



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **PENGARUH ALKALI AKTIFATOR TERHADAP *SETTING TIME* DAN KUAT TEKAN UMUR AWAL MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* PLTU NAGAN RAYA**
(Awang Darmawan, Sulaiman Yh, Faisal Rizal)
2. **PERENCANAAN *BOX GIRDER* PADA JEMBATAN KRUENG CUT KOTA BANDA ACEH**
(Cut Chairiyah, Syukri, Khairul Miswar)
3. **RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN AKIBAT *REVIEW DESIGN* PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-PEUNARON KABUPATEN ACEH TIMUR**
(Endar Puspianto, Chairil Anwar, Abdullah Irwansyah)
4. **STABILISASI TANAH LEMPUNG *QUARRY COT TANOH MIRAH* KOTA LHOKEUMAWE ACEH DENGAN MENGGUNAKAN ABU KELAPA SAWIT BERDASARKAN UJI CBR LABORATORIUM**
(Karrimuddin, Gusrizal, Miswar)
5. **PENGARUH PENAMBAHAN SERAT NYLON LIMBAH PUKAT TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON K-300**
(Megawati, Syamsul Bahri, Fajri)
6. **STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF LIMBAH KANTONG PLASTIK**
(Mita Nurlita, Mulizar, Teuku Riyadsyah)
7. **EVALUASI JENIS KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (Studi Kasus Jalan Banda Aceh-Medan Km 205+000-210+000)**
(Rio Maulana, Syarwan, Iskandar)
8. **ANALISIS UJI PARAMETER *MARSHALL LASTON AC-BC* DENGAN PENAMBAHAN BAHAN POLIMER JENIS PET (POLIETHYLENE TEREPHTHALATE)**
(Sari Pertiwi, Zairipan Jaya, Gustina Fitri)
9. **ANALISIS SURVEY KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA (Studi Kasus Jalan Bireuen-Takengon KM 233+000 – 238+000)**
(Syahrul Ramadhan, Rosalina, Hanif)
10. **DESAIN TEBAL PERKERASAN *RIGID PAVEMENT* DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (Studi Kasus Jalan Lalu Lintas Rendah pada Jalan Bunga Cempaka Kecamatan Medan Selayang Kota Medan)**
(Teuku Regzi Irastu, Hanafiah Hz, Syarifah Keumala Intan)

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir 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. Yuhanis Yunus, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Munardi, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Samsul Bahri, M.Si.	(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-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

DAFTAR ISI

Dewan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi	iii
PENGARUH ALKALI AKTIFATOR TERHADAP SETTING TIME DAN KUAT TEKAN UMUR AWAL MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH PLTU NAGAN RAYA (Awang Darmawan, Sulaiman Yh, Faisal Rizal).....	1-9
PERENCANAAN <i>BOX GIRDER</i> PADA JEMBATAN KRUENG CUT KOTA BANDA ACEH (Cut Chairiyah, Syukri, Khairul Miswar).....	10-17
RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN AKIBAT <i>REVIEW DESIGN</i> PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-PEUNARON KABUPATEN ACEH TIMUR (Endar Puspianto, Chairil Anwar, Abdullah Irwansyah).....	18-21
STABILISASI TANAH LEMPUNG <i>QUARRY COT TANO</i>H MIRAH KOTA LHOKEUMAWE ACEH DENGAN MENGGUNAKAN ABU KELAPA SAWIT BERDASARKAN UJI CBR LABORATORIUM (Karrimuddin, Gusrizal, Miswar).....	22-28
PENGARUH PENAMBAHAN SERAT NYLON LIMBAH PUKAT TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON K-300 (Megawati, Syamsul Bahri, Fajri).....	29-35
STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF LIMBAH KANTONG PLASTIK (Mita Nurlita, Mulizar, Teuku Riyadsyah).....	36-42
EVALUASI JENIS KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (Studi Kasus Jalan Banda Aceh-Medan Km 205+000-210+000) (Rio Maulana, Syarwan, Iskandar).....	43-51
ANALISIS UJI PARAMETER <i>MARSHALL LASTON AC-BC</i> DENGAN PENAMBAHAN BAHAN POLIMER JENIS PET (POLIETHYLENE TEREPHTHALATE) (Sari Pertiwi, Zairipan Jaya, Gustina Fitri).....	52-60
ANALISIS SURVEY KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA (Studi Kasus Jalan Bireuen-Takengon KM 233+000 – 238+000) (Syahrul Ramadhan, Rosalina, Hanif).....	61-68
DESAIN TEBAL PERKERASAN <i>RIGID PAVEMENT</i> DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (Studi Kasus Jalan Lalu Lintas Rendah pada Jalan Bunga Cempaka Kecamatan Medan Selayang Kota Medan) (Teuku Regzi Irastu, Hanafiah Hz, Syarifah Keumala Intan).....	69-75
Pentunjuk Penulisan Artikel Ilmiah.....	76

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir 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 03 Nomor 01 Edisi Maret 2020 dapat diterbitkan. Jurnal Sipil Sains Terapan ini merupakan jurnal hasil Tugas Akhir 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 03 Nomor 01 Edisi Maret 2020 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

ANALISIS UJI PARAMETER MARSHALL LASTON AC-BC DENGAN PENAMBAHAN BAHAN POLYMER JENIS PET (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE)

Sari Pertiwi¹, Zairipan Jaya², Gustina Fitri³

- ¹⁾ Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Email: saripertiwi16@gmail.com
- ²⁾ Dosen, Program Studi Diploma 4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: zairipanjaya@pnl.ac.id
- ³⁾ Dosen, Program Studi Diploma 4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: gustinafitri@pnl.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini jenis polymer PET yang digunakan jenis kemasan plastik. Produk kemasan plastik bekas tersebut adalah botol minuman mineral. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Nilai Parameter Marshall pada campuran AC-BC (*asphalt concrete-binder course*) dengan penambahan limbah polymer jenis PET (*polyethylene terephthalate*) dengan variasi kadar PET dari 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, dan 5,5% dengan mengacu pada spesifikasi bina marga 2018. dengan hasil parameter Marshall pada kadar aspal optimum (KAO) 5,5%. dengan menggunakan campuran aspal penetrasi 60/70 Dari hasil pengujian diperoleh hasil dengan adanya penambahan PET dengan variasi 1,5% terhadap campuran mampu meningkatkan nilai stabilitas dan flow. Nilai stabilitas tanpa adanya penambahan PET sebesar 1044,9 Kg/cm dan dengan adanya penambahan PET dengan variasi 1,5% nilai stabilitas menjadi 1485,7 Kg/cm sedangkan nilai flow tanpa adanya penambahan PET sebesar 3,2 mm dan dengan penambahan PET nilai flow 3,7 mm. Persentase yang didapat setelah membandingkan nilai stabilitas kadar aspal normal dengan penambahan PET, keduanya memenuhi persyaratan, Penelitian ini membuktikan bahwa dengan adanya penambahan PET (*polyethylene terephthalate*) dapat digunakan sebagai bahan penambah (aspal), karena nilai stabilitas, flow, VMA, VIM, VFB, MQ, dan Density memenuhi persyaratan untuk arus lalu lintas berat.

Kata kunci : Laston AC-BC, Karakteristik Marshall, PET

I. PENDAHULUAN

Lapisan aspal beton jenis AC-BC merupakan salah satu struktur lapisan perkerasan lentur. Lapisan AC-BC berada diantaranya lapisan penutup atau permukaan (AC-WC) dan lapisan pondasi Atas. Lapisan AC-BC telah banyak digunakan secara luas dalam perkerasan jalan dan berkinerja baik. Hal ini disebabkan oleh kemampuan lapisan tersebut dalam menghasilkan stabilitas yang mampu mendukung beban berat kendaraan secara baik.

Pada penelitian ini jenis polymer PET yang digunakan adalah jenis kemasan plastik. Produk kemasan plastik bekas tersebut adalah botol minuman mineral. Penggunaan kemasan plastik tak bisa lepas dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dikarenakan plastik memiliki sifat unggul seperti ringan tetapi kuat, transparan, tahan air, serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat. Penggunaan limbah botol plastik cukup banyak dalam kehidupan sehari-hari tetapi sangat sedikit yang dimanfaatkan, sehingga limbah botol plastik dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran aspal untuk meningkatkan nilai Stabilitas.

Hasil Penelitian sebelumnya Laston AC-BC dengan penambahan PET (*polyethylene terephthalate*) yang pernah dilakukan oleh Fadil, M, dkk (2016) diperoleh hasil dengan adanya penambahan PET terhadap campuran mampu meningkatkan nilai stabilitas dan flow. Nilai stabilitas tanpa adanya penambahan PET sebesar 9,054 % dan dengan adanya penambahan PET nilai stabilitas menjadi 12.013 %, sedangkan nilai flow tanpa adanya penambahan PET sebesar 30,0336 % dan dengan penambahan PET nilai flow 0,0396. Dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu 3315,8 lintasan/mm (> 2500 lintasan/mm) dengan kecepatan deformasi

sebesar 0,0127 mm/menit. penelitian ini menunjukkan dengan adanya penambahan PET mampu meningkatkan kemampuan campuran aspal.

A. Agregat

ASTM (1974) dalam Sukirman (1999) mendefinisikan “agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen”. Sukirman (1999) menyatakan “agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume.

Widodo (1999) dalam Putrowijoyo (2006), agregat merupakan batuan pecah, kerikil, pasir ataupun komposisi lainnya, baik hasil alam, hasil pengolahan, maupun agregat buatan yang digunakan sebagai bahan utama penyusun perkerasan jalan.

Agregat adalah suatu komponen yang fundamental dalam campuran suatu perkerasan aspal. Agregat tersebut harus mempunyai sifat-sifat fisis yang pasti dalam hal kemampuan untuk menahan tegangan/ beban yang dibebankan kepada permukaan jalan maupun lapisan dibawahnya (Hunter, R.N., 1994 dalam Marteano, 2003)

B. Filler

Bahan pengisi dapat terdiri atas debu batu kapur, debu dolomite, semen portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak palstis lainnya. Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan NO. 200 (0,075 mm). Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen makan akan menaikkan volume.

C. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengkilangan minyak bumi. *Tar* adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batu bara, minyak bumi, atau material organik lainnya. *Pitch* didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) padat, berwarna hitam atau coklat yang berbentuk cair jika dipanaskan. *Pitch* diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional *tar*. *Tar* dan *pitch* tidak diperoleh di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat diatas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal.

Aspal adalah material yang temperature ruang berbentuk padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperature turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 10% berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15% berdasarkan volume campuran.

D. PET (*polyethylene terephthalate*)

PET adalah polimer sintesis termoplastik semi-kristal, yang memiliki umur panjang karena tahan terhadap biodegradasi dan sebagai hasilnya sejumlah besar limbah PET terakumulasi. Proses daur ulang fisik, mekanik dan kimia telah dikembangkan bahkan untuk skala industri. Daurlang secara mekanik dan fisik mempunyai kelemahan, karena itu daurlang kimia merupakan daurlang yang menarik di dunia.

Tabel 1 Komposisi Agregat Campuran

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	BASE	WC	BC	BASE
1 ½	37,5								100
1	25			100				100	90-100
¼	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
3/8	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
100	0,150						6-15	5-13	4-10
200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber : Bina Marga, 2018.

Menurut Mujiarto (2005), Polyethylene terephthalate yang sering disebut PET dengan rumus kimia (C₁₀H₈O₃) dibuat dari glikol (EG) dan terephthalic acid (TPA) atau dimethyl ester atau asam terephthalat (DMT). PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. Penggunaan PET sangat luas antara lain untuk botol-botol air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan. Botol minuman plastik yang beredar di Indonesia terbuat dari PET (*polyethylene terephthalate*), dapat dikenali dengan symbol angka 1 pada bagian dasar botol. PET memiliki berat jenis 1,38 g/cm³ (20°C), titik leleh 250°C, titik didih 350°C (terdekomposisi), modulus elastisitas 2800-3100 Mpa, dan kuat tarik 55-75 MPa.

II. METODOLOGI

Adapun Objek pengamatan pada penelitian perencanaan campuran aspal AC-BC dengan menggunakan penambahan bahan polymer jenis PET sebagai berikut :

A. Material dan Peralatan

Pengujian-pengujian material benda uji aspal menggunakan metode uji *American Standart for Testing and Materials (ASTM)*, *American Association of State Higway and Transportation Officials (AASHTO)* dan *Standar Nasional Indonesia (SNI)*.

B. Data

1. Data primer

Data primer adalah data yang diperlukan sebagai pendukung utama dalam suatu penulisan laporan penelitian. Data ini diperoleh dari hasil penelitian atau pemeriksaan di laboratorium yang akan dijadikan suatu pembahasan dan kesimpulan. Pengujian tersebut meliputi pengujian analisa ayakan, pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar, pengujian berat jenis aspal, pengujian penetrasi aspal, pengujian titik leleh aspal, sifat- sifat fisis aspal, dan pengujian stabilitas campuran aspal beton.

Stabilitas campuran beton aspal ditinjau dengan alat Marshall terhadap benda uji normal 2 x 75 tumbukan.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung data primer yang diperlukan dalam penelitian seperti sifat fisis aspal meliputi berat jenis, penetrasi, dan titik lembek, daftar spesifikasi campuran, angka koreksi benda uji, angka kalibrasi alat dan sebagainya. Data sekunder dapat diperoleh dari studi literatur dari instansi terkait.

C. Metode Pengumpulan Data

Material untuk pembuatan benda uji yang telah dikumpulkan, selanjutnya periksa sifat-sifat fisisnya, proses pencampuran laston dengan aspal dimana variasi (Pb -1%), (Pb -0.5%), (Pb 0%), (Pb +0.5%), dan (Pb +1%) terhadap campuran kadar aspal tengah. Dari test marshall didapatkan stabilitas dan flow.

1. Pengumpulan Data Primer

a) Pengujian Analisa Ayakan Saringan

Untuk campuran aspal beton pada lapisan permukaan, gradasi agregat yang baik adalah Dense Grade karena memiliki celah atau rongga yang lebih sedikit, stabilitas yang lebih tinggi serta mudah dikerjakan. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada ayakan No.8 atau diameter 2,38 mm. Agregat kasar berfungsi sebagai pengembang volume campuran sehingga lebih ekonomis serta dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap kelelahan, sekaligus meningkatkan stabilitas. Yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat yang lolos ayakan 4,75 mm dan tertahan di ayakan No 200. Filler adalah agregat yang lolos saringan No 200 atau $0,75\mu$ berfungsi untuk memantapkan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen melalui ikatan dan gesekan partikel dan untuk menentukan rongga pada campuran, yaitu agregat yang lolos ayakan No 200 dimana persentase lolos ayakannya tidak boleh lebih dari 8%. (SNI 03-4142-1996). Untuk menentukan proporsi dari masing-masing agregat yang digunakan dapat digunakan dengan 3 metode yaitu Metode analitis; Metode grafik; dan Metode Trial and Error.

b) Pengujian Sifat-Sifat Fisis Agregat

Pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi berat jenis, dan penyerapan.

D. Perencanaan Campuran Agregat Dengan Aspal

Agregat dan aspal yang telah memenuhi spesifikasi dilakukan percampuran. Misalnya variasi kadar aspal yang dicampur adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% terhadap berat total campuran (banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4% - 10% berdasarkan berat campuran, atau 10% - 15% berdasarkan volume campuran (sukirman, S.,2012)). Tiap variasi kadar aspal dibuat 3 benda uji, sehingga jumlah benda uji adalah 15 buah. Campuran aspal, agregat dan filler dipanaskan sampai suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$ dan dimasukkan kedalam mold dengan diameter 10 cm dan tinggi 3-4 inchi kemudian dipadatkan dengan alat penumbuk standar dengan berat 10 pon (4,536 kg) dan tinggi jatuh bebas menurut perhitungan rata-rata 46 cm sebanyak 2x75 tumbukan untuk lalu lintas berat.

Setelah dilakukan pemadatan, benda uji dikeluarkan dari cetakan dan didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam. Dan selanjutnya direndam dalam air selama 24 jam. Setelah 24 jam benda uji diangkat dari bak perendaman untuk ditimbang berat dalam air dan pada permukaan kering permukaan jenuh. Selanjutnya benda uji direndam kembali dalam bak perendaman selama 30 menit dengan suhu air 60°C . Setelah itu benda uji dikeluarkan dan diuji nilai marshallnya. Pengujian ini mengikuti prosedur RSNI M-01-2003.

E. *Metode pengolahan polymer jenis PET*

Jenis botol plastik yang digunakan adalah botol plastik minuman dengan kode 1 pada bagian bawah botol, dengan variasi dari 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5% dan 5,5% dari campuran aspal. Teknik pencampuran plastik dalam campuran aspal ini yaitu dengan cara dimana botol plastik tersebut dimasukkan kedalam kuili dan dipanaskan sampai meleleh dengan titik leleh 250°C.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Hasil pengujian Marshall pada variasi kadar aspal ideal (pb)*

Dari hasil percobaan marshall diatas pada benda uji dengan 2x75 tumbukan diperoleh nilai stabilitas, flow, density, rongga dalam campuran, rongga antar butiran agregat, rongga terisi aspal dan Marshall Quotient. Hasil percobaan marshall untuk benda uji awal dapat dilihat pada Tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Marshall Awal Pada Variasi Kadar Aspal

Parameter Marshall	Variasi Kadar Aspal Ideal					Syarat Marshall
	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	
Stabilitas (kg)	1230	1483	1563	1490	1384	> 800
Flow (mm)	3,9	3,9	3,8	4,2	4,8	≥ 3 mm
Density(gr/cm ³)	2,32	2,34	2,35	2,35	2,34	> 2 cm ²
VIM (%)	7,43	5,99	5,12	4,49	3,93	3,5-5,5 %
VFB (%)	77,61	79,27	79,84	79,96	79,96	≥ 65%
VMA (%)	14,96	14,74	15,04	15,55	16,12	≥ 15%
MQ (kN/mm)	315,17	438,51	425,67	358,66	291,27	≥ 250 kg/mm

Jadi data hasil pengujian marshall pada variasi kadar aspal (Pb) dengan hasil kadar aspal tengah yaitu = 5,5 % Dan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

$$CA = 58,2$$

$$MA = 35,9$$

$$FF = 6,0$$

$$K = 0,77$$

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% MA) + 0,18 (\% FF)$$

$$0,035 \quad 58,2 \quad 0,045 \quad 35,9 \quad 0,18 \quad 6,0 \quad 0,77$$

$$Pb = 5,49 \quad \% \quad = 5,5 \quad \%$$

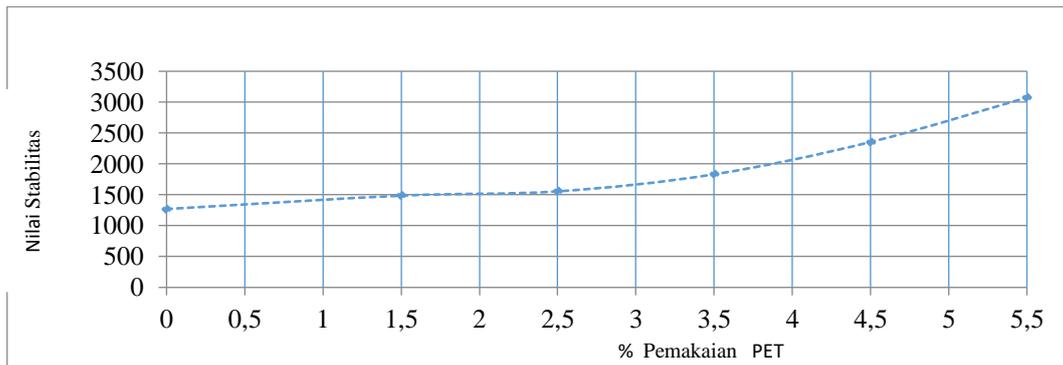
B. *Hasil pengujian marshall dengan penambahan PET*

Tabel 3. Hasil pemeriksaan pengujian parameter Marshall Pada Penambahan PET

Kadar Variasi PET (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kN/mm)	Density (gr/cm ³)
1.5 %	1485.7	3.7	16.5	4.0	73.8	422.2	2.3
2.5%	1556	4,0	16,4	4,5	77	455,8	2.3
3.5 %	1832	3,8	18.1	4,7	76,5	494,4	2.2
4.5 %	2354	4,5	18,9	5.0	79,2	534,0	2.3
5.5%	3075	4,7	19,1	5,5	80,2	660,6	2.2

C. Parameter Marshall pada variasi kadar PET

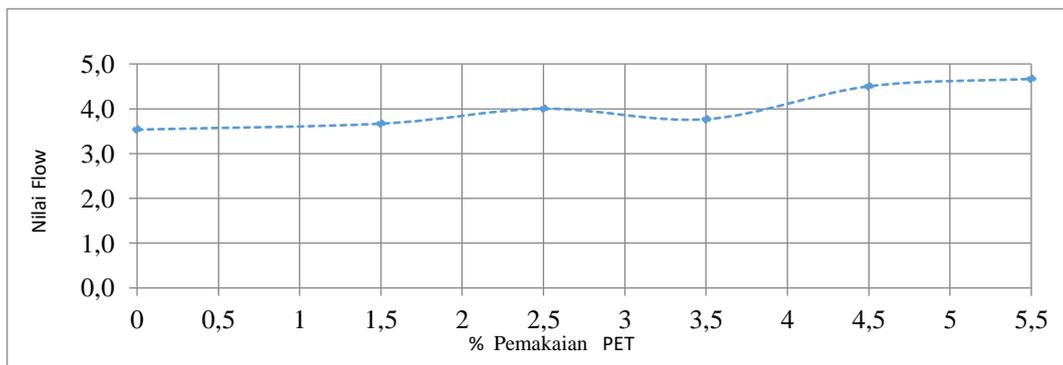
1. Nilai Stabilitas



Gambar 1. Grafik hubungan nilai Stabilitas kadar aspal optimum dengan Penambahan PET

Dari hasil pengujian, nilai stabilitas campuran aspal dengan adanya penambahan PET menyebabkan meningkatnya nilai stabilitas. Hal ini menunjukkan meningkatnya daya ikat aspal dan agregat diharapkan dapat mengurangi kerusakan jalan.

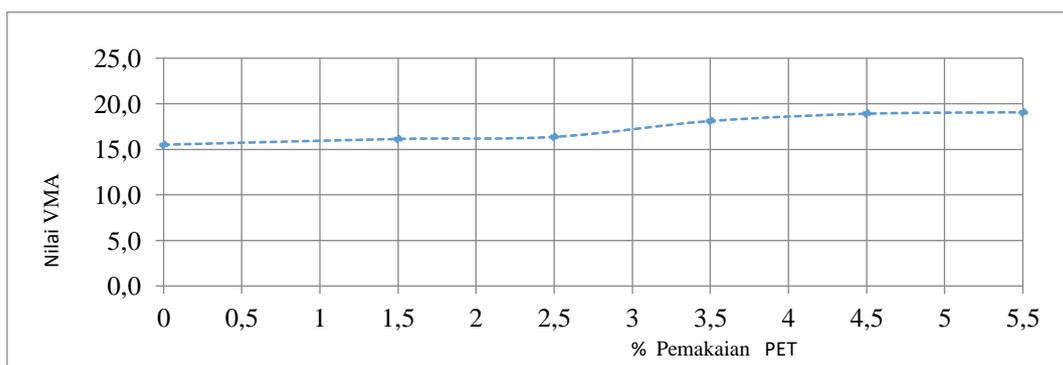
2. Kelelehan (*flow*)



Gambar 2. Grafik hubungan nilai *flow* kadar aspal optimum dengan Penambahan PET

Dari hasil pengujian nilai flow dengan adanya penambahan PET menyebabkan meningkatnya nilai flow pada campuran aspal dibandingkan dengan nilai flow tanpa penambahan PET. Suatu campuran aspal yang memiliki nilai flow yang rendah akan lebih kaku dan cenderung retak, sedangkan nilai flow yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis. Nilai *flow* yang rendah umumnya menunjukkan bahwa campuran bersifat tidak plastis

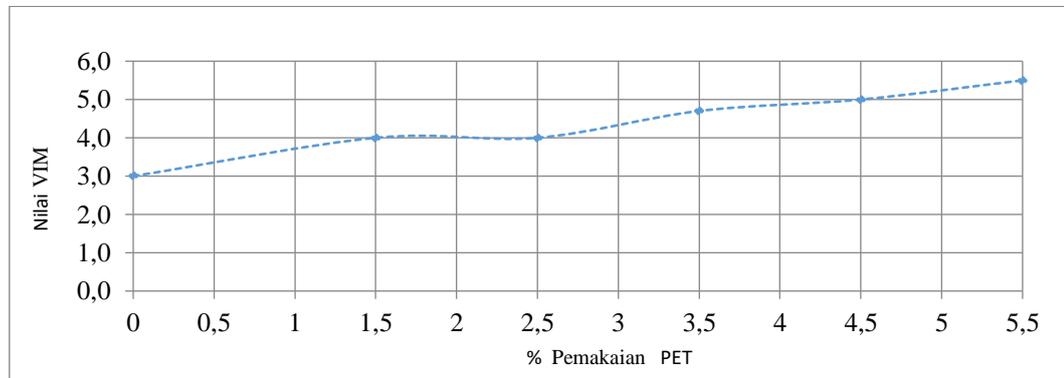
3. VMA (*Voids in the Mineral Agregat*)



Gambar 3. Grafik hubungan nilai VMA pada kadar aspal optimum dengan penambahan PET

VMA adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat yang meliputi rongga udara dalam campuran dan volume aspal efektif. VMA yang terlalu kecil akan mengakibatkan problem durabilitas sedangkan nilai VMA yang terlalu besar mengakibatkan problem stabilitas dan menjadikan campuran tidak ekonomis untuk di produksi.

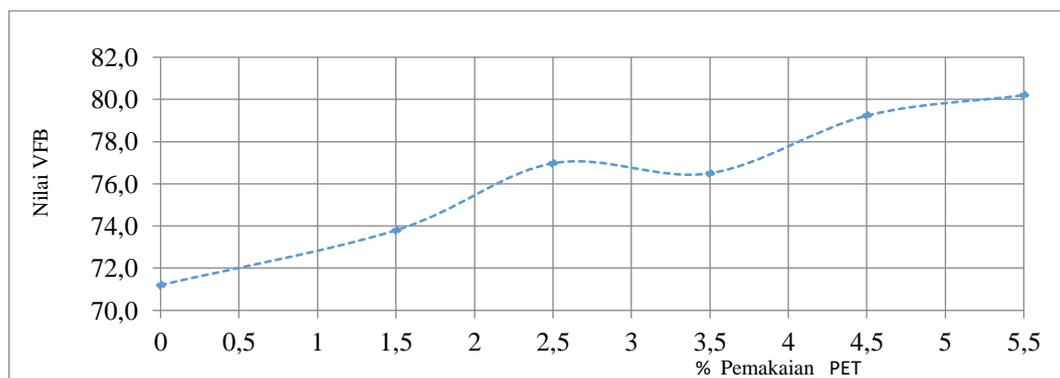
4. VIM (*Voids in Mix*)



Gambar 4. Grafik hubungan nilai VIM pada kadar aspal optimum dengan penambahan PET

Dari hasil pengujian nilai VIM dengan adanya penambahan PET menyebabkan meningkatnya nilai VIM pada campuran aspal dibandingkan dengan nilai VIM tanpa penambahan PET. yang seharusnya PET bisa menjadi pengikat agregat. Pada saat pemadatan benda uji yang ditambahkan variasi PET itu sendiri kurang begitu padat dan menimbulkan rongga-rongga sehingga nilai VIM nya sangat besar.

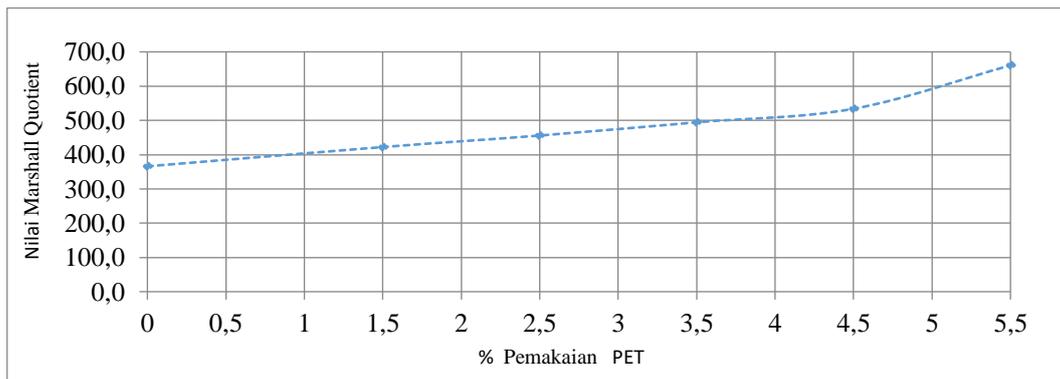
5. VFB (*Voids Filled with Bitumen*)



Gambar 5. Grafik hubungan nilai VFB pada kadar aspal optimum dengan penambahan PET

Dari hasil pengujian nilai VFB dengan adanya penambahan PET menyebabkan meningkatnya nilai VFB pada campuran aspal dibandingkan dengan nilai VFB tanpa penambahan PET. Semakin tinggi nilai VFB maka semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi.

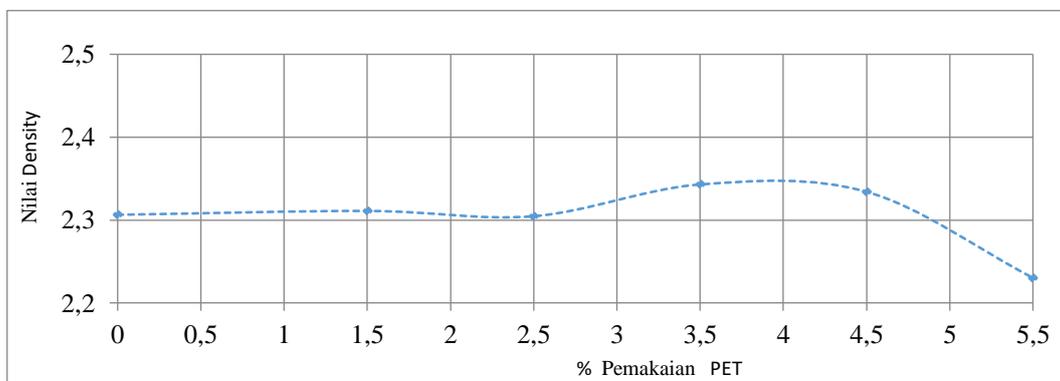
6. MQ (*Marshall Quotient*)



Gambar 6 Grafik hubungan nilai Marshall Quotient pada kadar aspal optimum dengan penambahan PET

Dari hasil pengujian nilai MQ dengan adanya penambahan PET menyebabkan meningkatnya nilai MQ pada campuran aspal dibandingkan dengan nilai MQ tanpa penambahan PET. Dikarenakan nilai MQ merupakan hasil bagi nilai stabilitas dengan flow, dengan adanya penambahan PET menunjukkan bahwa hasil campuran tidak kaku.

7. Kepadatan (*Density*)



Gambar 7. Grafik hubungan nilai Density pada kadar aspal optimum dengan penambahan PET

Dari hasil grafik nilai Density pada kadar aspal optimum 5,5% dengan penambahan variasi PET 0% di peroleh nilai Density yaitu 2,1gr/cm, pada variasi PET 1,5% di peroleh nilai Density yaitu 2,1gr/cm, pada variasi PET 2,5% dan 3,5% di peroleh nilai Density yaitu 2,2gr/cm, dan pada variasi PET 4,5% dan 5,5% memiliki nilai density yang sama yaitu sebesar 2,3 gr/cm³, dengan 2x75 tumbukan. Dari hasil pengujian ini nilai density memenuhi batas persyaratan yaitu 2 gr/cm.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe mengenai Parameter *marshall* campuran aspal beton AC-BC dengan menggunakan perbandingan kadar aspal normal dan kadar aspal normal dengan penambahan PET diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

Hasil pengujian pembuatan benda uji aspal dengan variasi campuran tanpa penambahan PET untuk kadar aspal normal (Pb 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5%) diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5.5%, sedangkan hasil pengujian pembuatan benda uji aspal dengan variasi campuran untuk penambahan PET (Pb 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5% dan 5,5%) yang dapat digunakan untuk campuran laston dalam kadar aspal optimum.

Hasil parameter *Marshall* pada kadar aspal optimum (KAO) dengan menggunakan campuran aspal penetrasi 60/70 untuk kadar aspal normal 5,5% menghasilkan nilai Stabilitas 1044,9 kg, kelehan (*flow*) 3,2 mm, VMA 15,8 %, VIM 4,9 %, VFB 77,6%, *Marshall Quotient* (MQ) 324,9 kg/mm dan Kepadatan (*Density*) 2,3 gr/c^{m3}. Sedangkan Hasil parameter *Marshall* pada kadar aspal optimum (KAO) dengan menggunakan campuran aspal penetrasi 60/70 untuk penambahan PET 5,5% menghasilkan nilai Stabilitas 3075 kg, kelehan (*flow*) 4,7 mm, VMA 19,1 %, VIM 5,5 %, VFB 80,2%, *Marshall Quotient* (MQ) 660,6 kg/mm dan Kepadatan (*Density*) 2,3 gr/c^{m3}.

Dari hasil penelitian tersebut, dengan adanya penambahan limbah polymer jenis PET atau dengan nama lain botol air mineral, dapat meningkatkan nilai stabilitas, sehingga dapat digunakan pada konstruksi perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adina Sari Lubis, dkk 2016. *Pengaruh Penambahan plastic PET Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-WC di Laboratorium*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Dahlia, Siswosoebrotho 1997, *Kadar Aspal Optimum*.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1999, *Rongga antar butir Agregat*.
- Hunter, R.N., 1994, Marteano 2003, *sifat fisis agregat*.
- Hadi Ali, dkk, 2016, *Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik*. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Mulza 2010 Departemen Pekerjaan Umum 2009, *modul bahan untuk campuran beraspal panas*.
- Munawir, 2018, *Pemanfaatan Fly Ash sebagai pengganti filler pada aspal AC-WC*. Tugas Akhir. Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- P.Eliza Purnamasari, dkk, 2010. *Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Lapis aspal Beton(Laston)*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Indonesia.
- Sukirman. 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : Nova
- Sukirman. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit
- Spesifikasi Umum. 2018. Direktorat Jendral Bina Marga.
- .Widodo 1999, Putrowijoyo 2006 *Agregat sebagai perkerasan jalan*.
- Wahyudianto, 2003, *Aspal Beton*.