesekan roda kendaraan (Susanto, 2022), (Harianja et al., 2022). Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi sifat dan karakteristik keausan pada campuran aspal beton yang menggunakan BGA, untuk memastikan kemampuannya dalam menahan beban kendaraan yang berulang. Studi ini mengintegrasikan BGA sebagai komponen tambahan dalam lapisan Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC), dengan metode eksperimental di laboratorium yang mengacu pada parameter dan standar nasional yang berlaku untuk pengujian tersebut (Fatoni, 2021), (Wang et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik campuran aspal beton jenis AC-WC dengan penambahan Buton Granular Asphalt (BGA) tipe B 5/20 sebagai agregat halus dan aspal pen 60/70 sebagai pengikat, dengan fokus pada penentuan kadar aspal optimum serta evaluasi parameter stabilitas, *flow*, densitas, dan Marshall Quotient. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pengujian laboratorium menggunakan metode Marshall terhadap variasi kadar aspal (5%–7%) dan penambahan BGA (2%, 2,5%, dan 3%) serta *fly ash* sebesar 1,5% sebagai bahan pengisi. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif formulasi campuran AC-WC berbasis material lokal yang mampu meningkatkan performa lapisan perkerasan terhadap beban lalu lintas berat, serta mendukung penggunaan sumber daya nasional secara berkelanjutan. Gap penelitian ini terletak pada masih minimnya studi yang secara sistematis mengkaji pengaruh kombinasi BGA sebagai agregat halus dan *fly ash* sebagai *filler* terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC, padahal pendekatan ini berpotensi menghasilkan campuran dengan stabilitas dan ketahanan deformasi yang lebih baik sesuai spesifikasi teknis nasional.

METODE

Riset ini diarahkan untuk mengkaji dampak dari perbedaan komposisi Asbuton BGA B 5/20 dan abu terbang yang digunakan sebagai bahan pengisi, terhadap efektivitas campuran aspal yang diuji menggunakan prosedur Marshall. Aspek-aspek yang diperiksa termasuk kestabilan, aliran, VIM (Kekosongan dalam Campuran), VMA (Kekosongan dalam Agregat Mineral), serta Marshall Quotient (Iman Adiwidodo et al., 2023). Sebanyak 60 sampel Marshall dibuat untuk penelitian ini, dengan 30 sampel menggunakan Asbuton BGA B 5/20 dengan penambahan *fly ash* sebesar 1,5%. 30 sampel dengan kadar aspal tanpa Asbuton BGA dan *Fly ash*.

Penelitian dimulai dengan tahap perencanaan variasi agregat untuk menentukan komposisi material campuran. Setelah itu, dilakukan pembuatan benda uji pada kadar aspal optimum (KAO) yang telah ditentukan sebelumnya. Benda uji tersebut kemudian menjalani serangkaian pengujian Marshall yang mencakup pengukuran berat jenis, VIM (Void in Mix), VMA (Void in Mineral Aggregate), VFA (Void Filled with Asphalt), stabilitas, flow, dan kekuatan stabilitas. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk menentukan apakah campuran memenuhi spesifikasi teknis yang berlaku.

Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa spesifikasi telah terpenuhi, maka penelitian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji tambahan yang mengintegrasikan Asbuton BGA B 5/20 dalam tiga variasi: 2,0%, 2,5%, dan 3,0%, masing-masing dengan penambahan filler fly ash sebesar 1,5%. Setiap variasi diuji kembali untuk memperoleh data hasil yang relevan. Setelah semua data terkumpul, dilakukan analisis data dan pembahasan untuk mengevaluasi performa campuran. Tahap akhir dari penelitian adalah penarikan kesimpulan dan pemberian saran berdasarkan temuan penelitian, sebelum akhirnya penelitian dinyatakan selesai.

HASIL

Penelitian ini menggunakan gradasi *Hot Bin* untuk percobaan campuran dan benda uji dibuat dan campuran persatuan sampel benda uji. Penyajian data akan ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik dan di penjelasan secara rinci sesuai dengan data penelitian.

Hasil Pengujian

Setelah selesai dari pembuatan benda uji di Laboratorium Teknik Sipil Kampus C Bina Darma Palembang akan dilakukan pengujian kepadatan benda uji, pengujian kelelahan, pengujian marshall standar dan pengujian marshall sisa. Pada saat pengujian marshall dan kepadatan akan disiapkan masing-masing dari benda uji dengan variasi yang telah ditentukan dari masing-masing benda uji ada 3 benda uji marshall standar dan ada 3 benda uji marshall sisa yang merupakan dari komposisi normal dan campuran BGA varian 2%, 2,5%, 3%, dan *Fly ash* 1,5%, Dari penelitian dan pembuatan benda uji diatas akan dilampirkan hasil dari penelitian tersebut kedalam tabel dan grafik.

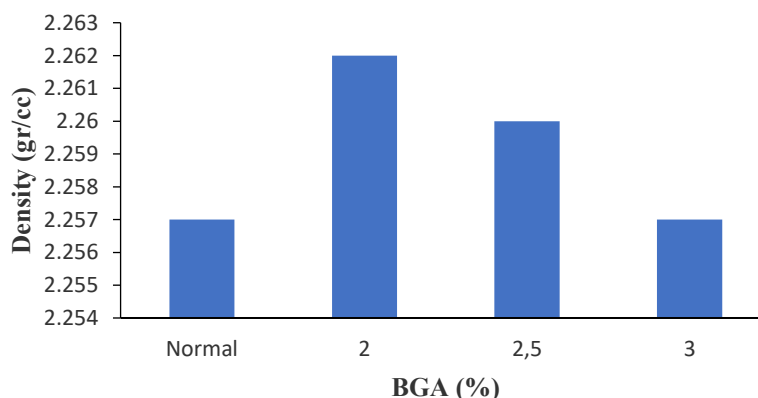
Kepadatan Aspal AC-WC

Kepadatan adalah berat campuran pada setiap satuan volume. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunya dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Untuk pengujian dilakukan dengan 1(satu) jenis tumbukan yaitu dengan Kepadatan Standar (75 x 2 Tumbukan) adapun hasil pengujian dapat di jelaskan pada table 1 berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian kepadatan terhadap variasi persentase BGA dan abu *Fly ash*

Persentase BGA (%)	Filler fly ash (%)	Bulk Density (gr/cc)
Normal		2,257
2	1,5	2,262
2,5	1,5	2,26
3	1,5	2,257

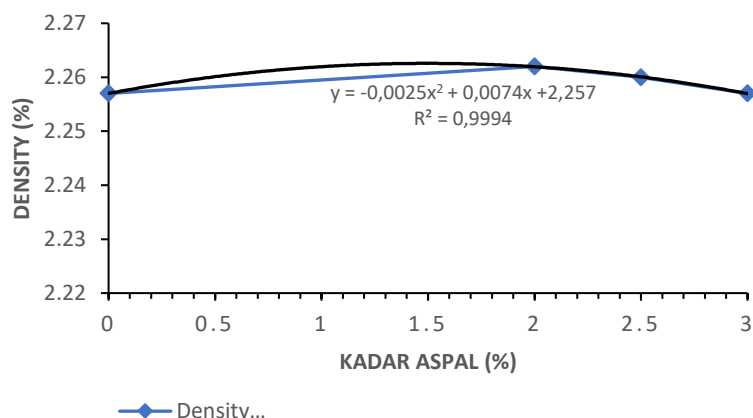
Sumber: Hasil Analisis 2024



Gambar 2. Grafik Hubungan antara presentase BGA dan destiny

Sumber: Hasil Analisis Penelitian 2024

Grafik hubungan persentase BGA dan Bulk density



Gambar 3. Grafik hubungan antara presentase BGA dan destiny

Dari tabel dan gambar 3 di atas dapat disimpulkan nilai Bulk density standard pada campuran aspal Ac-Wc normal adalah sebesar 2,257 gr/cc, pada persentase Asbuton BGA 2 % nilai Bulk density standar di dibandingkan pada campuran normal mengalami kenaikan setiap variasi BGA dengan nilai maksimum yaitu 2,262 gr/cc, pada BGA 2 % nilai Bulk density standar di dibandingkan pada campuran normal mengalami kenaikan 2,257 gr/cc Kecenderungannya semakin besar penggunaan persentase BGA maka semakin rendah nilai kepadatannya.

Grafik hubungan persentase BGA dan Bulk density

Dari table dan hasil analisis grafik diatas menggunakan rumus turunan:

$$\begin{aligned}
 y &= -0,0025x^2 + 0,0074x + 2,257 & (1) \\
 &= 2x \cdot 0,0025 + 0,0074 \\
 x &= 0,005 + 0,0074 \\
 x &= \frac{0,0074}{0,005} = \mathbf{1,48 \text{ (nilai optimum)}} \\
 y &= -0,0025x^2 + 0,0074x + 2,257 \\
 y &= 0,002(1,48) + 0,0074(1,48) + 2,257 \\
 y &= \mathbf{2,271}
 \end{aligned}$$

Dari table 1 dan gambar 2 di atas disimpulkan campuran aspal AC-WC yang telah dianalisis menggunakan rumus turunan, nilai optimum kepadatan persentase bga 1,48% dan nilai kepadatan sebesar 2,271 gr/cc, semakin besar penggunaan persentase bga maka semakin rendah nilai kepadatannya cenderungannya semakin kecil

Pelelehan (Flow)

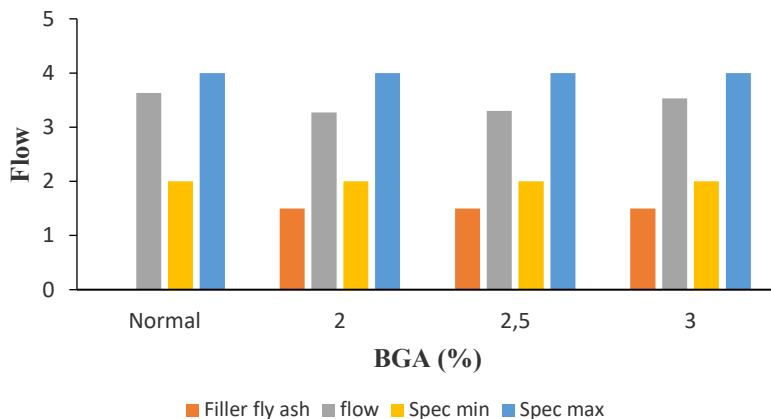
Flow adalah tingkat kelehan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 60C. Ketahanan terhadap kelelehan (*flow*) merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelehan berupa alur dan retak. Hal inidapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.berikut ini adalah grafik ketahanan terhadap kelelehan lapis aspal beton yang menggunakan bahan tambah BGA dan *fly ash*.

Tabel 2. Hasil pengujian flow terhadap variasi persentase BGA dan abu Fly ash

Persentase BGA (%)	Filler fly ash (%)	Flow (mm)	Spec min (kg)
Normal		3,63	(2-4)
2	1,5	3,27	(2-4)
2,5	1,5	3,30	(2-4)
3	1,5	3,53	(2-4)

Sumber: Hasil Analisis 2024

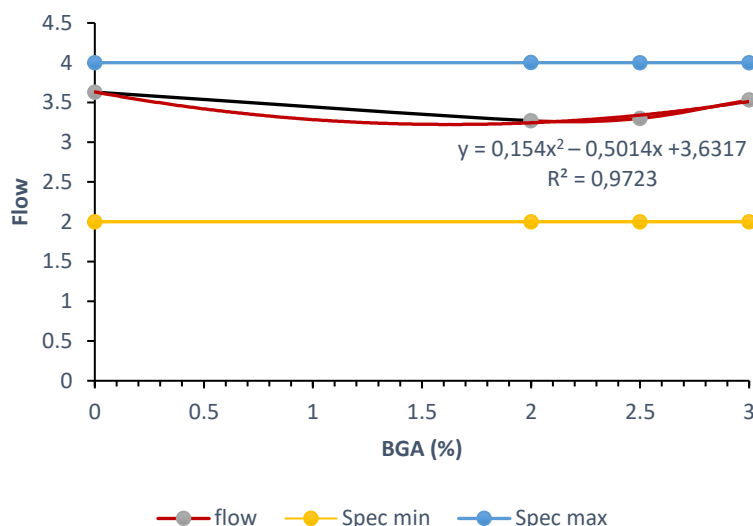
Grafik hubungan persentase BGA dan flow



Gambar 4. Grafik hubungan antara presentase BGA dan Flow

Sumber: Hasil Analisis 2024

Grafik hubungan persentase BGA dan flow



Gambar 5. Grafik hubungan antara presentase BGA dan Flow

Sumber: Hasil Analisis 2024

Dari table dan hasil analisis grafik diatas menggunakan rumus turunan:

$$\begin{aligned}
 y &= 0,154x^2 - 0,5014x + 3,6317 & (2) \\
 \frac{dy}{dx} &= 2x \cdot 0,154 - 0,5014 \\
 x &= 0,308 - 0,5014 \\
 x &= \frac{0,5014}{0,308} = \mathbf{1,62(\text{nilai optimum})} \\
 y &= 0,154x^2 - 0,5014x + 3,6317 \\
 y &= 0,154(1,62) - 0,5014(1,62) + 3,6317 \\
 y &= \mathbf{3,21}
 \end{aligned}$$

Dari table 2 dan gambar 5 grafik di atas menunjukkan bahwa campuran aspal AC-WC yang telah dianalisis menggunakan rumus turunan, nilai optimum kepadatan yang terbesar antar variasi BGA dan *fly ash* berada komposisi BGA 1,62% dengan campuran *fly ash* 1,5% dengan nilai flow 3,21

Stabilitas Marshall Standar

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami bleeding. Nilai stabilitas

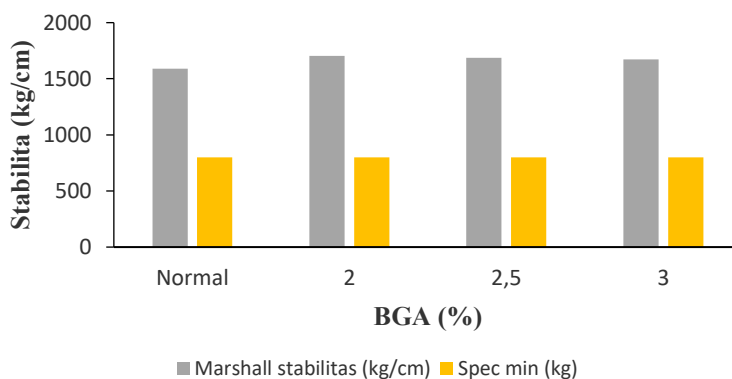
diperoleh dari kohesi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel – partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan serta gradasi agregat. Menurut spesifikasi campuran aspal PU Bina Marga 2018 nilai Stabilitas marshall adalah minimal sebesar 900 Kg. Adapun data-data hasil dari pengujian marshall standar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian stabilitas marshall terhadap variasi persentase BGA dan abu Fly ash

Persentase BGA (%)	Filler fly ash (%)	Marshall stabilitas (kg/cm)	Spec min (kg)
Normal		1589,37	800
2	1,5	1704,07	800
2,5	1,5	1687,68	800
3	1,5	1671,29	800

Sumber: Hasil Analisis 2024

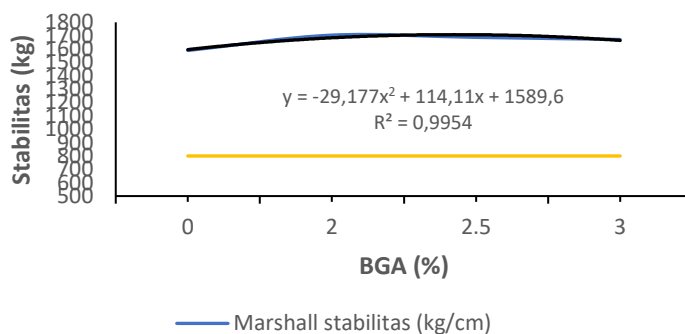
Grafik hubungan persentase BGA dan Stabilitas



Gambar 6. Grafik hubungan antara presentase BGA dan stabilitas

Sumber: Hasil Analisis Penelitian 2024

Grafik hubungan persentase BGA dan Stabilitas



Grafik 7. Grafik hubungan antara presentase BGA dan stabilitas

Sumber: Hasil Analisis Penelitian 2024

Dari table dan hasil analisis grafik diatas menggunakan rumus turunan:

$$\begin{aligned}
 y &= -29,177x^2 + 114,11x + 1589,6 & (3) \\
 \frac{dy}{dx} &= 2x \cdot 29,177 + 114,11 \\
 x &= 58,35 + 114,11 \\
 x &= \frac{114,11}{58,35} = \mathbf{1,95 \% \text{ (nilai optimum)}} \\
 y &= -29,177x^2 + 114,11x + 1589,6 \\
 y &= 29,177 (1,95) + 114,11(1,95) + 1589,6 \\
 y &= \mathbf{1755,21 \text{ kg/cm.}}
 \end{aligned}$$

Daritabel dan grafik di atas disimpulkan campuran aspal AC-WC yang telah dianalisis menggunakan rumus turunan, nilai optimum stabilitas marshall berada dengan persentase BGA 1.95% dan nilai stabilitas sebesar 1755.21 kg/cm.

Stabilitas Marshall Sisa

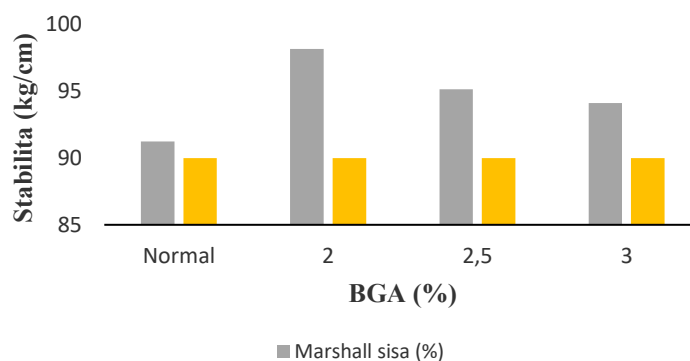
Marshall Sisa adalah perbandingan antara stabilitas marshall dengan nilai stabilitas marshall setelah dilakukannya perendaman pada suhu 60°C selama 24 jam, nilai perbandingan ini biasanya sebagai indikator nilai pengelupasan aspal, apabila nilai marshall sisa lebih dari 90% maka campuran aman untuk umur rencana yang ditentukan untuk batas spesifikasi PU Bina Marga 2018 revisi 2 nilai Stabilitas Marshall adalah minimal 90%.

Tabel 3. Hasil pengujian stabilitas marshall sisa terhadap variasi persentase BGA dan Abu Fly ash

Persentase BGA (%)	Filler fly ash (%)	Marshall sisa (%)	Spec min (kg)
Normal		91,24	90
2	1,5	98,15	90
2,5	1,5	95,15	90
3	1,5	94,12	90

Sumber: Hasil Analisis Penelitian 2024

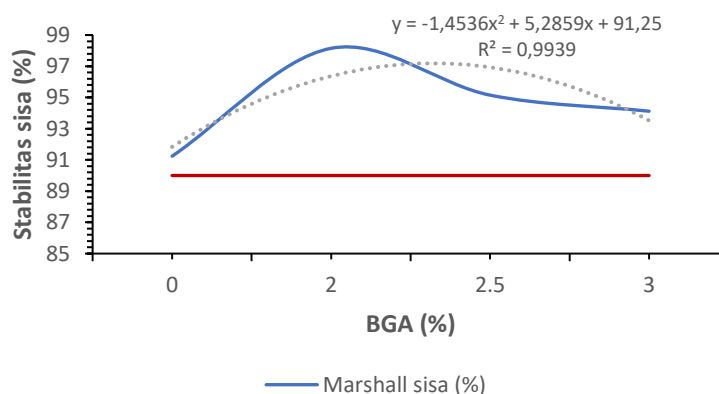
Grafik hubungan persentase BGA dan Stabilitas sisa



Gambar 8. Grafik hubungan presentase BGA dan stabilitas sisa

Sumber: Hasil Analisis Penelitian 2024

Grafik hubungan persentase BGA dan Stabilitas sisa



Gambar 9. Grafik hubungan antara presentase BGA ddan stabilitas sisa %

Sumber: Hasil Analisis Penelitian 2024

Dari table dan hasil analisis grafik diatas menggunakan rumus turunan:

$$\begin{aligned}
 y &= -1,4536x^2 + 5,2859x + 91,25 & (4) \\
 \frac{dy}{dx} &= 2x \cdot 1,4536 + 5,2859 \\
 x &= 2,9072 + 5,2859
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x &= \frac{5,2859}{2,9072} = \mathbf{1,81 \% \text{ (nilai optimum)}} \\y &= -1,4536x^2 + 5,2859x + 91,25 \\y &= 1,4536(1,81) + 5,2859(1,81) + 91,25 \\y &= \mathbf{98,18 \%}\end{aligned}$$

Dari table dan grafik di atas hasil campuran aspal AC-WC yang telah dianalisis menggunakan rumus turunan, nilai optimum marshall sisa yang terbesar antar variasi BGA komposisi 1.81% dengan filler *fly ash* 1,5% dengan nilai stabilitas sisa 98,18%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kadar aspal yang terkandung dalam Asbuton hasil ekstraksi adalah sebesar 20,14%, yang memenuhi ketentuan dalam Spesifikasi Umum 2018 Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga, sehingga dapat dikategorikan sebagai Asbuton Butir Tipe B 5/20 dengan kadar bitumen minimum 20%. Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa kadar optimum aspal dalam campuran Asbuton BGA terhadap AC-WC adalah sebesar 6,2%. Campuran laston dengan aspal Pen 60/70 dan penambahan filler fly ash sebesar 2% BGA menunjukkan nilai stabilitas tertinggi, yaitu sebesar 1.755,21 kg, dengan nilai flow 3,21 mm, density 2,271 gr/cc, dan Marshall Quotient sisa sebesar 98,18%. Nilai karakteristik Marshall cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya persentase BGA, sedangkan nilai kepadatan menunjukkan kecenderungan menurun. Dengan demikian, penambahan 2% BGA pada campuran AC-WC dinilai memenuhi persyaratan spesifikasi dan layak digunakan pada perkerasan jalan dengan beban lalu lintas berat yang membutuhkan stabilitas tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Batubara, M. I. Z. (2021). Study Of The Effect Of Addition Of Butone Granular Asphalt 5/20 On Marshall Characteristics Of Hot Mix Asphalt AC-WC. *Jurnal Mekintek: Jurnal Mekanikal, Energi, Industri, Dan Teknologi*, 12(1), 30–36. <https://doi.org/10.35335/mekintek.v12i1.125>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). SPESIFIKASI UMUM 2018 UNTUK PEKERJAAN KONSTRUKSI JALAN DAN JEMBATAN (REVISI 2). In *KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT. KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT*.
- Fatoni, A. (2021). Pengaruh Penggunaan Aspal Buton B5/20 dengan Agregat Lokal Madura Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall. *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, 6(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.53712/rjrs.v6i1.1157>
- Febriansyah, D., & Firdaus. (2025). Optimasi Campuran Aspal Lapis Aus (AC-WC) melalui Substitusi Ban Bekas dan Additive Anti-Striping. *Talenta Sipil*, 8(1), 387–392. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i1.840>
- Harianja, D. S., Lubis, F., & Saleh, A. (2022). Analisis Nilai Keausan pada Lapis Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Styrofoam. *Teknik*, 16(1), 36–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.31849/teknik.v16i1.9491>
- Iman Adiwidodo, A., Rahman, H., & Zain, N. (2023). Analisis Kinerja Modulus Resilien dan Ketahanan Fatigue Campuran AC-WC dengan Asbuton Murni, BNA Blend, dan Aspal Pen 60/70. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 30, Issue 3, pp. 481–490). <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.3.16>
- Indonesia, M. P. U. R. (2006). *Peningkatan Pemanfaatan Aspal Buton Untuk Pemeliharaan Dan Pembangunan Jalan* (Bs/pRTi M/2006).
- Iqbal, W. M., Winayati, & Saleh, A. (2023). Pemanfaatan Buton Granular Asphalt Tipe B 5/20 Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Nilai Keausan (Cantabro Test). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22225/pd.12.1.5638.14-20>
- Kuchiishi, A. K., Vasconcelos, K., & Bariani Bernucci, L. L. (2021). Effect of mixture composition on the mechanical behaviour of cold recycled asphalt mixtures. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(8), 984–994. <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1655564>
- Mendrofa, Y. M., Waani, J. E., & Palenewen, S. C. N. (2024). Studi Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan Asbuton LGA Dengan Penambahan Aspal Penetrasi. *Tekno*, 22(88), 1421–1430. <https://doi.org/10.35793/jts.v22i88.56792>
- Misbah, M., & Herianto, S. (2014). Kajian Penambahan Aspal Buton Dalam Campuran Panas AC WC dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Momentum*, 16(2).
- Pinangkaan, V., Sompie, T. P. F., & Sudarno, S. (2022). Analisis Perbandingan Karakteristik antara AC-WC Asbuton dengan Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA). *Semesta Teknika*, 25(1), 60–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.18196/st.v25i1.13716>
- Prawira, A., & Suparma, L. B. (2008). Pemanfaatan Bga (Buton Granular Asphalt) sebagai Bahan Pengganti Agregat

- Halus pada Campuran Hrs-wc secara Laboratorium. In *Civil Engineering Forum ...* (Issue Xviii, pp. 769–779). <http://jurnalpemasaran.petra.ac.id/index.php/cef/article/view/17403>
- Rahmadi, R., M. Saleh, S., & Anggraini, R. (2018). Analisis Marshall Campuran Ac-Wc Dengan Buton Granular Asphalt Dan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Substitusi. In *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* (Vol. 1, Issue 3, pp. 56–63). <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i3.11776>
- Ramadhan, L. I., Pristyawati, T., & Devi, R. H. (2024). Pengaruh Penambahan Asbuton LGA 50/30 pada Campuran AC-WC dengan Inovasi Limbah Styrofoam. *Talenta Sipil*, 7(2), 892–905. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i2.648>
- Susanto, H. A. (2022). Pengaruh Jenis Aspal Terhadap Karakteristik Laboratorium Asphalt Concrete-Wearing Course Akibat Proses Penuaan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 26(2), 103–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/jits.2022.v26.i02.p03>
- Wang, F., Huang, T., Xin, G., Mu, M., & Shen, Q. (2021). Study on Conventional and Rheological Properties of Corn Stalk Bioasphalt/PPA Composite Modified Asphalt. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/7928189>