



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **SUBSTITUSI TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP CAMPURAN LASTON AC-BC**
(Ahmad Rizqi Muyassar, Syarwan, Edi Majuar)
2. **ANALISIS RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN SP. BANGKA JAYA-GEULUMPANG SULU TIMU KABUPATEN ACEH UTARA**
(Amaliaburga Gianina Gleda, Chairil Anwar, Khamistan)
3. **EVALUASI KINERJA OPERASIONAL RUANG PEDESTRIAN PADA LAPANGAN MERDEKA KOTA MEDAN**
(Aminah Jahara Nst, Zairipan Jaya, Ismail)
4. **ANALISIS PENGENDALIAN BIAYA DAN WAKTU (COST CONTROL FRAMEWORK) PENINGKATAN JALAN UER LAH-SIMPANG LANCANG KABUPATEN BENER MERIAH**
(Fajri Jayusman, Jafar Siddik, Zulfikar)
5. **SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS DENGAN SERBUK BESI PADA CAMPURAN LASTON AC-WC**
(Iman Saputra, Rosalina, Cut Yusnar)
6. **PENGARUH ABU CANGKANG KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) SEBAGA ALTERNATIF SUBSTITUSI SEMEN PADA MORTAR TERHADAP SIFAT MEKANIS MORTAR**
(Kurniawan Temas Mico Arita, Amir Fauzi, Ruhana)
7. **KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE)**
(Laisa Isma, Mulizar, Aiyub)
8. **PEMANFAATAN LIMBAH ABU BATU BARA (FLY ASH) UNTUK PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG**
(Muhammad Andryansyah Siregar, Gusrizal, Syukri)
9. **ANALISIS RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN PONDOK BARU SAMAR KILANG KABUPATEN BENER MERIAH**
(Saiful Fahmi, Bakhtiar A Wahab, Munardy)
10. **PENGGUNAAN AGREGAT KARAKTERISTIK DUA LOKASI BERBEDA PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC**
(Zuryati, Sulaiman Ar, Musbar)

Jurnal Sipil
Sains Terapan

Volume 04
Nomor 01

Hal:
1-77

Buketrata,
Maret 2021

ISSN
2620-6366

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

Penasehat

Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe

Penanggung Jawab

Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Politeknik Negeri Lhokseumawe

Ketua Redaksi

Muhammad Reza, M.Eng.

Sekretaris Redaksi

Erna Yusnianti, S.Si., M.Si.

Dewan Editor:

Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng.	(Universitas Syiah Kuala)
Dr. Ir. Samsul Bahri, M.Si.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Dr. Ir. Yuhanis Yunus, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Munardi, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Muliadi, S.T., M.T.	(Universitas Negeri Malikussaleh)
Syarwan, S.T., M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Yulius Rief Alkhaly, S.T., M.Eng.	(Universitas Negeri Malikussaleh)

Penyunting Pelaksana

Ibrahim, S.T., M.T.

Pelaksana Tata Usaha

Hasanuddin, A.Md.

Penerbit

Politeknik Negeri Lhokseumawe

Alamat:

Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh–Medan Km 280,3 Buketrata
Lhokseumawe 24301 P.O. Box 90
Website: sipil.pnl.ac.id, email: pjj@pnl.ac.id

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

DAFTAR ISI

Dewan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi	iii
SUBSTITUSI TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP CAMPURAN LASTON AC-BC (Ahmad Rizqi Muyassar, Syarwan, Edi Majuar).....	1-6
ANALISIS RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN SP. BANGKA JAYA-GEULUMPANG SULU TIMU KABUPATEN ACEH UTARA (Amaliaburga Gianina Gleda, Chairil Anwar, Khamistan).....	7-15
EVALUASI KINERJA OPERASIONAL RUANG PEDESTRIAN PADA LAPANGAN MERDEKA KOTA MEDAN (Aminah Jahara Nst, Zairipan Jaya, Ismail).....	16-23
ANALISIS PENGENDALIAN BIAYA DAN WAKTU (COST CONTROL FRAMEWORK) PENINGKATAN JALAN UER LAH-SIMPANG LANCANG KABUPATEN BENER MERIAH (Fajri Jayusman, Jafar Siddik, Zulfikar).....	24-30
SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS DENGAN SERBUK BESI PADA CAMPURAN LASTON AC-WC (Iman Saputra, Rosalina, Cut Yusnar).....	31-39
PENGARUH ABU CANGKANG KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) SEBAGA ALTERNATIF SUBSTITUSI SEMEN PADA MORTAR TERHADAP SIFAT MEKANIS MORTAR (Kurniawan Temas Mico Arita, Amir Fauzi, Ruhana).....	40-48
KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE) (Laisa Isma, Mulizar, Aiyub).....	49-57
PEMANFAATAN LIMBAH ABU BATU BARA (FLY ASH) UNTUK PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG (Muhammad Andryansyah Siregar, Gusrizal, Syukri).....	58-62
ANALISIS RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN PONDOK BARU SAMAR KILANG KABUPATEN BENER MERIAH (Saiful Fahmi, Bakhtiar A Wahab, Munardy).....	63-70
PENGGUNAAN AGREGAT KARAKTERISTIK DUA LOKASI BERBEDA PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC (Zuryati, Sulaiman Ar, Musbar).....	71-77
Pentunjuk Penulisan Artikel Ilmiah	78

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

PENGANTAR REDAKSI

Assalamualaikum wr wb.

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Jurnal Sipil Sains Terapan Volume 04 Nomor 01 Edisi Maret 2021 dapat diterbitkan. Jurnal Sipil Sains Terapan ini merupakan jurnal hasil Skripsi dari Mahasiswa Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Jurnal Sipil Sains Terapan ini terbit secara berkala dengan frekuensi terbitan sebanyak 2 (dua) kali dalam setahun. Pada Volume 04 Nomor 01 Edisi Maret 2021 ini terdapat 10 (sepuluh) artikel. Artikel-artikel yang tergabung di dalam Jurnal Sipil Sains Terapan ini meninjau dari sisi teknik maupun manajemen dalam perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penerbitan Jurnal Sipil Sains Terapan ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan terhadap Jurnal Sipil Sains Terapan pada edisi-edisi yang berikutnya untuk memperkaya keilmuan terkait perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi

KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL MENGUNAKAN ADITIF (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE)

Laisa Isma¹, Mulizar², Aiyub³

- ¹) Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: laisaisma12@gmail.com
²) Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: mulizar@pnl.ac.id
³) Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: aiyubts9@pnl.ac.id

ABSTRAK

Limbah botol plastik merupakan PET (*Polyethylene Terephthalate*) merupakan salah satu jenis sampah yang sulit diuraikan senyawa organik tanah sehingga merupakan salah satu penyebab kerusakan unsur tanah, namun mungkin sampah botol plastik merupakan bahan fleksibel yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan tambah (*Additive*) pada campuran perkerasan jalan. Pemanfaatan ini dimaksudkan untuk mengurangi keberadaan sampah botol plastik tersebut sehingga tidak akan menyebabkan dampak yang negatif namun dapat memberikan dampak yang positif bagi masyarakat dan lingkungan. Limbah botol plastik digunakan untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* pada lapisan perkerasan laston AC-WC. Metode penelitian mengikuti standar Bina marga 2010 yang berlaku pada campuran laston AC-WC. Pemadatan benda uji dilakukan dengan tumbukan 2 x 75 tiap permukaan untuk lalu lintas berat. Pada penelitian ini variasi campuran ideal Pb 5,1%, 5,6%, 6,1%, 6,6%, dan 7,1% diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,1% yang digunakan sebagai rancangan benda uji aspal + variasi kadar botol plastik sebagai bahan tambah. Penambahan variasi kadar limbah botol plastik sebesar 0%, 1%, 3%, 5% dan 7%. Nilai parameter *Marshall* yang memenuhi semua spesifikasi didapatkan pada penambahan limbah botol plastik sebesar 7% dengan nilai stabilitas 3037kg, *flow* 3,27 mm, VMA 15,67%, VIM 3,45%, VFB 80,89%, MQ 928,19 kN/mm, dan *density* 2,313 gr/cm³.

Kata Kunci: Limbah Botol Plastik, laston AC-WC, dan *Marshall*.

I. PENDAHULUAN

Jenis material plastik yang biasa dipakai untuk botol minuman adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET). Material ini direkomendasikan hanya untuk sekali pemakaian dan tidak digunakan untuk air panas karena akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik dalam jangka waktu panjang. Semakin banyaknya limbah botol plastik jenis PET membuka peluang untuk dimanfaatkan di bidang konstruksi jalan raya agar dapat mengurangi jumlah dari limbah botol plastik tersebut.

Selain dimanfaatkan untuk konstruksi jalan raya, botol plastik bekas juga memiliki nilai ekonomis setelah dilakukan daur ulang. Semakin tinggi tuntutan kualitas terhadap pembuatan jalan baru maupun pemeliharaan suatu jalan, mempengaruhi ketersediaan bahan-bahan pembuat jalan yang memenuhi persyaratan spesifikasi. Hal ini menimbulkan suatu pemikiran untuk mengembangkan suatu inovasi yang dapat mengatasi masalah tersebut.

Salah satu alternatifnya yaitu dengan mencari atau menemukan suatu bahan tambah yang dapat memperbaiki kinerja campuran beraspal. Kondisi ini memberikan adanya peluang untuk menggunakan bahan tambah limbah botol plastik pada campuran perkerasan lentur sehingga dapat memperbaiki kinerja perkerasan tersebut.

Karakteristik *Marshall* yang digunakan berdasarkan pada SNI 06-2489-1991 tentang Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat *Marshall*. Karakteristik *Marshall* meliputi nilai stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFB, MQ dan *density*.

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen- fragmen. Karakteristik agregat berpengaruh pada kekuatan struktur perkerasan jalan. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat

dan hasil campuran agregat dengan material lain. Dalam Spesifikasi Umum 2018, agregat terbagi dalam 3 kelompok, yaitu :

1. Agregat kasar : agregat yang lolos ayakan 25,4 mm (1")
2. Agregat sedang: agregat yang lolos ayakan 9,50 mm (3/8")
3. Agregat halus : agregat lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).
4. Bahan pengisi (*filler*) : agregat yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm)

Tabel 1. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber : Spesifikasi Umum Tahun 2018, Divisi 6 Perkerasan Aspal, Seksi 6.3.2

Sampah botol plastik PET merupakan salah satu jenis sampah yang sulit diuraikan senyawa organik tanah sehingga merupakan salah satu penyebab kerusakan unsur tanah, namun mungkin sampah botol plastik merupakan bahan fleksibel yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan tambah (*Additive*) pada campuran perkerasan jalan.

II. METODOLOGI

A. Pengujian Analisa Ayakan Agregat Kasar dan Halus

Metode pengujian analisa ayakan dilakukan sesuai SNI 03-1968-1990. Untuk campuran aspal beton pada lapisan permukaan, gradasi agregat yang akan digunakan adalah Dense Grade.

B. Pengujian Sifat Fisis Agregat

Pengujian sifat fisis pada agregat tambahan meliputi berat jenis dan penyerapan, tumbukan, keausan agregat, pelapukan indeks dan kelonjongan, serta kelekatan agregat terhadap aspal. Pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan sesuai dengan SNI 1969-2016 dan SNI 1970-2016, pengujian berat isi agregat dilakukan sesuai dengan AASHTO T 19-74 dan ASTM D-29-71, pengujian keausan agregat dilakukan sesuai dengan SNI 2417:2008, pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dilakukan sesuai dengan SNI 2439-2011, dan pengujian gradasi dilakukan sesuai dengan SNI-03-1968-1990.

C. *Pengujian Sifat Fisis Aspal*

Pengujian sifat fisis aspal yang dilakukan meliputi berat jenis aspal, penetrasi aspal, dan titik lembek. Pengujian berat jenis aspal dilakukan sesuai SNI-06-2441-1991, penetrasi aspal sesuai SNI-06-2456-1991, dan titik lembek sesuai dengan SNI-06-2434-1991.

D. *Prosedur Pengujian*

Pengujian dilakukan dengan dua tahapan yaitu pembuatan benda uji normal menggunakan *filler* semen dan pembuatan benda uji menggunakan variasi kadar limbah botol plastik sebagai *filler*.

Tahapan pertama yaitu pembuatan benda uji dengan menggunakan *filler* semen dengan nilai kadar aspal tengah (*Pb*) diperoleh 5,1%, 5,6%, 6,1%, 6,6%, dan 7,1%, tiap *Pb* dibuat sebanyak 3 benda uji.

Tahapan kedua dilakukan pembuatan benda uji pada KAO 6,1% dengan menggunakan variasi kadar limbah botol plastik sebagai *filler*. Besarnya variasi persentase kadar limbah las karbit sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6% dan 7% dengan 3 benda uji tiap persentase.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Pengujian Sifat Fisis Agregat*

Pengujian sifat fisis agregat yang dilakukan meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dan kasar, kelekatan agregat terhadap aspal, serta keausan. Berikut ini hasil pemeriksaan sifat fisis agregat yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

No	Jenis Agregat	Penyerapan		Berat Jenis	
		Hasil	Spesifikasi	Hasil	Spesifikasi
1	Split	0,61	< 3% Berat	2,63	$\geq 2,50$
2	Screen	1,11	< 3% Berat	2,63	$\geq 2,50$
3	Dust Stone	1,58	< 3% Berat	2,64	$\geq 2,50$
4	Pasir	2,94	< 3% Berat	2,57	$\geq 2,50$

Tabel 2 memperlihatkan bahwa untuk hasil pengujian berat jenis, penyerapan agregat, dan keausan agregat memenuhi semua syarat spesifikasi yang telah ditentukan, sehingga agregat dapat digunakan sebagai material dalam campuran pembuatan benda uji.

B. *Pengujian Sifat Fisis Aspal*

Pengujian sifat fisis aspal yang dilakukan meliputi berat jenis aspal, penetrasi dan titik lembek. Hasil pemeriksaan sifat fisis aspal secara keseluruhan diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemeriksaan Sifat Fisis Aspal

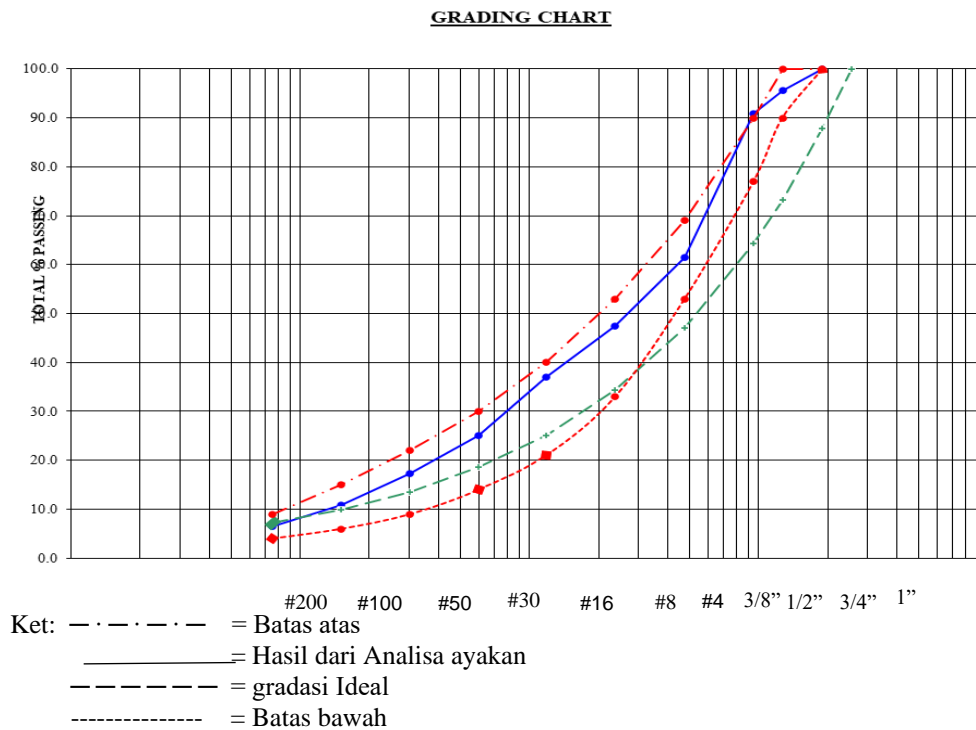
No	Jenis Pemeriksaan	Hasil					Syarat	Satuan
		Kadar Botol Plastik						
		0%	1%	3%	5%	7%		
1	Berat Jenis	1.033	1.031	1.022	1.012	1.002	> 1	gr/cm ³
2	Penetrasi	63.8	63.2	62.5	61.8	61.4	60-70	mm
3	Titik Lembek	52	52.25	52.75	53.4	54.2	>48	°C

Tabel 3 memperlihatkan bahwa untuk hasil pemeriksaan sifat fisis aspal diatas, aspal yang digunakan yaitu aspal penetrasi 60/70 dan dikaitkan dengan literatur, maka aspal yang

digunakan memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran *asphalt concrete binder course* (AC-WC).

C. Hasil Pemeriksaan Komposisi Mix Design

Hasil pemeriksaan gradasi dan penentuan proporsi campuran agregat di perlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Proporsi Campuran Agregat

Berdasarkan hasil uji gradasi selanjutnya ditentukan kadar aspal tengah (Pb) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 \times (\%Filler) + K$$

$$Pb = 0,035 \times (54,7\%) + 0,045 \times (38,0\%) + 0,18 \times (7,3\%) + 1$$

$$Pb = \text{Di bulatkan menjadi } 6,1\%$$

Didapat aspal ideal yaitu (Pb 5,1%), (Pb 5,6%), (Pb 6,1%), (Pb 6,6%), dan (Pb 7,1%).

D. Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan pada variasi kadar aspal ideal untuk benda uji awal dengan jumlah tumbukan 2 x 75, diperoleh parameter *Marshall* seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Parameter *Marshall* pada Varian Kadar Aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil					Syarat	Satuan
		Kadar Botol Plastik						
		0%	1%	3%	5%	7%		
1	Berat Jenis	1.033	1.031	1.022	1.012	1.002	> 1	gr/cm ³
2	Penetrasi	63.8	63.2	62.5	61.8	61.4	60-70	mm
3	Titik Lembek	52	52.25	52.75	53.4	54.2	>48	°C

E. *Kadar Aspal Optimum (KAO)*

Berdasarkan parameter *marshall* pada Tabel 5 didapatkan kadar aspal optimum dengan sistem *Range Overlapping*. Hasil pengujian *marshall* menunjukkan bahwa campuran (AC-WC).dengan variasi kadar aspal, didapatkan kadar aspal optimum sebesar 6,1%.

F. *Hasil Pengujian Marshall Benda Uji Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Sampah Botol Plastik*

Dari hasil pengujian *marshall* yang dilakukan dengan variasi kadar sampah botol plastik sebagai *filler* untuk benda uji dengan tumbukan 2 x 75, diperoleh parameter *marshall* seperti diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Parameter *Marshall* Dengan Variasi Kadar Sampah Botol Plastik

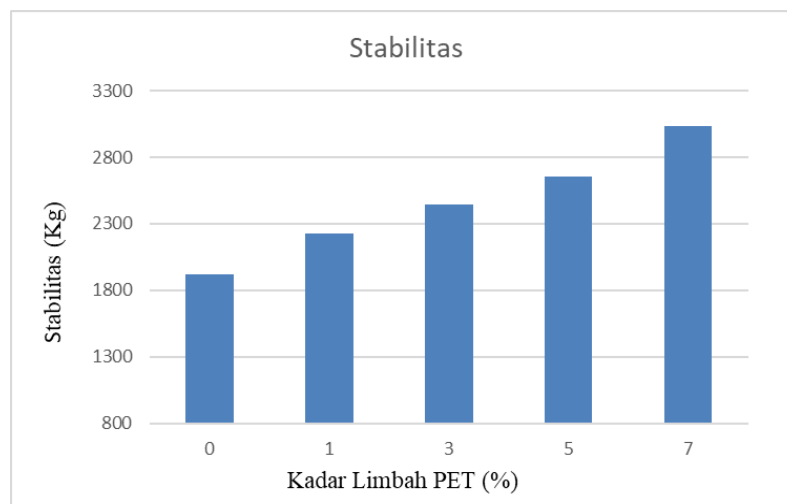
Kadar Limbah Plastik (%)	Stabilitas	Flow	VMA	VIM	VFB	MQ	Density
0%	1919	3,1	17,21	4,34	78,45	628,08	2,271
1%	2224	3,1	17,02	4,12	78,87	725,16	2,276
3%	2448	3,1	16,68	3,72	79,60	789,95	2,286
5%	2651	3,2	15,85	3,65	80,50	830,03	2,308
7%	3037	3,3	15,67	3,45	80,89	928,19	2,313

Tabel 5 memperlihatkan nilai stabilitas memenuhi spesifikasi, nilai *flow* spesifikasi. Nilai VMA memenuhi spesifikasi, nilai VIM yang memenuhi spesifikasi hanya pada variasi 0% dan 7%, dan VFB memenuhi spesifikasi. Nilai MQ dan *density* memenuhi spesifikasi. Hubungan nilai parameter *marshall* dan variasi kadar sampah botol plastik dapat dilihat pada Gambar 2 s.d Gambar 8.

G. *Parameter Marshall pada Variasi Limbah Botol Plastik*

1. Nilai Stabilitas

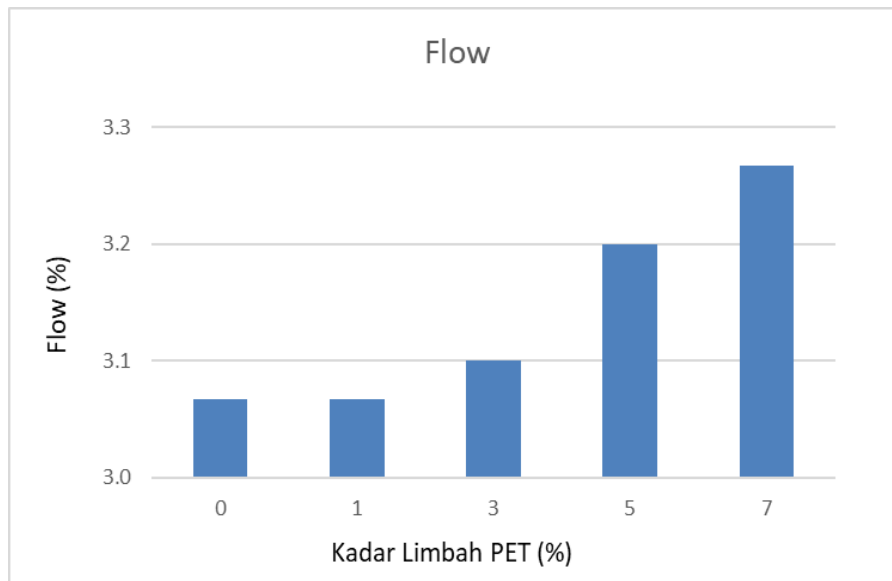
Berdasarkan Gambar 2, hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kadar limbah botol plastik yang terkandung di dalam campuran laston maka semakin besar nilai stabilitas yang diperoleh, itu disebabkan karena limbah botol plastik memiliki sifat kekuatan (*strength*) yang tinggi dan mengikat.



Gambar 2. Hubungan Stabilitas dengan Variasi Kadar Limbah Botol Plastik

2. Kelelahan (Flow)

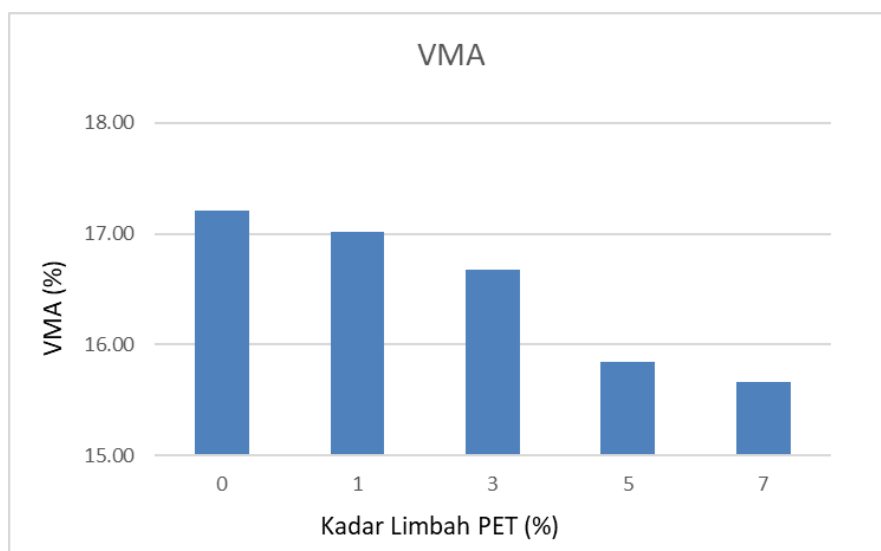
Berdasarkan Gambar 3, hasil penelitian menunjukkan hubungan *flow* dengan variasi kadar limbah botol plastik diatas menunjukkan bahwa nilai *flow* yang tinggi umumnya menunjukkan campuran bersifat plastis sehingga menyebabkan terjadinya deformasi permanen ketika mengalami pembebanan lalu lintas.



Gambar 3. Hubungan *Flow* dengan variasi kadar Limbah Botol Plastik

3. Nilai VMA (Voids in the Mineral Agregate)

Berdasarkan Gambar 4, hasil penelitian menunjukkan campuran dengan menggunakan limbah botol plastik memiliki persentase rongga terhadap agregat lebih tinggi yang membuat rongga antar agregat semakin besar. Keseluruhan variasi memenuhi batas spesifikasi yaitu $> 15\%$.

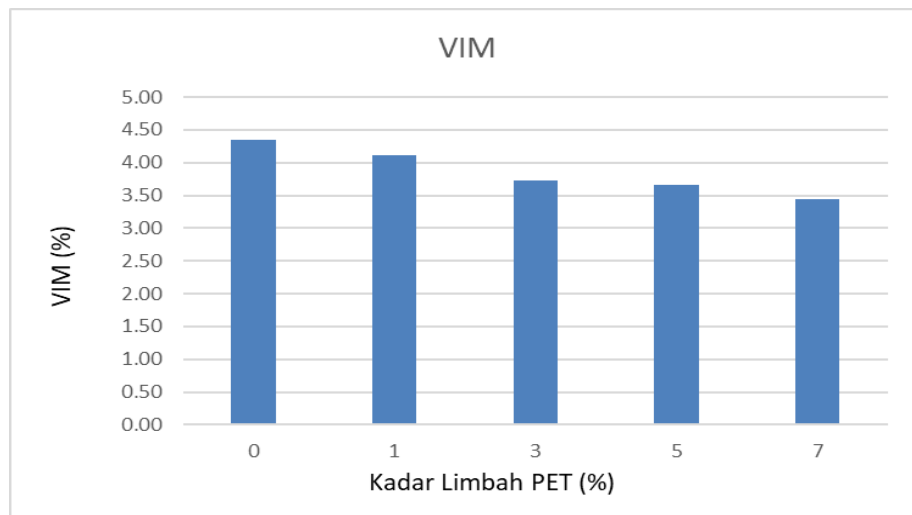


Gambar 4. Hubungan VMA dengan Variasi Kadar Limbah Botol Plastik

4. Nilai VIM (Voids in Mineral)

Berdasarkan Gambar 5, hasil penelitian menunjukkan Perkerasan yang memiliki nilai VIM yang rendah akan mudah mengalami deformasi plastis. Pada saat temperatur

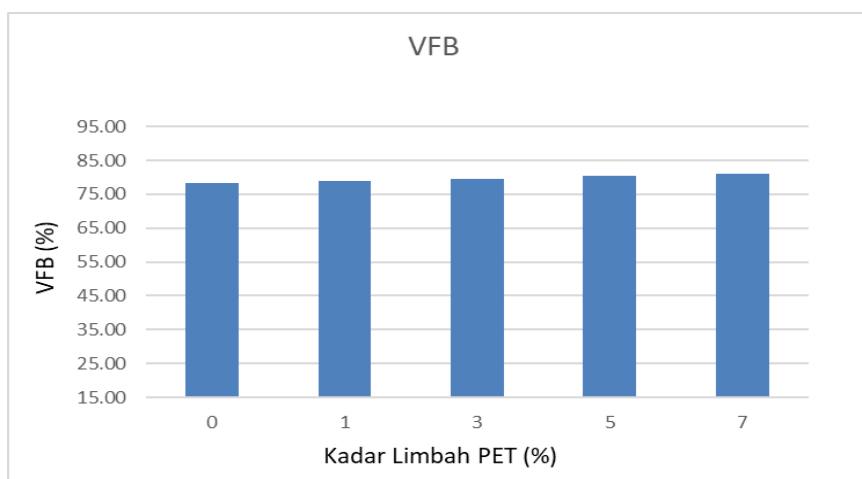
tinggi aspal akan mencair dan mencari tempat yang kosong dan mudah ditembus. VIM rendah menunjukkan bahwa rongga dalam campuran kecil, sehingga tidak tersedia ruang yang cukup yang dapat mengakibatkan aspal naik ke permukaan (*bleeding*).



Gambar 5. Hubungan VIM dengan Variasi Kadar Limbah Botol Plastik

5. Nilai VFB (Voids Filled with Bitumen)

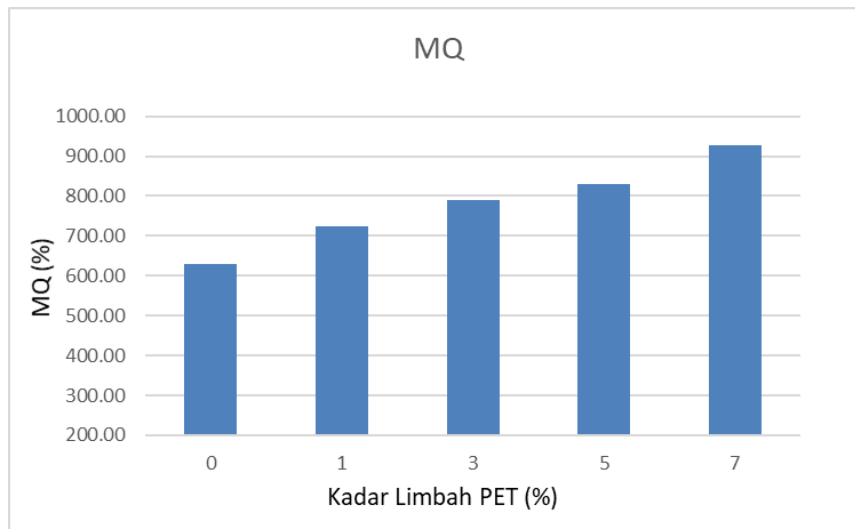
Berdasarkan Gambar 6, hasil penelitian menunjukkan nilai VFB yang rendah menyebabkan kedapatan campuran berkurang karena jumlah rongga yang diselimuti aspal sedikit, hal ini menyebabkan air dan udara mudah masuk ke dalam campuran sehingga keawetannya menurun. Pada penelitian ini nilai VFB semakin menurun namun masih memenuhi batas yang disyaratkan yaitu $> 60\%$.



Gambar 6. Hubungan VFB dengan Variasi Kadar Limbah Botol Plastik

6. Nilai MQ (Marshall Quotient)

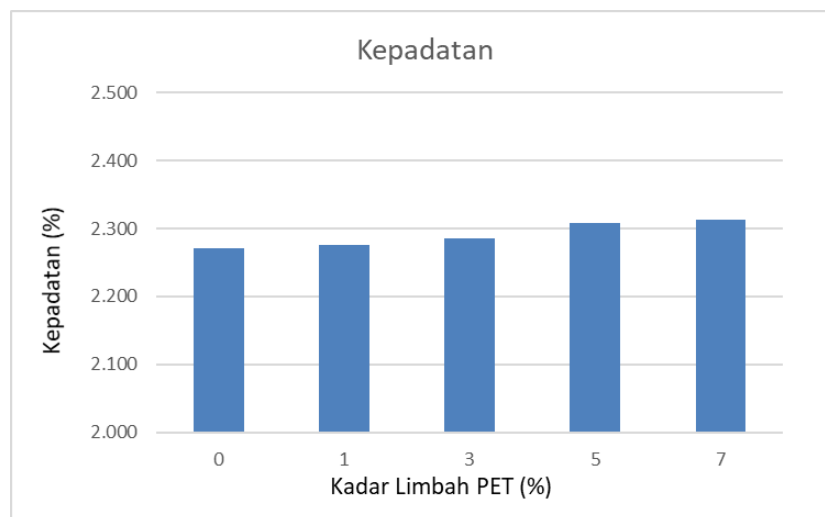
Berdasarkan Gambar 7, hasil penelitian menunjukkan nilai *Marshall Quotient* adalah nilai *stabilitas* dibagi dengan *flow*. Campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* yang terlalu tinggi berpengaruh kepada campuran yang bersifat kaku dan fleksibilitasnya rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retakan (*cracking*).



Gambar 7. Hubungan MQ dengan Variasi Kadar Limbah Botol Plastik

7. Nilai Kepadatan (Density)

Berdasarkan Gambar 8, hasil penelitian menunjukkan campuran laston dengan kandungan limbah botol plastik memenuhi batas persyaratan yaitu $> 2 \text{ gr/cm}^3$ spesifikasi Bina Marga 2018.



Gambar 8. Hubungan *Density* dengan Variasi Kadar Limbah Botol Plastik

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *marshall* secara umum untuk % variasi kadar limbah botol plastik dapat disimpulkan bahwa penambahan variasi kadar limbah botol plastik memenuhi spesifikasi dengan nilai parameter *marshall* optimum berada pada penambahan variasi kadar limbah botol plastik sebesar 7% dengan nilai *stabilitas* = 3037 kg, *flow* = 3,3 mm, *VMA* = 15,67%, *VIM* = 3,45%, *VFB* = 80,89 mm, *MQ* = 928,19 kg/mm, *density* = 2,313 gr/cm^3 .

DAFTAR PUSTAKA

- Bukhari, dkk. 2007. "*Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*". Fakultas Teknik Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. "*Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*". Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

- Faisal, dkk. 2014. “*Karakteristik Marshall Campuran Aspal Betonac-BC menggunakan Material Agregat Basalt dengan Aspal Pen. 60/70 dan Tambahan Parutan Ban dalam Bekas Kendaraan Roda 4*”. *Jurnal Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*. 3(3). 38-48.
- Husnul Fikri. 2018. “*Karakteristik Aspal Modifikasi Dengan Penambahan limbah Botol Plastik Polyethylene terephthalate (PET)*”.
- Karisma, Chandra, dkk. 2014. “*Evaluasi Hasil Pengujian Ekstraksi menggunakan Metode Sentrifugal dan Refluk pada Campuran AC-WC*”. *International Symposium Universitas Jember*.
- Mashuri, dan Joi Fredy Batti. 2011. “*Pemanfaatan Material Limbah pada Campuran Beton Aspal Campuran Panas*”. *Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Palu : Universitas Tadulako*.
- Muldiyanto, Agus. 2011. “*Uji Stabilitas terhadap Flow Campuran Aspal dengan Marshall Test (Kadar Aspal 5%, Penetrasi 60/70)*”. *Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi*. 1(13) : 11-18.
- Nugraha, Slamet, Eti Sulandari. 2019. Pengaruh Penggunaan Sampah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah pada Campuran Lapis Aspal Beton (Laston). *Jurnal Teknik Sipil FT. UNTAN*.
- Saodang, Hamirhan. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : Nova. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia
- Sukirman, S. 2010. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit. Jakarta
- Tasia Rizky Puspitasari. 2018. *Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik Terhadap Karakteristik Marshall Pada Beton Aspal Lapis Pengikat*.
- Tribawati, Restu Yulia. 2009. *Dipolimerisasi Lateks Karet Alam secara Kimia menggunakan Senyawa Hidrogen Peroksida Natrium Nitrit Asam Askorbat*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Widayanti, Ari, dkk. 2017. *Karakteristik Material Pembentuk Reclaimed Asphalt dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur*. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*.