

Pengaruh Serpih Sampah Plastik (Pet) Pada Campuran Aspal Beton Dengan Pemanfaatan *Buton Rock Asphalt* Dan Liquid Asbuton

Daud Nawir

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan, Jl. Amal Lama No. 1 Tarakan
Email: : daudnawir@gmail.com

Received 28 February 2021; Reviewed 16 March 2022; Accepted 06 April 2022
Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>
Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2455>

Abstract

Asbuton is a natural asphalt material that has greater resilience and elasticity compared to extraction asphalt. When exposed to the sun and rain, asbuton has a strong and solid nature, the texture is also elastic so it is less likely to crack. One of the wastes that continues to be used in the field of road pavement is the plastic waste used in this research, which is the type of polyethylene terephthalate (PET). A lot of plastic waste is generated every year but little can be used. This research was attempted to identify the effect of the use of Buton Rock Asphalt (BRA) and plastic waste as a combination of Asphalt Concrete Layer (Laston) in terms of Marshall characteristics by using liquid asbuton and alteration of plastic accumulation content of 0%, 4%, 6%, and 8%. . The result achieved is that the accumulation of BRA and plastic waste flakes into the AC-WC asphalt concrete combination can reduce the use of asphalt by 8% by weight of asphalt with an optimum asphalt content value of 6.5%. The results of the characteristics of the AC-WC mixture with the addition of plastic waste flakes show the value of VIM decreases, VMA decreases, VFB increases with increasing effective asphalt content, Flow decreases, Stability will increase, Marshal Quotien (MQ) increases. Residual marshall stability values can be achieved above 90%, and voids in the mixture at refusal densities can be achieved in the range of greater than 2%.

Keywords: BRA, liquid asbuton, PET, AC-WC

Abstrak

Asbuton merupakan material aspal alam yang mempunyai ketahanan serta elastisitas yang besar dibanding dengan aspal ekstrasi. Bila terserang matahari serta hujan, asbuton memiliki sifat yang kokoh serta padat, teksturnya juga elastis sehingga kecil mungkin hadapi keretakan. Salah satu limbah yang terus dikembangkan pemanfaatannya dibidang perkerasan jalan merupakan limbah plastik yang digunakan pada riset ini merupakan tipe polyethylene terephthalate (PET). Limbah plastik banyak dihasilkan tiap tahunnya tetapi sedikit yang bisa dimanfaatkan. Riset ini dicoba buat mengenali pengaruh dari pemanfaatan Buton Rock Asphalt (BRA) serta limbah plastik selaku kombinasi Lapis Aspal Beton (Laston) ditinjau dari ciri Marshall dengan memakai liquid asbuton serta alterasi kandungan akumulasi plastik 0%, 4%, 6%, serta 8%. Hasil yang dicapai merupakan dengan akumulasi BRA serta serpih sampah plastik kedalam kombinasi aspal beton AC-WC bisa mengurangi penggunaan aspal 8% terhadap berat aspal dengan nilai kandungan aspal optimum 6,5%. Hasil dari karakteristik campuran AC-WC dengan penambahan serpih sampah plastik menunjukkan nilai VIM mengecil, VMA mengecil, VFB bertambah seiring dengan bertambahnya kadar aspal efektif, Flow menurun, Stabilitas akan naik, Marshal Quotien (MQ) bertambah. Nilai stabilitas marshall sisa dapat dicapai diatas 90 %, dan rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal) dapat dicapai pada kisaran lebih besar dari 2 %.

Kata kunci: BRA, liquid asbuton, PET, AC-WC

1. Pendahuluan

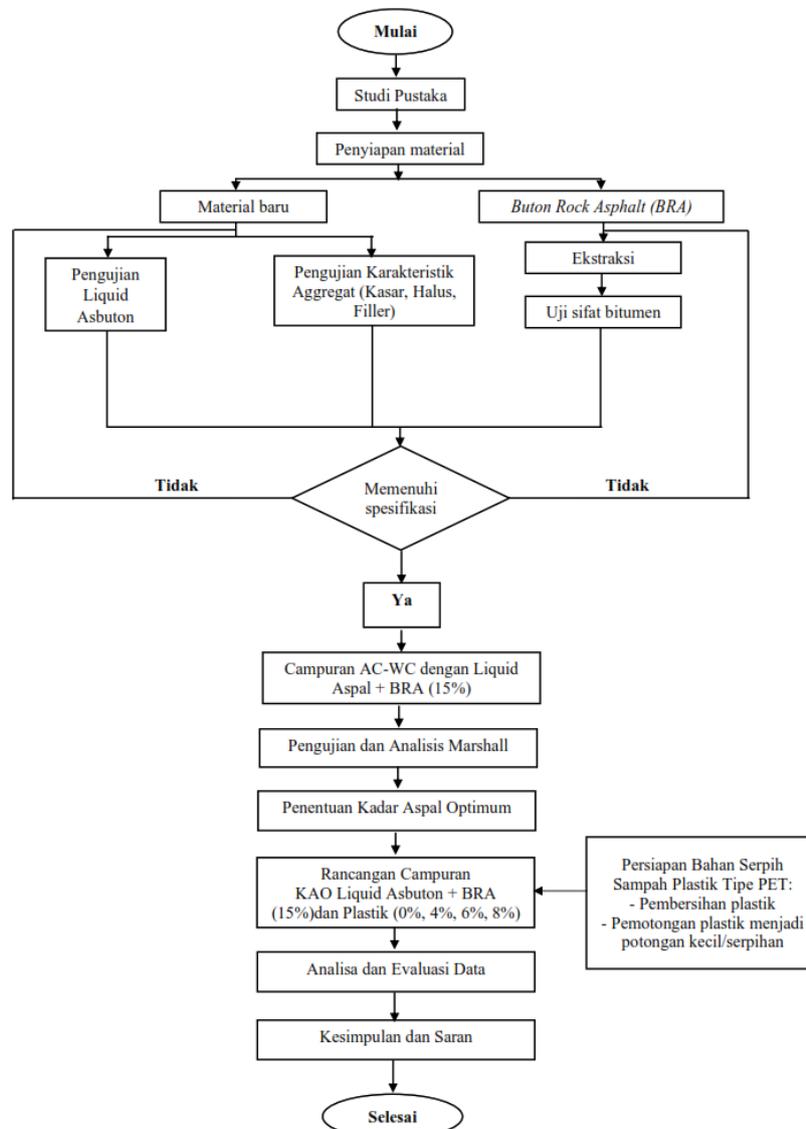
Pemerintah diwakilkan Kemenko Kemaritiman berupaya mengatasi ketergantungan impor aspal. Pemerintah memohon pada Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat, Provinsi atau Kabupaten begitupun Pertamina dan pengusaha yang lain, baik dari BUMN ataupun swasta dapat mengoptimalkan aspal Buton (asbuton), supaya lebih terserap dalam proyek jalan baik status jalan nasional, provinsi, maupun kabupaten. Asosiasi Pengembang Aspal Buton Indonesia (ASPABI) menyampaikan bahwa total serapan asbuton dalam negara pada periode 2007- 2018 baru sebesar 407.840 ton, ataupun sama dengan 0,06 % dari cadangan deposit asbuton. Perlu perhatian serius Kemenko Kemaritiman untuk turut mengawal optimalisasi penyerapan asbuton buat kepentingan nasional. 709 km jalur jalan pada tahun 2018 menggunakan asbuton yang tersebar pada ruas jalur tersebar pada hampir 34 provinsi di Indonesia. Keberadaan asbuton sebagai sumber material jalan sudah dikenal pada 1920, namun belum dimanfaatkan dengan baik. Inovasi kemudian dicoba buat mencernanya secara efektif sampai sanggup menyaingi aspal dari minyak bumi yang mulai sangat jarang serta mahal (Mansur, 2019). Aspal Buton mempunyai kemampuan yang sangat besar serta terletak di Kabupaten Buton di daerah Buton Utara.

Dibandingkan dengan aspal minyak Aspal Buton memiliki berbagai keunggulan diantaranya penggunaan aspal (Liquid asbuton) sebagai material pelek perkerasan lentur penggunaannya lebih ekonomis dan efisien untuk pekerjaan baru maupun pemeliharaan jalan, selain itu memiliki harga yang lebih murah juga mempunyai work ability yang lebih baik dibanding jenis aspal buton lainnya, maka diantara terobosan dibidang perkerasan jalan yaitu penggunaan Liquid asbuton dalam campuran aspal panas (Hot mix) (Mansur, 2019). Penggunaan aspal minyak akan menjadi berkurang jika menggunakan Asbuton butir (BRA) selain itu juga sebagai sumber aspal alami, hemat energi, bahan perkerasan jalan baru memiliki tingkat ketahanan yang tinggi dengan aspal dan tidak memerlukan pengolahan bahan kimia. Ketika asbuton butir (BRA) digunakan di aspal yang dimodifikasi, dapat meningkatkan kinerja jalan dari aspal yang dimodifikasi, terutama stabilitas suhu tinggi, ketahanan air, dan daya tahan, dengan manfaat sosial dan ekonomis yang luar biasa (Zultan, 2020). Dilihat dari efek aplikasi, aspal batuan Buton tidak dapat memainkan peran maksimalnya karena variabilitas konstruksi seperti keseragaman pencampuran konstruksi (Zultan, 2020). Penambahan serpih sampah plastik dengan jenis PET sebagai upaya untuk mengurangi penggunaan kadar aspal dalam campuran aspal Laston merupakan substansi utama pada penelitian ini. Penggunaan plastic sebagai bahan campur pada perkerasan jalan telah dilakukan pada beberapa penelitian dan terus dilakukan inovasi untuk mencapai komposisi yang tepat. hampir sudah ada disetiap segmen ekonomi produktif dan penggunaannya terus berinovasi seiring kemajuan teknologi. Contoh jenis plastic yang sering dimanfaatkan dalam penelitian adalah botol bekas jenis PET, yang memiliki masa pakai yang berguna pendek dan menjadi limbah segera setelah digunakan (Natalius, 2020). bahan plastik sampah dari jenis *polyethylene terephthalate* (PET) merupakan bahan plastik yang digunakan dalam penelitian ini, dengan asumsi bahwa semua jenis plastic bekas dan baru diasumsikan sama. Sebagian besar permintaan global untuk PET adalah untuk produksi serat sintesis dan botol PET. Botol PET telah mendahului kemasan tradisional dan bahan penyimpanan seperti kaca dan timah, karena banyak keuntungan seperti ketahanan kimia, ringan, produksi mudah dan penyimpanan. Plastik dari botol PET digunakan sebagai aditif dalam campuran aspal. Botol-botol itu dipotong menjadi serpihan kecil dan kemudian dikurangi menjadi ukuran akhir mereka dengan merobek-robek dalam mesin penghancur (Natalius, 2020). Pada campuran aspal beton (AC-WC) untuk penelitian ini, akan dilakukan pemanfaatan *Buton Rock Asphalt* dengan variasi penambahan serpih sampah plastik menggunakan liquid asbuton, mempunyai gradasi menerus (*continous*) pada batas atas dan bawah fuller dengan penentuan kadar aspalnya dilaksanakan menggunakan metoda Marshall. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik Marshall campuran Aspal beton AC-WC dengan penggunaan *Buton Rock Asphalt* dan Liquid asbuton dengan campuran plastik PET; mengetahui prosentase ekonomi penggunaan aspal atas substitusi plastik terhadap aspal pada campuran aspal beton AC-WC; mengetahui proporsi campuran variasi penambahan plastik PET yang sesuai pada penggunaan Liquid asbuton dan BRA pada campuran aspal beton AC-WC (Rahayu, 2020).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan. Material agregat kasar, agregat halus dan filler yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari quarry terdekat. Untuk mendapatkan agregat yang memenuhi persyaratan maka digunakan mesin pemecah batu (*Stone Crusher*) sehingga material akan mendapatkan ukuran yang diperlukan sesuai spesifikasi. Pengujian marshall berdasarkan SNI 06-2489-1991 (Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall) sedangkan untuk Standar pengujian job mix design berdasarkan Revisi SNI 03-1737-1989 (Tata Cara Pelaksanaan Lapisan Beton LASTON untuk Jalan Raya). PET yang akan digunakan sebagai substitusi kandungan aspal yaitu dalam bentuk serpihan dari hasil potongan-potongan kecil botol-botol plastic (Rahayu, 2021). Langkah awal penelitian didapatkan berat jenis PET dari hasil lab yaitu 1,95.

Adapun Langkah kerja pelaksanaan penelitian yng dilakukan dilaboratorium terlihat pada gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Bagan alir penelitian

3. Hasil Dan Pembahasan

Liquid Asbuton merupakan material yang berasal dari hasil ekstraksi batuan aspal dari Buton, lewat pengembangan teknologi serta bisa digunakan selaku bahan aspal dalam kombinasi aspal beton (Bakrie, 2018). Pengujian fisik dicoba terhadap Liquid asbuton buat mengevaluasi sifat- sifat fisik dari bitumen asbuton (Liquid) yang berkaitan dengan kinerjanya selaku komponen kombinasi beraspal. Diperoleh hasil pengujian Foto SEM dan EDX pada sampel 100 % Liquid asbuton maka didapatkan unsur-unsur penyusun kandungan kimia terdiri dari kandungan Carbon (C), Oksigen (O), Aluminium (Al), Silika (Si), Sulfur (S), Calsium (Ca) sehinggann membentuk persenyawaan kimia Al_2O_3 , SiO_2 , SO_3 , CaO . Hasil Pengujian Karakteristik Liquid Asbuton yang telah dilakukan dilaboratorium dapa diliat pada tabel 1.

Pengujian	Metode	Hasil Uji Liquid Asbuton	Yang disyaratkan		
			Asbuton Modifikasi		Satuan
			Min	Max	
Penetrasi sebelum Kehilangan berat	SNI. 06 - 2456 – 1991	59,2	40	60	0,1 mm
Titik lembek	SNI. 06 - 2434 – 1991	55,5	55	-	° C
Daktilitas (25 C, 5 cm/menit)	SNI. 06 - 2432 – 1991	97	50	-	Cm
Kelarutan dalam Triclor Ethylen ($C_2 HCL_3$)	SNI. 06 - 2438 – 1991	96	90	-	% Berat
Titik nyala (COC)	SNI. 06 - 2433 – 1991	234,2	225	-	° C
Berat Jenis	SNI. 06 - 2441 – 1991	1,142	1	-	
Kehilangan berat 163 C, 5 jam (thin film oven test)	SNI. 06 - 2440 – 1991	1,54	-	2	% Berat
Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI. 06 - 2434 – 1991	84,63	-	-	% Asli
Viscositas 170 Cst (Temp. pencampuran)	SNI. 03 - 6721 – 2002	163	-	-	° C
Viscositas 280 Cst (Temp. pemadatan)	SNI. 06 - 6721 – 2002	142	-	-	° C

Tabel 1. Hasil pengujian fisik Liquid Asbuton

Karakteristik Buton Rock Aspal (BRA)

Pengujian fisik dilakukan terhadap bitumen *Buton Rock Aspal* (BRA) yang diperoleh dari hasil ekstraksi seperti pengujian kadar bitumen, sifat-sifat bitumen. Untuk mengetahui, memahami kinerja dan mengevaluasi sifat-sifat fisik dari bitumen *Buton Rock Asphalt* (BRA) sebagai komponen campuran beraspal maka dilakukan beberapa pengujian (Bakrie, 2018), seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ekstraksi bitumen BRA untuk pengujian fisik

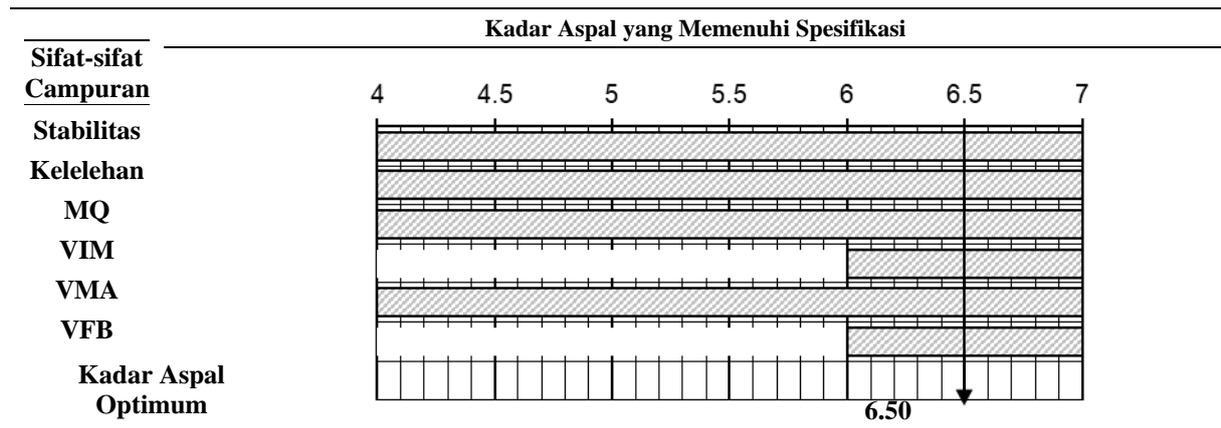
No.	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1.	Kadar Aspal %	27,85
2.	Penetrasi pada 25°C; 100 gr; 5 dtk, 0,1mm	41,22
3.	Titik lembek, °C	55,37
4.	Titik nyala, °C	176
5.	Daktilitas pada 25°C; cm	94
6.	Berat jenis	1,053
7.	Kelarutan dalam C_2HCl_3 ; % berat	86,47
8.	Penurunan berat (dengan TFOT); % berat	0,47
9.	Penetrasi setelah TFOT; % asli	66,35

MIX DESIGN ASPAL BETON AC-BC**Perencanaan Aspal Beton (AC-WC) menggunakan Buton Rock Aspal (BRA)**

Kadar aspal optimum (KAO) ditentukan dengan menggunakan kadar aspal dengan tingkat kenaikan kadar aspal 0,5%. Nilai KAO campuran lapisan aspal beton (laston) dalam penelitian ini menggunakan kadar aspal 4%; 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5% dan 7%. Beberapa parameter dari hasil pemadatan agregat dan aspal untuk pengujian briket marshall diantara lain untuk mengetahui berat isi (*density*), volume rongga dalam campuran (VIM), volume rongga dalam mineral agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFB), stabilitas, kelelahan (*flow*), dan *Marshall Quotient* (MQ) dari hasil pengujian Marshall (Razuardi, 2018). Hasil dari pengujian Marshall untuk masing – masing campuran disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian Marshall (Liquid Asbuton + 15% Buton Rock Asphalt)

No	Parameter Pengujian	Variasi Kadar Aspal (%)							Spesifikasi
		4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	
1	Stabilitas (kg)	1,207.58	1,291.92	1,367.83	1,423.42	1,510.18	1,437.08	1,377.78	min 800
2	Flow (mm)	3.06	3.04	3.08	3.24	3.50	3.61	3.83	min 3
3	MQ (kg/mm)	394.63	424.97	444.10	439.33	431.48	398.08	359.73	min 250
4	VIM (%)	8.81	8.09	7.13	6.28	5.46	4.68	3.49	3.0% - 5.5%
5	VMA (%)	19.58	18.61	18.21	17.60	16.99	18.09	19.17	min 15
6	VFB (%)	52.70	56.28	63.11	63.84	70.95	78.93	82.10	min 65



Hasil dari tabel 3 memperlihatkan nilai VIM pada rentang kadar aspal 6% - 7%. memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Nilai VFB yang sesuai spesifikasi juga berada pada rentang kadar aspal yaitu 6% - 7,0%. Nilai VMA, stabilitas, flow dan MQ memenuhi spesifikasi pada semua rentang kadar aspal. Nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran AC-BC 15% BRA adalah 6,5 %. Dari data penelitian, terlihat dengan penambahan BRA nilai stabilitas cenderung meningkat, hal ini disebabkan karena campuran yang mendapatkan penambahan BRA mempunyai penetrasi yang rendah dan pada kadar aspal yang tinggi, mortar BRA menjadikan friksi material meningkat akan berdampak pada stabilitas campuran dengan kandungan BRA akan menjadi lebih meningkat dari kondisi normal. Dari data penelitian, terlihat campuran yang menggunakan penambahan BRA 15% memberikan nilai kelelahan (*flow*) disebabkan terdapat mineral pada campuran BRA 15% yang tinggi sehingga campuran menjadi rapuh dan peka terhadap keretakan menyebabkan nilai kelelahan (*flow*) menjadi kecil. Nilai kelelahan yang besar dan nilai stabilitas yang meningkat akan cenderung berdampak pada campuran tersebut bersifat lentur (*flexible*) sehingga membuat butiran menjadi mudah bergeser yang bisa mengakibatkan terjadinya deformasi (Chen and Guo, 2018). Dari data, terlihat bahwa campuran dengan penambahan BRA 15% memiliki nilai MQ lebih besar, hal ini disebabkan nilai stabilitas yang tinggi dan kelelahan yang kecil sehingga kekakuannya tinggi yang menyebabkan rentan terhadap keretakan. Semakin tinggi kadar BRA dalam campuran, pada kadar aspal yang sama maka nilai VIM

yang dihasilkan akan meningkat. dengan bertambahnya BRA nilai VIM akan meningkat diakibatkan karena bertambahnya kandungan mineral dalam campuran, sehingga menyebabkan jumlah partikel halus yang harus terselimuti oleh aspal dalam campuran akan bertambah dan pergerakan aspal menjadi terbatas untuk mengisi rongga dalam campuran. Dengan demikian semakin ditambahkan proporsi *Buton Rock Asphalt* (BRA) akan berpotensi menyediakan VIM yang semakin besar. Pada hasil pengujian dengan bertambahnya BRA 15% nilai VMA akan meningkat, semakin besar kadar aspal yang diperlukan untuk menyelimuti agregat sehingga terdapat perkiraan bahwa campuran lebih fleksibel dengan nilai stabilitas yang relatif naik. Dari tebal diatas, nilai VFB menunjukkan bahwa akibat penambahan BRA pada campuran beraspal diperoleh nilai VFB yang cenderung tinggi, maka akan menyebabkan viskositas aspal akan semakin kental sehingga aspal akan cenderung hanya mengisi rongga-rongga diantara partikel agregat sehingga menghasilkan nilai VFB (persen rongga terisi aspal) jadi lebih besar. Dari data penelitian, terlihat dengan proporsi BRA 15% nilai VFB akan meningkat, hal ini disebabkan campuran dengan penambahan *Buton Rock Asphalt* (BRA) memiliki rongga yang terisi oleh aspal lebih banyak daripada campuran tanpa BRA (Chen and Guo, 2018).

Pengujian Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC dengan Metode Marshall 75 x tumbukan (lalulintas padat)

Pengujian campuran aspal beton dengan parameter Stabilitas, Flow, Marshal Quotien (hasil bagi marshal), rongga dalam campuran (VIM), rongga diantara agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB), stabilitas marshal sisa setelah perendaman 24 jam pada suhu 60 C, serta kepadatan membal (refusal); semua itu merupakan pengujian-pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Penggunaan Liquid asbuton pada campuran aspal akan berbeda hasilnya dengan campuran yang sama sekali tidak menggunakannya, diantaranya campuran tersebut akan memiliki penetrasi dan titik lembek yang lebih rendah, menyebabkan ikatan mortar menjadi lebih kaku sehingga akan meningkatkan nilai stabilitas. Selain itu bertambahnya juga mineral filler sehingga gradasi campuran relatif memiliki kelebihan mineral halus yang berfungsi sebagai bahan pengisi jika terjadi ikatan mortar dengan aspal. Pada tabel 4 menunjukkan hasil pengujian campuran AC-WC dengan penambahan serpih sampah plastic terbukti memiliki sifat karakteristik yang dapat meningkatkan resistensi campuran aspal dalam menerima beban lalulintas. Hasil-hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

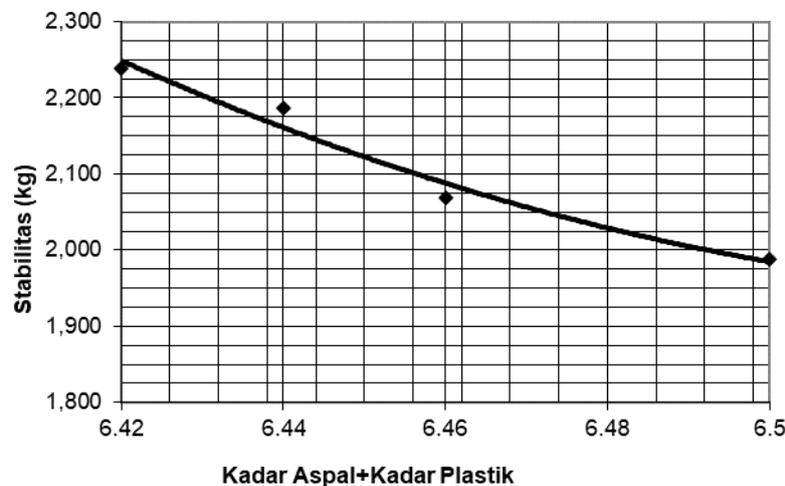
Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Campuran AC-WC Dengan Kandungan Kadar plastik (PET)

No	Karakteristik Campuran (AC-WC)	Liquid Asbuton (%) + BRA 15%				Spesifikasi
		6.5	6.46	6.44	6.42	
		Kadar Plastik Terhadap Aspal (%)				
		0	4	6	8	
1	Stabilitas (kg)	1987.99	2068.5	2186.66	2239.19	Min. 800
2	Flow (mm)	3.75	3.85	3.58	3.38	Min. 3
3	Marshall Quotient (kg/mm)	530.13	537.27	610.80	662.48	Min. 250
4	Rongga dalam campuran (VIM) (%)	4.20	3.91	3.69	3.34	3,0 - 5,0
5	Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	21.99	20.17	18.15	16.06	Min. 15
6	Rongga terisi aspal (VFB) (%)	80.5	82.21	84.19	86.45	Min. 65
7	Stabilitas Marshall sisa (%) set. Perendaman 24 jam, 60 C	1890.65	1889.16	2119.44	2131.87	Min. 90
8	Rongga dlm campuran (%) pd kepadatan membal (Refusal)	4.17	3.97	3.14	2.7	Min. 2

Stabilitas

Kemampuan campuran aspal dalam memikul beban lalu lintas sampai terjadi kelelahan plastis dapat terukur dengan mengetahui nilai stabilitas. Nilai stabilitas langsung diperoleh dari pengujian, hal ini dilakukan pada saat dilakukan pembebanan menggunakan alat uji Marshall (Kementrian PUPR. 2019).

Gradasi agregat dan kadar aspal dalam campuran merupakan hal-hal yang mampu mempengaruhi nilai stabilitas. Dampak dari pemanfaatan Liquid asbuton dan BRA dalam campuran aspal beton akan menyebabkan ikatan mortar berlebihan dalam campuran berlebihan sehingga menyebabkan campuran menjadi lebih kaku dan nilai flexibilitas cenderung menjadi turun.



Gambar 2. Hubungan Kadar Plastik + Aspal terhadap Stabilitas

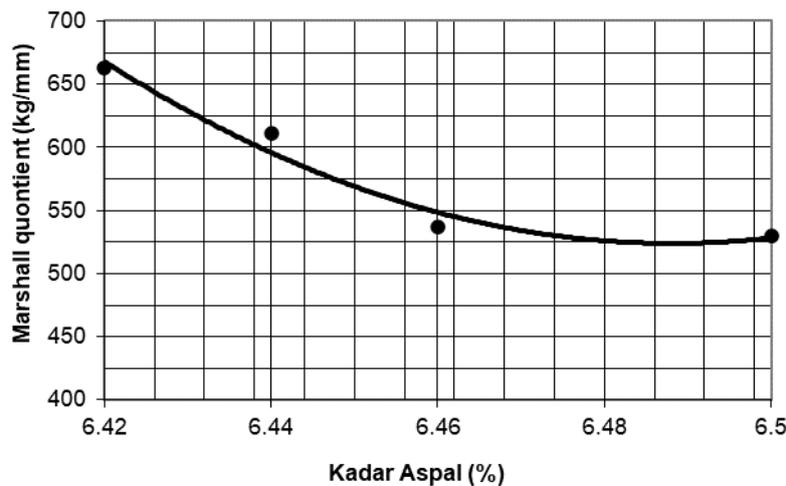
Pada gambar 2 memperlihatkan hubungan Kadar Plastik dan Aspal pada pengujian Daktilitas dan Penetrasi, dari grafik menunjukkan kecenderungan aspal dengan kandungan plastik yang melewati hingga 8% terhadap berat kandungan aspal, tidak lagi akan memenuhi spesifikasi. Kandungan plastik 8% terhadap berat aspal merupakan proporsi yang terbaik digunakan dalam campuran aspal beton AC-WC sedangkan kandungan plastic yang lebih dari 8% akan mengakibatkan karakteristik campuran menjadi lebih kaku sehingga akan mudah terjadi retak pada campuran tersebut.

Kelelahan (flow)

Untuk menunjukkan besarnya ukuran deformasi kelenturan campuran yang terjadi akibat beban lalu lintas tanpa menimbulkan retak dan perubahan volume maka dapat ditunjukkan pada nilai kelelahan atau flow. Dari hasil analisis Marshall pada tabel 4, kandungan kadar plastic yang meningkat akan menyebabkan nilai kelelahan cenderung turun, hal ini diakibatkan oleh plastic yang tercampur dalam aspal akan menjadi keras sehingga membuat butiran menjadi tidak mudah bergeser dan semakin mengurangi kelenturan campuran. Membatasi kadar plastic hanya pada kadar 8% terhadap berat aspal menjadikan nilai kelelahan masih dalam spesifikasi. Kandungan plastic yang bercampur pada campuran aspal beton akan cenderung mempengaruhi sifat aspal menjadi kaku, namun masih dalam batas ambang atau nilai kelenturan masih jauh dibawah yang disyaratkan spesifikasi. Kandungan plastic PET berupa serpihan dalam campuran AC-WC menyebabkan sifat kelenturan pada campuran tidak akan berpengaruh negatif terhadap campuran tersebut.

Marshall Quotient (MQ)

Perbandingan nilai stabilitas dan nilai kelelahan ditunjukkan dengan nilai Marshall Quotient. Hasil bagi Marshall yang lebih besar pada campuran AC-WC menunjukkan nilai stabilitas yang cukup tinggi. Indikator terhadap kekakuan campuran secara empiris dapat terukur dengan nilai Marshall Quotient (Kementrian PUPR. 2019). Kenaikan nilai MQ dengan penambahan kadar plastic kedalam campuran AC-WC, memberikan kontribusi positif terhadap pertambahan nilai stabilitas.

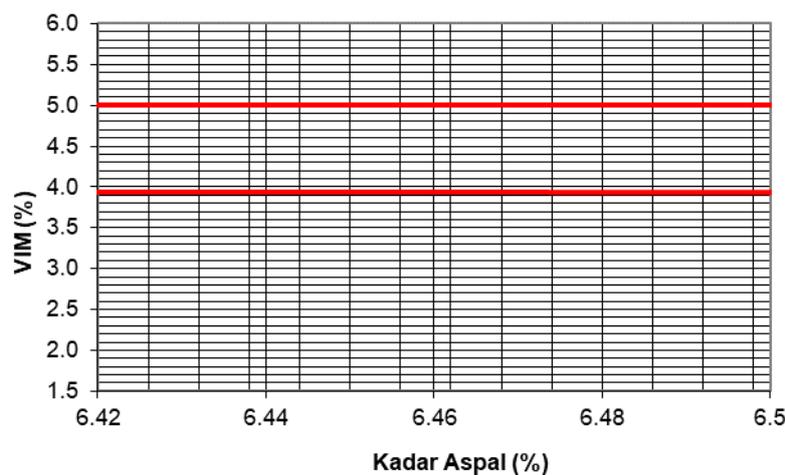


Gambar 3. Hubungan Kadar Plastik + Aspal Terhadap MQ

Pada gambar 3 diatas menunjukkan nilai MQ menjadi naik yang dipengaruhi dengan masuknya kadar plastik kedalam campuran AC-WC. Kandungan kadar plastik yang bercampur pada campuran aseton terbukti mampu meningkatkan ketahanan konstruksi perkerasan. Nilai ambang batas MQ yang dipersyaratkan yaitu tidak boleh dibawah 250 kg/mm.

Rongga Dalam Campuran Beraspal (VIM)

Kandungan VIM (*Voids in Mixture*) atau rongga dalam campuran beraspal berhubungan dengan keawetan campuran, bilamana nilai VIM terlalu tinggi campuran akan cenderung rapuh, mempunyai kecenderungan retak secara dini (Chen and Guo, 2018).. ketahanan campuran terhadap pengerasan aspal dan pengelupasan partikel akibat oksidasi menandakan bahwa nilai VIM yang kecil akan meningkatkan, campuran tidak stabil dan kemungkinan terjadi kelelahan plastis yang lebih besar berarti menunjukkan nilai VIM terlalu kecil. Nilai VIM menjadi kecil disebabkan tidak tersedianya ruang yang cukup untuk menampung ekspansi aspal akibat pemadatan lanjutan oleh lalu lintas dan kenaikan temperatur pada perkerasan pada masa pelayanan.



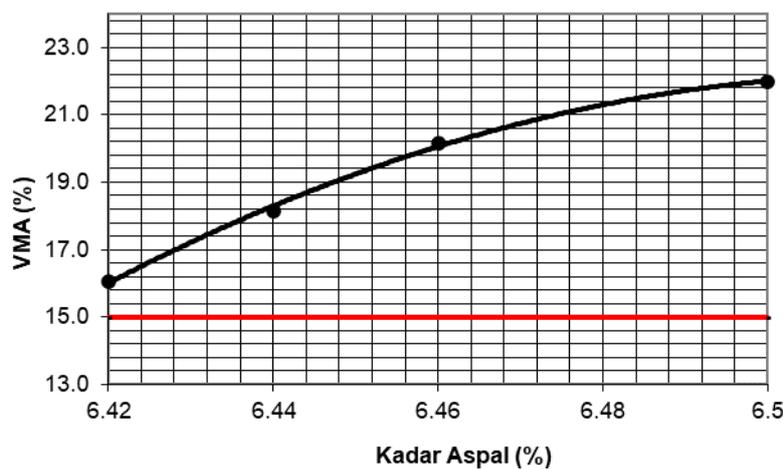
Gambar 4. Hubungan Kadar Plastik + Aspal Terhadap VIM

Nilai berat isi campuran dan berat jenis campuran sangat dipengaruhi dengan nilai VIM, sedangkan berat jenis aspal dengan kandungan serpihan plastik PET memiliki ikatan erat dengan berat jenis campuran (Rosyida, 2021). Penambahan kandungan serpihan plastik PET kedalam campuran akan menyebabkan nilai berat jenis aspal tambah plastik terus meningkat sehingga berdampak pada turunnya nilai VIM. Pada gambar 4 menunjukkan dengan melakukan penambahan kadar serpihan sampah plastik jenis PET kedalam campuran aspal beton AC-WC maka dapat berpengaruh kepada nilai VIM yang cenderung menurun seperti pada grafik. Keberadaan plastik dan pemanfaatan BRA didalam campuran AC-WC sangat baik untuk menjadikan dan menjaga VIM campuran agar tidak lebih besar dari yang dianjurkan spesifikasi, karena VIM yang besar menyebabkan konstruksi AC-WC mengalami keretakan secara dini. Hasil penelitian di jalan-jalan utama (lalu-lintas berat) di pulau Jawa menunjukkan pekerjaan Laston yang mempunyai nilai VIM lapangan diatas 10 % umumnya sudah menampakkan indikasi awal terjadinya retak. Sementara perkerasan yang mulai menampakkan indikasi awal terjadinya deformasi plastis umumnya sudah mempunyai nilai VIM lapangan dibawah 3 %.

Rongga diantara agregat (VMA)

VMA (*Void In Mineral Aggregate*) adalah volume rongga udara diantara butir-butir agregat dalam campuran beraspal dalam kondisi yang padat. VIM dan volume aspal efektif adalah bagian dari VMA [9]. Dari hasil pengujian menunjukkan penambahan serpih sampah plastik kedalam campuran AC-WC, memberikan pengaruh terhadap berat isi campuran yang nilainya cenderung bertambah yang mengakibatkan penurunan nilai VMA (Chen and Guo, 2018).

Pada Gambar 5 terlihat bahwa campuran dengan menggunakan Liquid asbuton memberikan nilai VMA yang lebih besar Hal ini disebabkan oleh makin kerasnya aspal dalam campuran, sebagai akibat dari penambahan bitumen Liquid asbuton yang keras, sehingga proses pematatan relatif menjadi lebih sulit dan menghasilkan rongga antara butiran yang lebih besar. Selanjutnya, nilai VMA yang lebih besar tersebut menyebabkan diperolehnya nilai VFB yang lebih kecil, oleh karena VFB merupakan persentase volume aspal efektif terhadap VMA.

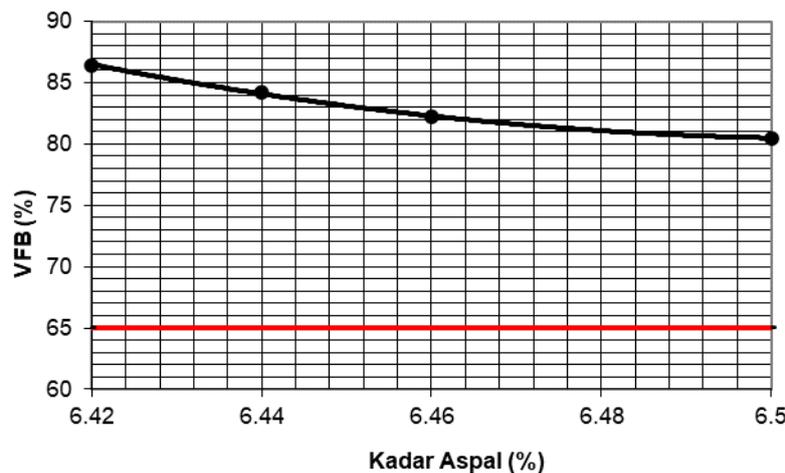


Gambar 5. Hubungan Kadar Plastik + Aspal Terhadap VMA

Gambar 5 tersebut diatas menjelaskan bahwa VMA mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya penambahan serpih sampah plastik kedalam campuran AC-WC, hal terlihat dari kadar aspal 6,46% dengan penambahan 4% semakin turun sampai dengan kadar aspal 6,42% penambahan 8% plastik.

Rongga terisi aspal (VFB)

VFB (*Void Filled Bitumen*) adalah rongga terisi aspal yang merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh kandungan aspal efektif. Sedang kadar aspal efektif adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang diserap oleh agregat.



Gambar 6. Hubungan Kadar Plastik + Aspal Terhadap VFB

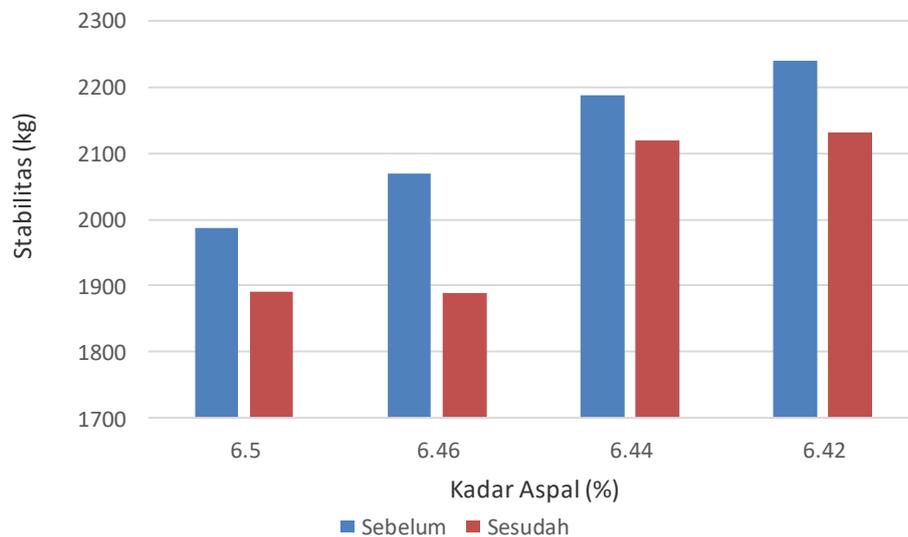
Pada Gambar 6 diatas menjelaskan bahwa VFB mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya penambahan serpih sampah plastik kedalam campuran AC-WC. Penambahan serpih sampah plastik kedalam campuran aspal AC-WC, akan mengakibatkan semakin mengecilnya rongga dalam campuran akibat berat jenis aspal dengan plastik yang semakin meningkat. Bertambahnya nilai VFB dalam penelitian ini diakibatkan oleh mengecilnya rongga dalam campuran (VIM) yang merupakan bagian dari pembagi dalam menentukan nilai VFB. Selain hal tersebut, penelitian ini juga memberikan gambaran bahwa dengan masuknya serpih sampah plastik kedalam campuran, penyerapan aspal kedalam pori material (*absorpsi*) akan semakin mengecil. Dengan demikian kadar aspal efektif akan meningkat seiring kenaikan nilai VFB. Sehingga dengan penambahan serpih sampah plastik kedalam campuran AC-WC dapat menjadikan kinerja campuran semakin membaik.

Pengujian Indeks Kekuatan Sisa

Pengujian Indeks Kekuatan Sisa atau Pengujian perendaman Marshall adalah metode untuk mengetahui ketahanan atau keawetan campuran terhadap suhu, cuaca dan air hingga hilangnya ikatan antara aspal dan butiran agregat. Nilai IKS campuran didapat dari hasil perbandingan nilai stabilitas benda uji hasil rendaman 1 x 24 jam dengan nilai stabilitas benda uji standar (hasil rendaman 30 menit) pada temperatur 60°C. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dipengaruhi oleh tingkat kelekatan agregat dengan aspal yang antara lain tergantung pada bentuk dan jumlah pori agregat, sifat reologi aspal, kadar aspal, kepadatan, kandungan rongga dan gradasi agregat (Kementrian PUPR. 2019).

Dari hasil penelitian penulis, campuran dengan Liquid asbuton dan penggunaan BRA 15% lebih tahan terhadap perubahan cuaca, temperatur dan air. Hasil penelitian pada gambar 7 diatas menerangkan bahwa dengan serpih sampah plastik yang dimasukkan kedalam campuran AC-WC, dapat menambah kemampuan campuran dalam melawan cuaca buruk sekalipun. Hal ini dibuktikan dengan, dimana kemampuan akan stabilitas campuran yang mengandung plastik tetap sesuai dengan spesifikasi setelah perendaman 24 jam pada suhu 60°C. Adapun kekuatan sisa setelah mengalami perendaman 24 jam maka pada kadar plastik 0 % (kadar aspal 6.5%) sisa kemampuan stabilitasnya 95.1 %, pada kadar

plastik 4 % (kadar aspal 6.46 %) sisa kemampuan stabilitasnya 91.3%, pada kadar plastik 6 % (kadar aspal 6,34 %) sisa kemampuan stabilitasnya 91,7 %, pada kadar plastik 8 % (kadar aspal 6,42%) sisa kemampuan stabilitasnya 90.7 %.



Gambar 7. Perbandingan Indeks Kekuatan Sisa pada tiap proporsi campuran

Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (*refusal*)

Pengujian Vim Refusal (Kepadatan mutlak) dilakukan untuk mengetahui kandungan rongga dan kepadatan mutlak sebagai simulasi dari pemadatan lanjutan oleh lalu lintas yang digambarkan dengan berubahnya nilai rongga dalam campuran dalam campuran (VIM) yang dilakukan dengan proses pemadatan / penumbukan 2 x 400 perbidang [9]. Nilai VIM pada pemadatan standar (Marshall 2x75 tumbukan), akan berkurang nilainya akibat pemadatan Refusal (pemadatan dengan alat getar listrik/Marshall 2x400 tumbukan). Keterbatasan metode Marshall adalah ketergantungan terhadap kepadatan setelah dilalui kendaraan untuk mencapai rongga udara dalam campuran beraspal AC-WC yang disyaratkan dengan persyaratan spesifikasi pada minimal 3% (Kementrian PUPR. 2019).

Pada tabel 4 diatas di jelaskan bahwa rongga dalam campuran pada kepadatan membal (VIM Refusal), dapat dicapai sesuai yang dianjurkan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu minimal 2% walaupun mengalami penurunan seiring dengan penambahan serpih sampah plastik kedalam campuran AC-WC. Penambahan serpih sampah plastik kedalam campuran AC-WC, memberikan pengaruh terhadap nilai VIM yang cenderung mengecil. Namun dalam pengujian di laboratorium pada 400 tumbukan perbidang, hasilnya belum melampaui ambang spesifikasi yang diizinkan. Pada konsentrasi kadar plastik 8% terhadap berat aspal VIM refusal mendekati ambang spesifikasi namun belum dapat dikatakan lebih kecil dari yang dianjurkan karena nilainya 2,70 %, dibanding dengan yang dianjurkan minimal 2 %.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian kadar serpih plastic jenis PET 6% dengan kadar aspal optimun 6,5% pada penggunaan Liquid Asbuton dan pemanfaatan BRA dalam campuran aspal beton AC-WC dapat menaikkan kinerja Stabilitas campuran aspal dari 1987,99 Kg menjadi 2239,19 Kg. Penambahan kadar plastic pada Liquid asbuton berdampak penetrasi aspal menjadi lebih kecil (lebih keras) dan viskositas aspal

menjadi lebih besar (lebih kental) dipengaruhi kandungan unsur kimia logam dalam Liquid asbuton. Sehingga menyebabkan ikatan terhadap agregat akan semakin kuat. Konsentrasi maksimum 8% terhadap berat aspal penambahan serpih plastic PET terhadap Liquid Asbuton dapat memberikan pengaruh terhadap karakteristik campuran aspal beton AC-WC yaitu :

- Meningkatkan nilai stabilitas campuran yaitu meningkatkan resistensi kemampuan campuran (konstruksi jalan) aspal beton AC-WC untuk menerima beban lalu lintas hingga terjadi kelelahan plastis.
 - Memperkecil nilai Flow campuran yaitu mengurangi terjadinya deformasi dan masih memenuhi spesifikasi pada kadar plastik 3 % terhadap berat aspal.
 - Meningkatkan nilai *Marshall Quotient* (MQ). Konstruksi memiliki sifat fleksibel dan lentur pengaruh dari kandungan serpih plastic kedalam campuran AC-WC, yang teruji meningkatkan kemampuan dalam menerima beban
 - Menurunkan nilai VIM (memperkecil pori pada campuran), lebih meningkatkan keawetan pada konstruksi jalan tanpa terjadi deformasi plastis (*bleeding*).
 - Menurunkan nilai VMA (rongga diantara agregat), sehingga konstruksi jalan dapat lebih awet.
 - Meningkatkan nilai VFB (rongga terisi aspal), meningkatkan kadar aspal efektif yang akan menyelimuti material dan menentukan kinerja campuran dalam suatu konstruksi.
 - Meningkatkan Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman 24 jam pada suhu 60°C, yaitu dapat menambah kemampuan campuran dalam melawan kondisi cuaca buruk.
 - Konstruksi jalan mampu menerima pembebanan kendaraan setelah masa layanan yang telah dibuktikan melalui pengujian kepadatan membatal (*refusal*) marshall 400 tumbukan.
1. Substitusi serpih sampah plastik terhadap Liquid Asbuton dapat menghemat penggunaan/pemakaian aspal sebesar 8% terhadap berat aspal yang digunakan dalam campuran aspal beton AC-WC.

Daftar Pustaka

- A. Zultan M., Daud N, (2020). "Analisis Kinerja Campuran Aspal Beton (AC-BC) Menggunakan Liquid Asbuton Dengan Penambahan Serpih Sampah HDPE (High Density Polyethylene)". Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, Volume 4 Nomor 1, Hal. 78-90
- Departemen Pekerjaan Umum. (2018). Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Direktorat Jendral Prasarana Wilayah. 2002. Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1: Petunjuk Umum. Jakarta.
- Kementrian PUPR. 2019. Perancangan dan Pelaksanaana Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik. Jakarta: JDIH Kementrian PUPR.
- M. Djaya Bakri, Daud N., A. Zultan M. (2018). "Studi Experimental Karakteristik Aspal Beton (AC-BC) Dengan Pemanfaatan Buton Rock Asphalt". Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 12, Batam, 18-19 September, MT-175.
- Mansur. A.Z., Daud N, (2019). "Studi Experimental Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC - WC) Menggunakan Liquid Asbuton Dengan Penambahan Serpih Sampah Plastik". Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 13, Universitas Syiah Kuala, 19-20 September, Hal. 350.
- Natalius Sihite, (2020). "Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Polyethylene Terephthalate (PET) Terhadap Daya Lekat Campuran Laston Lapis AC-WC". Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Darma Agung, Vol 9 No 1 Februari.
- Rahayu, P., Rifqi, M.G., Amin, M.S (2021). "Pengaruh Penambahan Plastik Tipe PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Campuran Laston AC-WC". Rekayasa Teknik Sipil, Vol. 2 No. 1.

- Razuardi, Sofyan M. Saleh, Muhammad Isya (2018). "Pengaruh Penambahan Buton Rock Asphalt (Bra) Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC)". Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Volume 1 Special Issue, Nomor 3 Hal 715-724, Januari.
- Rosyida, I.A.I., Suprpto, B., M.G., Rachmawati, A., (2021). "Pengaruh Bahan Tambahan PET (Polythylene Terthalate) Terhadap Karakteristik Marshall Pada Aspal AC-WC". Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure (JACEIT), Vol. 10 No. 3.
- Y. Li, J. Chen, J. Yan, and M. Guo, "Influence of Buton Rock Asphalt on the Physical and Mechanical Properties of Asphalt Binder and Asphalt Mixture," Adv. Mater. Sci. Eng., vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/2107512.