Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)
ipssj.com ippsj2024@gmail.com E-ISSN: 3064-4011

ANALISIS PARAMETER *MARSHALL* CAMPURAN BETON ASPAL YANG MENGANDUNG NANOASPAL BUTON

Ronald Irwan[1*], Imam Aschuri[2], Riny Yolandha Parapat[3]
[1] Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
[2] Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
[3] Dosen, Program Studi Teknik Kimia (Institut Teknologi Nasional Bandung)
*Corresponding email: rnldd19@gmail.com

Abstrak: Pada lapisan beton aspal, aspal minyak umum digunakan sebagai bahan pengikat. Namun, penggunaannya terkendala oleh fluktuasi harga dan ketergantungan terhadap impor. Aspal buton sebagai bahan lokal berpotensi menjadi substitusi sebagian aspal minyak, meskipun pengolahannya secara konvensional masih kurang efektif. Penelitian ini menggunakan aspal buton yang telah diekstraksi menggunakan metode nano untuk meningkatkan kualitas hasil ekstraksi. Campuran laston AC-WC diuji dengan metode pengujian *Marshall* pada variasi substitusi 0%, 1%, 2%, 4%, dan 16%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kadar substitusi nanoaspal buton memberikan pengaruh nilai parameter *Marshall* yaitu dengan meningkatkan persentase substitusi nanoaspal buton. Nilai parameter *Marshall* yang meningkat yaitu, stabilitas, *flow*, *void in mix* (VIM), dan *void in mineral aggregate* (VMA). Sebaliknya, nilai *void filled with bitumen* (VFB) mengalami penurunan meskipun tidak signifikan. Penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan nanoaspal buton sebagai bahan substitusi yang dapat memperkuat campuran beton aspal.

Kata kunci: Nanoaspal Buton, Parameter *Marshall*, Substitusi Aspal

Abstract: *In asphalt concrete layers, petroleum asphalt is commonly used as a binder. However, its use is hindered by price fluctuations and dependency on imports. Buton asphalt, a local material, has the potential to partially substitute petroleum asphalt, although its conventional processing is still relatively ineffective. This study utilizes buton asphalt extracted using a nano-method to improve the quality of the extracted binder. The AC-WC asphalt concrete mixtures were tested using the Marshall method with substitution variations of 0%, 1%, 2%, 4%, and 16%. The research results indicate that variations in the substitution level of nano Buton asphalt affect the Marshall parameters by increasing the percentage of nano Buton asphalt substitution. The Marshall parameters that showed an increase include stability, flow, voids in mix (VIM), and voids in mineral aggregate (VMA). Conversely, the value of voids filled with bitumen (VFB) showed a slight decrease. This study indicates the potential use of nano buton asphalt as a substitute material that can enhance the strength of asphalt concrete mixtures.*

Keywords: *Nano Buton Asphalt, Marshall Parameters, Asphalt Substitution*

PENDAHULUAN

Ketergantungan pada aspal minyak menyebabkan ketergantungan impor, sehingga diperlukan alternatif bahan pengikat lokal seperti aspal buton. Aspal buton berasal dari Pulau Buton, Sulawesi Tenggara, Indonesia. Penggunaan aspal buton dapat bermanfaat untuk memacu penggunaan bahan lokal, menghemat devisa, dan mendorong penelitian serta pengembangan aspal buton itu sendiri. Pemanfaatan aspal buton ini masih belum optimal walaupun didorong oleh instruksi pemerintah tersebut. Hal ini banyak disebabkan oleh belum ditemukan cara yang optimal dalam mengolah aspal alam buton menjadi bahan pengikat. Dari segi sifat karakteristik aspal buton, hasil ekstraksinya memiliki homogenitas yang rendah sehingga membuatnya lebih sulit tercampur dalam campuran beton aspal. Teknologi nano dapat menjadi solusi untuk meningkatkan kualitas aspal buton dengan memperbaiki homogenitas dan kinerja material sebagai bahan pengikat. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh substitusi nanoaspal buton pada variasi berat aspal dari KAO yang berbeda terhadap parameter *Marshall* campuran beton aspal dan menentukan persentase substitusi nanoaspal buton yang memenuhi persyaratan dan memberi perubahan karakteristik campuran terbaik.

LANDASAN TEORI

Beton Aspal

Beton aspal yang berhubungan langsung atau lapisan yang kontak langsung dengan ban kendaraan disebut beton aspal lapis aus (*wearing course*). Laston merupakan lapisan aspal beton yang digunakan pada jalan dengan lalu lintas dalam rentang 1-10 juta ESA yang memiliki keunggulan karakteristik yaitu stabilitas yang menggambarkan kekakuan serta kekuatan beton aspal dalam memikul beban berat (Sukirman, 2016). Laston yang berfungsi sebagai lapis aus disebut juga AC-WC (*asphalt concrete – wearing course*) yang yang memiliki batasan agregat maksimum sebesar 19 mm dan tebal minimum 4 cm.

Nanoaspal Buton

Nanoaspal buton merupakan material aspal yang telah dimodifikasi dengan menggunakan metode nano. Nanoaspal buton dalam penelitian ini didapat dari ekstraksi dengan metode nano dengan bantuan alat ultrasonikator. Penggunaan teknologi nano dalam modifikasi aspal buton dapat menutup kekurangan aspal buton seperti homogenitas rendah dan dapat membuat campuran menggunakan aspal buton memiliki stabilitas yang lebih baik.

METODE

Pada tahapan metodologi penelitian ini terbagi atas beberapa tahap. Tahap pertama merupakan identifikasi masalah dan penentuan topik penelitian. Tahap kedua merupakan bagian studi literatur yang terbagi dalam pencarian referensi serta dasar teori yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini. Tahap ketiga adalah pengumpulan data yang terbagi atas pengumpulan data primer yaitu menyiapkan nanoaspal buton dengan cara ekstraksi metode nano dan pengumpulan data sekunder yang berisi data karakteristik aspal penetrasi 60/70, data karakteristik agregat, prosedur serta spesifikasi ketentuan campuran beton aspal serta data kadar aspal optimum campuran. Tahap keempat meliputi persiapan benda uji sesuai data sekunder serta kebutuhan sesuai tahap ketiga dan agregat sesuai dengan tahap kedua dengan variasi yaitu 1%, 2%, 4%, 8%, 16%. Tahap kelima merupakan tahap pengujian *Marshall*, penyajian hasil pengujian, analisis data serta penarikkan kesimpulan dan saran.

Aspal

Aspal yang digunakan meliputi aspal konvensional yaitu aspal PEN 60/70 dan nanoaspal buton hasil ekstraksi dengan metode nano. Pada Tabel 1. merupakan paparan berat kebutuhan aspal yang dihitung dari kadar aspal optimumnya.

Tabel 1. Berat Kebutuhan Aspal

Rincian Variasi Kebutuhan Aspal					
Jumlah Nano Aspal Buton (%)	0%	1%	2%	4%	16%
Jumlah Aspal / Sampel (gr)			69,3		
Total Kebutuhan Aspal / 3 Sampel (gr)			207,9		
Jumlah Nano Aspal Buton / Sampel (gr)	0,0	0,7	1,4	2,8	11,1
Jumlah Nano Aspal Buton / 3 Sampel (gr)	0,0	2,1	4,2	8,3	33,3
Jumlah Aspal Pen 60/70 / Sampel (gr)	69,3	68,6	67,9	66,5	58,2
Jumlah Aspal Pen 60/70 / 3 Sampel (gr)	207,9	205,8	203,7	199,6	174,6

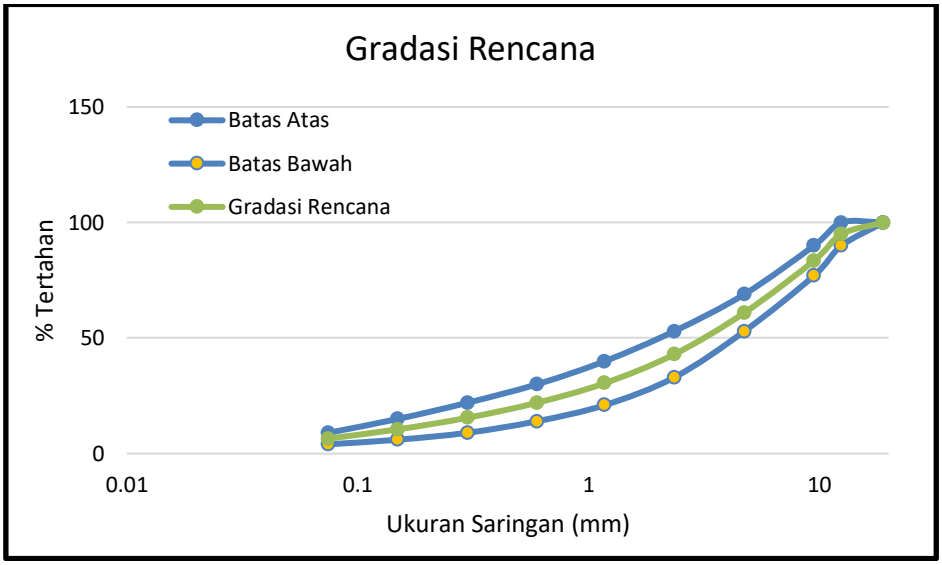
Agregat

Gradasi rencana sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 serta total kebutuhan agregat yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Berat Kebutuhan Agregat

Ukuran Saringan		% Batasan Gradasi	% Gradasi Rencana	% Tertahan	Berat Agregat / Sampel (gr)	Berat Agregat / 15 Sampel (gr)
0,75"	19	100	100			
0,5"	12,5	90 - 100	95	5,0	51,5	773,0
0,375"	9,5	77 - 90	83,5	11,5	118,5	1778,0
No.4	4,75	53 - 69	61	22,5	231,9	3478,6
No. 8	2,36	33 - 53	43	18,0	185,5	2782,9
No. 16	1,18	21 - 40	30,5	12,5	128,8	1932,6
No. 30	0,600	14 - 30	22	8,5	87,6	1314,1
No. 50	0,300	9 - 22	15,5	6,5	67,0	1004,9
No. 100	0,150	6 - 15	10,5	5,0	51,5	773,0
No. 200	0,075	4 - 9	6,5	4,0	41,2	618,4
Filler				6,5	67,0	1004,9
Total				100,0	1030,7	15460,5

Persentase gradasi rencana didapat dari nilai tengah rentang persentase batasan gradasi dan dapat dilihat pada gambar grafik pada Gambar 1. Grafik ini memperlihatkan bahwa persentase gradasi rencana berada di antara batas toleransi yang ditentukan, sehingga campuran agregat yang direncanakan sesuai dengan spesifikasi gradasi yang disyaratkan.



Gambar 1. Gradasi Rencana Agregat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Aspal Buton

Aspal buton diekstraksi dengan metode nano yang dibantu oleh alat ultrasonikator untuk proses ultrasonikasi dan alat *centrifuge* yang berfungsi untuk mengendapkan mineral dari larutan aspal. Selanjutnya larutan aspal buton di destilasi untuk memisah aspal buton dengan pelarutnya dengan alat destilasi sederhana (Annisa et al., 2023). Hasil dari proses ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3. Hasil Ekstraksi Nanoaspal Buton

Nano Aspal Buton	
Jumlah Bahan Bensin (ml)	1000
Jumlah Bahan Aspal Buton (gr)	400
Nanoaspal Buton + Bensin + Wadah (gr)	835
Wadah (gr)	410
Nanoaspal Buton + Bensin (gr)	425
Hasil Destilasi (gr)	90
Jumlah Bensin (gr)	335
Persentase Nanoaspal Buton Dari Larutan (%)	21,2
Persentase Nanoaspal Buton Terekstrak (%)	22,5

Ekstraksi menghasilkan nanoaspal buton berkisar 20% dari jumlah bahan batuan aspal buton. Hasil ekstraksi tersebut mencukupi kebutuhan akan nanoaspal buton yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

Uji *Marshall*

Pengujian *Marshall* dilakukan dengan pada variasi substitusi 1%, 2%, 4%, 8%, 16% nanoaspal terhadap berat aspal pada campuran benda uji sesuai dengan pedoman SNI 06-2489-1991. Hasil dari pengujian *Marshall* yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji *Marshall*

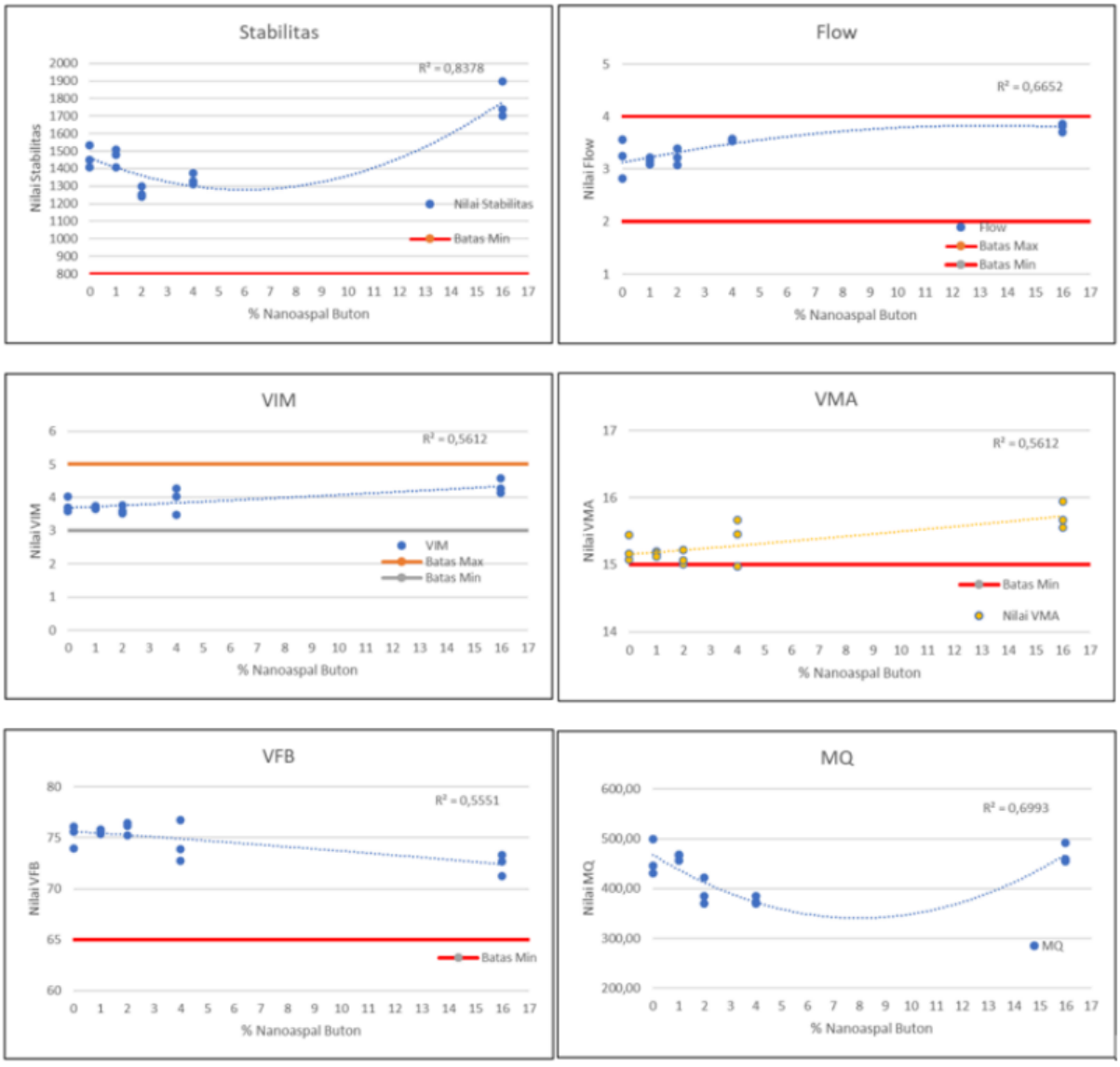
% Kadar Agregat Terhadap berat Campuran	KAO	Nanoaspal Buton Terhadap Jumlah Aspal	Benda Uji *Marshall*	Stabilitas (Kg)	*Flow* (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	MQ (Kg/mm)
				Min. 800	2 - 4	3 - 5	Min. 15	Min. 65	
93,7	6,3	0%	**A**	1410,03	2,82	4,02	15,45	73,96	499,66
			B	1532,73	3,56	3,60	15,07	76,11	430,54
			C	1448,64	3,25	3,70	15,16	75,60	445,74
			Rata-rata	1463,80	3,21	3,77	15,23	75,22	458,64
		1%	**A**	1478,39	3,17	3,74	15,19	75,40	466,37
			B	1508,91	3,22	3,71	15,17	75,56	468,61
			C	1408,80	3,09	3,65	15,12	75,85	455,92
			Rata-rata	1465,37	3,16	3,70	15,16	75,60	463,63
		2%	**A**	1298,93	3,08	3,53	15,01	76,48	421,73
			B	1253,76	3,39	3,59	15,06	76,19	369,84
			C	1239,11	3,22	3,76	15,22	75,26	384,82
			Rata-rata	1263,93	3,23	3,63	15,10	75,98	392,13
		4%	**A**	1311,14	3,54	4,03	15,45	73,91	370,38
			B	1329,45	3,56	3,49	14,97	76,72	373,44
			C	1375,84	3,58	4,27	15,67	72,72	384,31
			Rata-rata	1338,81	3,56	3,93	15,36	74,45	376,04
		16%	**A**	1897,12	3,86	4,58	15,94	71,24	491,48
			B	1703,02	3,71	4,14	15,55	73,35	459,03
			C	1738,42	3,82	4,28	15,67	72,70	455,08
			Rata-rata	1779,52	3,80	4,34	15,72	72,43	468,53

Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi aspal konvensional (penetrasi 60/70) dengan nanoaspal buton memberikan pengaruh terhadap seluruh karakteristik *Marshall*. Peningkatan yang paling signifikan terjadi pada nilai stabilitas, yaitu sebesar 21,56% yang menunjukkan meningkatnya kekuatan campuran akibat sifat kohesivitas nanoaspal yang memiliki luas permukaan lebih besar sehingga dapat memperbaiki ikatan antara aspal dan

agregat. Peningkatan stabilitas berarti meningkatnya kekuatan campuran dalam menahan beban (Sukirman, 2016). Selain itu, nilai *flow* juga mengalami kenaikan hingga 18,38% yang menandakan campuran menjadi lebih fleksibel karena meningkatnya nilai kelelehan (Sukirman, 2016). Peningkatan nilai *void in mix* dan *void in mineral aggregate* menunjukkan adanya penambahan rongga udara dan rongga antar agregat, sementara nilai *void filled with bitumen* mengalami penurunan terbesar sebesar 3,71% meskipun masih dalam batas yang dipersyaratkan.

Secara keseluruhan, penggunaan nanoaspal buton pada campuran aspal beton dapat meningkatkan stabilitas dan fleksibilitas campuran, namun juga menyebabkan bertambahnya rongga udara yang apabila berlebihan dapat meningkatkan risiko oksidasi (Sukirman, 2016). Oleh karena itu, proporsi substitusi harus diperhatikan agar tetap sesuai dengan spesifikasi dan menjaga keseimbangan antara kekuatan dan daya tahan campuran.

Grafik hasil uji *Marshall* yang dipengaruhi oleh jumlah substitusi nanoaspal buton terhadap jumlah aspal berdasarkan kadar aspal optimal campuran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Parameter *Marshall*

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aspal buton yang diperoleh melalui ekstraksi metode nano memiliki kadar berkisar 20% dari jumlah bahan yang digunakan. Aspal buton hasil ekstraksi ini dapat digunakan sebagai substitusi aspal penetrasi 60/70 karena hasil pengujian *Marshall* menunjukkan perubahan nilai tetapi tetap memenuhi persyaratan untuk campuran lapis beton aspal AC-WC sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

Nilai stabilitas mengalami perubahan yang tidak signifikan pada variasi substitusi rendah dan perubahan signifikan berupa peningkatan dan penurunan. Peningkatan terbesar yaitu, 21,56% dibandingkan variasi 0%. Nilai *flow* cenderung meningkat seiring bertambahnya substitusi dan mencapai kenaikan tertinggi sebesar 18,38%. Peningkatan juga terjadi pada nilai *void in mix* dan *void in mix aggregate* masing-masing sampai sebesar 15,12% dan 4,12%, sedangkan nilai *void filled with bitumen* menurun hingga 3,71%, meskipun seluruh nilai masih dalam batas spesifikasi. Nilai *marshall quotient* pada seluruh variasi tetap memenuhi persyaratan.

Berdasarkan hasil pengujian, variasi 16% substitusi dengan nanoaspal buton dinilai sebagai substitusi terbaik karena dapat mengurangi penggunaan aspal minyak paling banyak sekaligus memenuhi ketentuan teknis yang berlaku. Perubahan sifat karakteristik aspal akibat substitusi ini perlu dikaji lebih lanjut karena dapat mempengaruhi perhitungan dan hasil pengujian *Marshall*.

DAFTAR PUSTAKA

Annisa, L. N., Hidayat, A., & Parapat, R. Y. (2023). Validasi Optimasi Kinerja Nanoaspal Berbasis Nanorubber Dari Hasil Simulasi Yang Menggunakan Metode Response Surface. *Prosiding Diseminasi FTI Ganjil 2022/2023*. Institut Teknologi Nasional. https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/view/3165

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan: Revisi 2 Dari Edisi 2018. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Fuadi, N. (2019). Kajian Karakteristik Stabilitas *Marshall* Laston Lapis Aus (AC-WC) Modifikasi Menggunakan Asbuton Semi Ekstraksi JBMA-50 Dengan Material Kampar Berdasarkan Spesifikasi 2010 (Revisi 3) Bina Marga (Master's thesis, Universitas Islam Riau). Repository Universitas Islam Riau. https://repository.uir.ac.id/id/eprint/8334

Haikal, M. F., & Widarto, H. (2024). Analisa Pengaruh Variasi Penggabungan Asbuton Dan Aspal Minyak Terhadap Campuran AC-BC. *Jurnal Karajata Engineering*, 4(2), 161–170. https://doi.org/10.31850/karajata.v4i2.3441

Indriyati, E. W. (2017). Kajian Perbandingan Penggunaan Aspal Modifikasi Asbuton Dan Asphalt Rubber (AR) Untuk Infrastruktur Jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 94–100. https://doi.org/10.24002/jts.v14i2.1527

Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia. (2024). Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 15 Tahun 2024 tentang Pedoman Penyusunan APBD 2025. Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia.

Marhamatunnisya, A., Arlini, I., Syafier, S., & Mulyawati, F. (2022). Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Karet Alam Pada PEN 60/70 Terhadap Karakteristik Aspal. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur,* 8(2), 1-7. https://doi.org/10.31943/jri.v8i2.172

Nurfitriana, A. (2019). Kajian Parameter Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC Menggunakan Aspal Reject. *Jurnal Teknik Sipil*, Institut Teknologi Nasional.

Nuryanto, A. (2007). Aspal Buton dan propelan padat. LAPAN, Jakarta.

Pemerintah Republik Indonesia. (2023). Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2023 tentang Petunjuk Teknis DAK Fisik. Pemerintah Republik Indonesia.

Pialo, L. O. (2024, March 1). Aspal Buton Belum Dimanfaatkan Maksimal. Kendari Pos. https://kendaripos.fajar.co.id/2024/03/01/aspal-buton-belum-dimanfaatkanmaksimal/

Parapat, R. Y., Risnawati, A., Sabrilia, M. I., Hamdhan, I. N., & Aschuri, I. (2022). Studi Optimasi Pembuatan Nanoaspal Karet Dari Asbuton. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 8(3), 197–207. http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/2458

Riadi, M. (2022, March 8). Fungsi, Sifat, Jenis Dan Analisis Pengujian Aspal. *Kajian Pustaka*. https://www.kajianpustaka.com/2019/03/fungsi-sifat-jenis-dan-analisis.html

Rohma, I. W., Supriyanto, B., & Rahardjo, B. (2023). Analisis Kinerja Campuran Perkerasan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Bahan Tambah Asbuton B 50/30 Terhadap Parameter Marshall. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 21(1), 32–38. https://doi.org/10.22219/jmts.v21i1.23836

Sukirman, I. S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas (p. 23). Institut Teknologi Nasional Bandung.

Wirahaji, I. B., Wardani, A. A. C., & Widyatmika, M. A. (2018). Kendala Penggunaan Asbuton Pada Proyek Jalan Di Indonesia. *Widya Teknik*, 11(2), 33–42.

Yutomo, C. (2019). Kajian Pengaruh Waktu Penyimpanan Terhadap Stabilitas Pada Aspal Modifikasi Dengan Karet Ban Mobil Bekas [Master's thesis, Institut Teknologi Nasional]. Itenas Respository. http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/521

Zaki, S. M. M. (2018). Perbandingan Nilai Parameter Marshall Aspal Modifikasi Buton *Natural Asphalt Crumb Rubber Type* 1 (BNA CR1) 10 % Dan BNA CR1 20 % Terhadap Aspal PEN 60/70. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 1(4), 164–173. https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i4.12467