



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **VIABILITAS BAKTERI BASILIUS DALAM CAMPURAN GEOPOLIMER YANG BERFUNGSI SEBAGAI SELF HEALING AGENT**
(Hafizul Furqan, Iskandar, Muhammad Reza)
2. **EVALUASI CONTRACT CHANGE ORDER PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN BLANG MEE-KUALA KEUREUTO BARAT KABUPATEN ACEH UTARA**
(Hasrina Sari, Chairil Anwar, Faisal Rizal)
3. **STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN ABU VULKANIK DAN ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO**
(M. Ikhsan Rinaldi, Gusrizal, Mulizar)
4. **KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN TERHADAP PENGOPERASIAN JALAN NASIONAL KRUNG MANE-BUKETRATA, RUAS 008 PROVINSI ACEH**
(Martnis, Kurniati, Syarifah Keumala Intan)
5. **PERENCANAAN ALINYEMEN VERTIKAL DAN ALINYEMEN HORIZONTAL JALAN DENGAN MENGGUNAKAN DRONE SEBAGAI MEDIA MEMPEROLEH PETA KONTUR**
(Muhammad Fhakrul Ricky, Syaifuddin, Teuku Riyadhshyah)
6. **ANALISA KINERJA LALU LINTAS SIMPANG TIGA LENGAN TIDAK BERSINYAL PADA JALAN BANDA ACEH-MEDAN SIMPANG REUBE KECAMATAN GRONG-GRONG KABUPATEN PIDIE**
(Mukhraya, Gustina Fitri, Miswar)
7. **PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH NAGAN RAYA TERHADAP MORTAR KONVENSIONAL DENGAN FAS 0,5**
(Nailul Muna, Amir Fauzi, Syukri)
8. **PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH KACA TERHADAP PASIR PADA CAMPURAN LASTON AC-BC**
(Rahmatur Ridha, Syarwan, Supardin)
9. **PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KOPI DAN AGREGAT HALUS ENDAPAN ABU VULKANIK BURNI TELONG PADA CAMPURAN LASTON AC-WC**
(Sulistianti, Sulaiman AR, Khairul Miswar)
10. **PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR METODE Pt T-01-2002-B DAN MDP 2017 EDISI REVISI SERTA ANGGARAN BIAYA METODE AHSP 2016 PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-LOKOP SEGMENT I**
(Wahyu Nahrul Firdaus, Hanafiah Hz, Rizal Syahyadi)

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
VIABILITAS BAKTERI BASILIUS DALAM CAMPURAN GEOPOLIMER YANG BERFUNGSI SEBAGAI SELF HEALING AGENT (Hafizul Furqan, Iskandar, Muhammad Reza).....	1-7
EVALUASI CONTRACT CHANGE ORDER PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN BLANG MEE–KUALA KEUREUTO BARAT KABUPATEN ACEH UTARA (Hasrina Sari, Chairil Anwar, Faisal Rizal).....	8-13
STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN ABU VULKANIK DAN ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (M. Ikhsan Rinaldi, Gusrizal, Mulizar).....	14-19
KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN TERHADAP PENGOPERASIAN JALAN NASIONAL KRUNG MANE–BUKETRATA, RUAS 008 PROVINSI ACEH (Martnis, Kurniati, Syarifah Keumala Intan).....	20-24
PERENCANAAN ALINYEMEN VERTIKAL DAN ALINYEMEN HORIZONTAL JALAN DENGAN MENGGUNAKAN DRONE SEBAGAI MEDIA MEMPEROLEH PETA KONTUR (Muhammad Fhakrul Ricky, Syaifuddin, Teuku Riyadhsyah).....	25-32
ANALISA KINERJA LALU LINTAS SIMPANG TIGA LENGAN TIDAK BERSINYAL PADA JALAN BANDA ACEH-MEDAN SIMPANG REUBE KECAMATAN GRONG-GRONG KABUPATEN PIDIE (Mukhraya, Gustina Fitri, Miswar).....	33-40
PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH NAGAN RAYA TERHADAP MORTAR KONVENSIONAL DENGAN FAS 0,5 (Nailul Muna, Amir Fauzi, Syukri).....	41-50
PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH KACA TERHADAP PASIR PADA CAMPURAN LASTON AC-BC (Rahmatur Ridha, Syarwan, Supardin).....	51-58
PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KOPI DAN AGREGAT HALUS ENDAPAN ABU VULKANIK BURNI TELONG PADA CAMPURAN LASTON AC-WC (Sulistianti, Sulaiman AR, Khairul Miswar).....	59-65
PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR METODE Pt T-01-2002-B DAN MDP 2017 EDISI REVISI SERTA ANGGARAN BIAYA METODE AHSP 2016 PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-LOKOP SEGMENT I (Wahyu Nahrul Firdaus, Hanafiah Hz, Rizal Syahyadi).....	66-75
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 02 Edisi September 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 02 Edisi September 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

PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH KACA TERHADAP PASIR PADA CAMPURAN LASTON AC-BC

Rahmatur Ridha¹, Syarwan², Supardin³

- 1) Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: rahmaturridha14@gmail.com
- 2) Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: syarwan@pnl.ac.id
- 3) Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: pardin211965@pnl.ac.id

ABSTRAK

Dalam mendesain suatu lapisan permukaan perkerasan jalan dapat memanfaatkan segala jeni campuran. Semua daerah di suatu negara masalah yang dihadapi terkait dengan limbah. Limbah yang dapat dimanfaatkan pada campuran perkerasan jalan adalah limbah kaca. Limbah kaca yang digunakan yaitu lolos saringan no.8. Material pengikat digunakan *Aspal Penetrasi 63*. Tujuan penelitian untuk mengetahui nilai parameter marshall (*stabilitas, density, flow, VIM, VMA, VFB, marshall quotient, Durabilitas*) terhadap campuran laston AC-BC pada material mengandung limbah kaca dan kadar limbah kaca optimum yang memenuhi spesifikasi umum 2010-2018. Agregat yang digunakan pada *stone crusher* PT.Alhas Jaya Group. Pengujian dilaksanakan pada Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe, Pengujian dilakukan dengan metoda *Marshall Test*. Persentase kadar limbah kaca pada agregat yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%. Berdasarkan persentase tersebut diperoleh kadar limbah kaca optimal pada 40%. Pada rendaman 30 menit dengan suhu 60°C menghasilkan nilai *density* 2.29 gr/cm³, VIM 3.79%, VMA 15.29%, VFB 81.20%, *stabilitas* 2201 kg, *Marshall Quotient* (MQ) 643.80 kg/mm, dan kelelehan (*flow*) 3.4 mm. Kemudian pada rendaman 24 jam dengan suhu 60°C menghasilkan nilai *density* 2.30 gr/cm³, VIM 3.53%, VMA 14.78%, VFB 81.69%, *stabilitas* 2324 kg, *Marshall Quotient* (MQ) 687.21 kg/mm, dan kelelehan (*flow*) 3.3 mm. Dari hasil pengujian durabilitas dari perbandingan antara stabilitas rendaman 24 jam dengan stabilitas rendaman 30 menit pada suhu 60°C diperoleh hasil rata-rata 102,8 % dan memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu > 90 %.

Kata kunci : Parameter *Marshall*, Persentase Limbah Kaca, *Aspal penetrasi 60/70*.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan dan pengembangan jalan sangat penting dilakukan dikarenakan jalan merupakan suatu akses yang paling vital untuk menunjang aktivitas sosial dan perekonomian daerah di suatu negara. Salah satu faktor pendukung untuk suatu jaringan jalan menjadi aman dan nyaman bagi pengguna jalan yaitu dengan mendesain suatu lapis permukaan perkerasan jalan tetap memuaskan selama masa layanannya. Dalam mendesain suatu lapisan permukaan perkerasan jalan dapat memanfaatkan berbagai jenis bahan campuran.

Saat ini di semua daerah di suatu negara masalah yang paling sering dihadapi terkait dengan namanya limbah. Pada penelitian ini limbah yang digunakan adalah limbah daur ulang, salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan pada campuran perkerasan jalan adalah limbah kaca, komponen utama dalam limbah kaca adalah alkali dan *silicon dioxide (reactive silica)*. Silika merupakan bahan yang bersifat mengikat atau memiliki adhesi yang tinggi. Bubuk limbah kaca mengandung silika (SiO₂) sekitar 30%, kalsium oksida (CaO), alumina (Al₂O₃) dan sodium oksida (Na₂O) dengan presentase pada rentang 10% dan 19%. Presentase dari oksida lainnya di bawah 1% (Simone, dkk., 2017). Dalam mendesain bahan campuran, telah banyak dilakukan penelitian yang sebelumnya dengan memanfaatkan bahan dari limbah.

Fauziah dan Wijayanti (2016) meneliti dengan menggunakan varian level substitusi limbah kaca pada agregat halus No.8 dalam campuran yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kaca pada agregat halus No.8 dapat digunakan dalam campuran aspal berpori hanya hingga 30% dari proporsi. Dari uji Marshall hasil

menunjukkan bahwa kemampuan campuran untuk menahan beban meningkat hingga batas optimal dan menurun pada nilai *stabilitas* kemudian tingkat aliran, MQ, VIM, VMA yang meningkat hingga batas optimal juga menurun setelah itu untuk level dan kepadatan VFA menurun hingga level tertentu kemudian naik setelahnya.

Pada penelitian sebelumnya dapat disimpulkan dari uji Marshall nilai stabilitas, MQ, VIM, dan VMA meningkat dan kemudian menurun pada kadar substitusi 20%, dan kepadatan VFA menurun hingga kadar substitusi 20% dan kemudian meningkat level setelahnya. Dengan masalah yang timbul tersebut, pada penelitian ini mencoba untuk mengetahui nilai parameter *Marshall*. Dalam hal ini komponen agregat yang dicoba untuk mengetahui nilai parameter *Marshall* adalah pasir yang disubstitusi sebagian dengan limbah kaca pada campuran laston AC-BC. Dengan substitusi sebagian yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dengan limbah kaca yang lolos saringan No.8 dan menggunakan bahan pengikat *aspal penetrasi 60/70*. Dengan mensubstitusi pasir dengan limbah kaca ini diharapkan dapat mengetahui nilai parameter *Marshall* pada campuran laston AC-BC.

II. METODOLOGI

Data primer diperoleh dari hasil pengamatan pengujian di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Pengujian tersebut meliputi sifat-sifat fisis yaitu sifat fisis *aspal penetrasi 60/70* (penetrasi, titik lembek, dan berat jenis), sifat fisis agregat kasar (analisa saringan, berat jenis, dan penyerapan agregat) sifat fisis agregat halus (analisa saringan, berat jenis, dan penyerapan agregat), dan sifat fisis kaca (analisa saringan, berat jenis, dan penyerapan agregat) serta pengujian karakteristik campuran aspal beton AC-BC dengan percobaan *Marshall*.

Data sekunder merupakan data pendukung data primer yang diperlukan dalam penelitian seperti angka kalibrasi alat, angka koreksi benda uji, dan lokasi tempat pengambilan material peta lokasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian yang diperoleh meliputi data hasil analisa gradasi agregat, data hasil sifat fisis agregat, data hasil sifat fisis aspal, data hasil pengujian *Marshall*, dan data hasil penentuan kadar aspal optimum (KAO).

K. Hasil pemeriksaan varian kadar aspal ideal

Dari hasil pengujian Marshall yang dilakukan pada variasi kadar aspal ideal untuk benda uji dengan jumlah tumbukan 2 x 75, maka diperoleh nilai *density*, VIM, VMA, VFB, stabilitas, *Marshall Quotient* MQ, *flow*. Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1 Hasil pengujian Marshall dalam bentuk variasi kadar aspal

Parameter Marshall	Variasi Kadar Aspal					Syarat Marshall
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
Density(gr/cm^3)	2.33	2.34	2.33	2.33	2.35	$> 2 \text{ cm}^2$
VIM (%)	6.10	4.76	4.39	3.69	2.40	3-5 %
VMA (%)	15.12	15.00	15.75	16.21	16.16	$\geq 14\%$
VFB (%)	78.79	80.23	79.86	80.10	81.44	$\geq 65\%$
Stabilitas (kg)	2502	2516	2467	2464	2262	> 1000
MQ (kN/mm)	683.18	682.45	669.08	672.44	620.98	$\geq 200 \text{ kg}/\text{mm}$
Flow (mm)	3.6	3.7	3.9	3.8	3.6	2- 4 mm

L. Hasil KAO

Berdasarkan data hasil penelitian benda uji pada kadar aspal optimum pembuatan benda uji sebanyak 3 buah yaitu 5,5% maka nilai parameter aspal dengan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 75 tumbukan perbenda uji, maka diperoleh hasil seperti yang ditampilkan pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 2 Data hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum (KAO)

No.	Parameter Marshall	Kadar Aspal Optimum = 5.5%	Spesifikasi 2018
1	Density(gr/cm^3)	2.32	$> 2 \text{ cm}^3$
2	VIM (%)	4.38	3-5 %
3	VMA (%)	15.67	$\geq 14\%$
4	VFB (%)	79.95	$\geq 65\%$
5	Stabilitas (kg)	2467	> 1000
6	MQ (kN/mm)	669.08	$\geq 200 \text{ kg}/\text{mm}$
7	Flow (mm)	3.9	2- 4 mm

M. Perbandingan Parameter Marshall berdasarkan nilai KAO dengan Substitusi Limbah Kaca

Berikut ini merupakan nilai hasil pengujian Marshall dengan persentase limbah kaca yang digunakan campuran Laston AC-BC. Dengan menggunakan limbah kaca 0% sebagai alat kontrol ditampilkan dalam bentuk tabel dibawah ini :

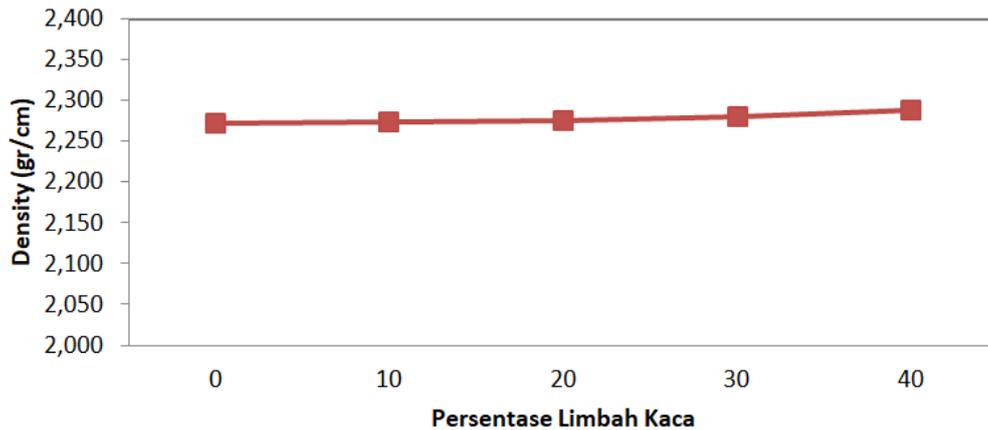
Tabel 3 Hasil pemeriksaan pengujian parameter Marshall substitusi limbah kaca

Persentase Limbah Kaca (%)	Density	VIM	VMA	VFB	Stabilitas	MQ	Flow
0%	2.27	4.46	15.88	79.94	2083	556.05	3.8
10%	2.27	4.39	15.82	80.07	2093	577.27	3.6
20%	2.27	4.35	15.78	80.15	2134	605.65	3.6
30%	2.28	4.13	15.59	80.56	2158	610.62	3.5
40%	2.29	3.79	15.29	81.20	2201	643.80	3.4

Berikut ini merupakan grafik perbandingan nilai parameter *Marshall* hasil pengujian KAO dengan persentase limbah kaca yang digunakan pada campuran aspal AC – BC. Dengan menggunakan pesentase limbah kaca 0% sebagai pembandingan.

1. Kepadatan (*Density*)

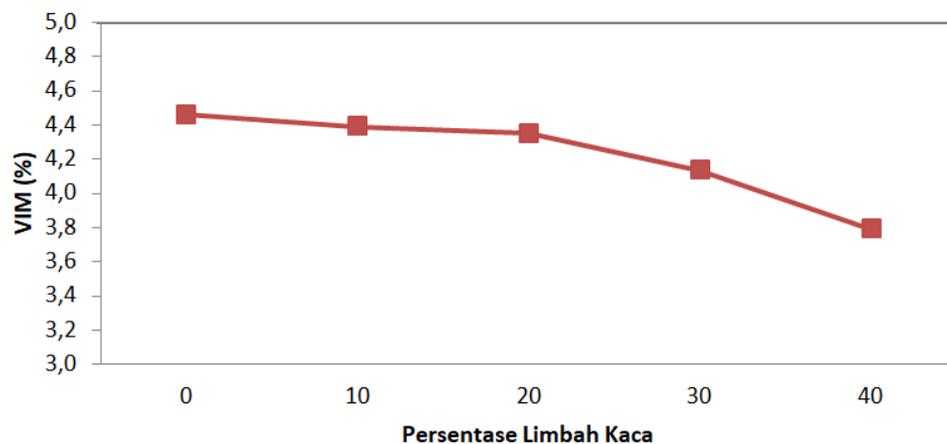
Data hasil percobaan *Marshall* pada masing-masing persentase limbah kaca yang di tampilkan pada gambar 4.15 grafik hubungan *density* dengan persentase limbah kaca diatas dapat dilihat pada persentase limbah kaca 0% diperoleh hasil $2.27 \text{ gr}/\text{cm}^3$, pada persentase limbah kaca 10% diperoleh hasil $2.27 \text{ gr}/\text{cm}^3$, pada persentase limbah kaca 20% diperoleh hasil $2.27 \text{ gr}/\text{cm}^3$, pada persentase limbah kaca 30% diperoleh hasil $2.28 \text{ gr}/\text{cm}^3$, dan pada persentase limbah kaca 40% diperoleh hasil $2.29 \text{ gr}/\text{cm}^3$. Nilai *density* mengalami peningkatan dengan bertambahnya persentase limbah kaca. Hal ini disebabkan karena rongga yang terdapat pada campuran lebih rapat. Sehingga semua nilai *density* telah memenuhi persyaratan yaitu sebesar $> 2 \text{ gr}/\text{cm}^3$.



Gambar 1 Grafik hubungan *density* dengan persentase limbah kaca

2. VIM (*Void In Mix*)

Data hasil percobaan Marshall yang di tampilkan pada gambar 4.16 grafik hubungan VIM dengan persentase limbah kaca, menunjukkan bahwa nilai VIM menurun dari persentase limbah kaca 0% sampai dengan 40% dengan nilai VIM pada 0% 4.46%, kemudian pada persentase limbah kaca 10% dengan nilai VIM 4.39% lalu menurun kembali pada persentase limbah kaca 20% dengan nilai VIM 4.35% lalu menurun kembali pada persentase limbah kaca 30% dengan nilai VIM 4.13% lalu menurun kembali pada persentase limbah kaca 40% dengan nilai VIM 3.79%. Perkerasan yang memiliki nilai VIM yang terlalu 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*). Namun pada penelitian ini semua nilai VIM memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3 - 5%.

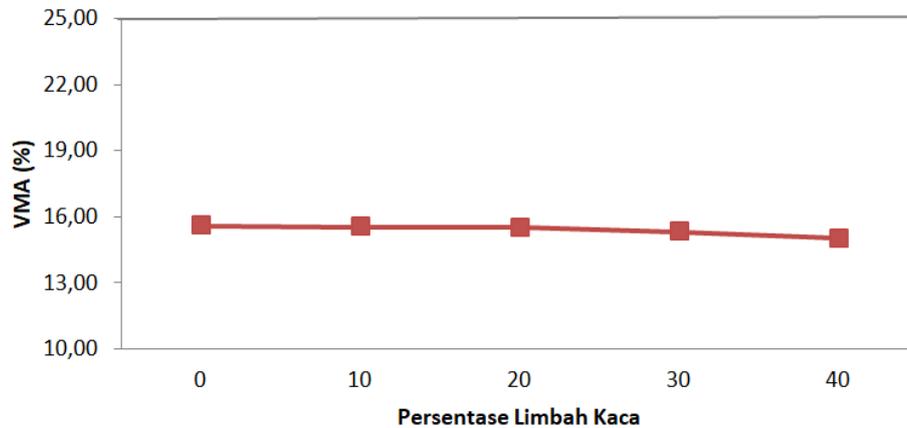


Gambar 2 Grafik hubungan VIM dengan persentase limbah kaca

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

Rongga dalam agregat (*Voids in the Mineral Agregate, VMA*) didefinisikan sebagai volume rongga dalam antar butiran yang terletak di antara partikel agregat dari suatu campuran perkerasan yang di padatkan. Data hasil penelitian VMA yang ditampilkan pada gambar 4.17, semakin banyak persentase limbah kaca maka nilai VMA terus menurun dengan nilai VMA pada 0% persentase limbah kaca sebesar 15.88%, nilai VMA pada 10% persentase limbah kaca 15.82%, nilai VMA 20% persentase limbah kaca sebesar 15.78%, nilai VMA 30%

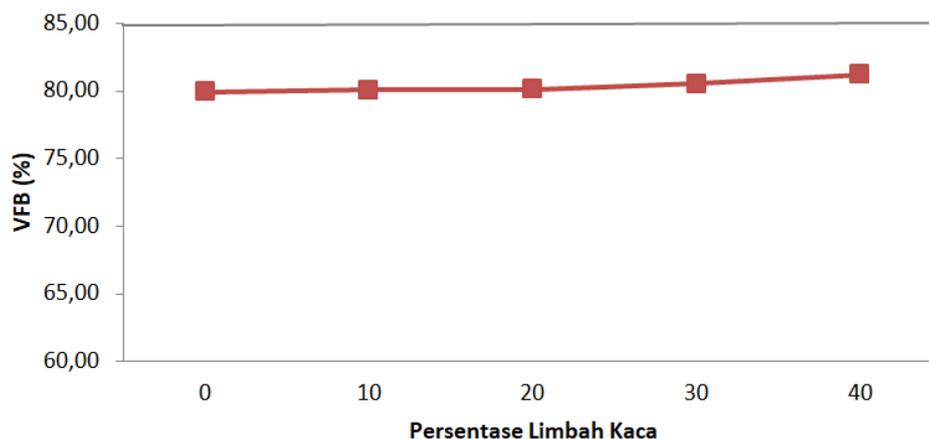
persentase limbah kaca sebesar 15.59%, nilai VMA 40% persentase limbah kaca sebesar 15.29%. Penurunan nilai VMA disebabkan oleh berat jenis substitusi limbah kaca yang lebih kecil sehingga mengakibatkan volume yang sedikit pada berat yang sama dan mengurangi rongga yang tersedia untuk ditempati oleh aspal. Dengan keseluruhan nilai VMA pada persentase limbah kaca 0% sampai 40% memenuhi persyaratan batas spesifikasi yaitu sebesar $\geq 14\%$.



Gambar 3 Grafik hubungan VMA dengan persentase limbah kaca

4. VFB (*Voids Filled with Bitumen*)

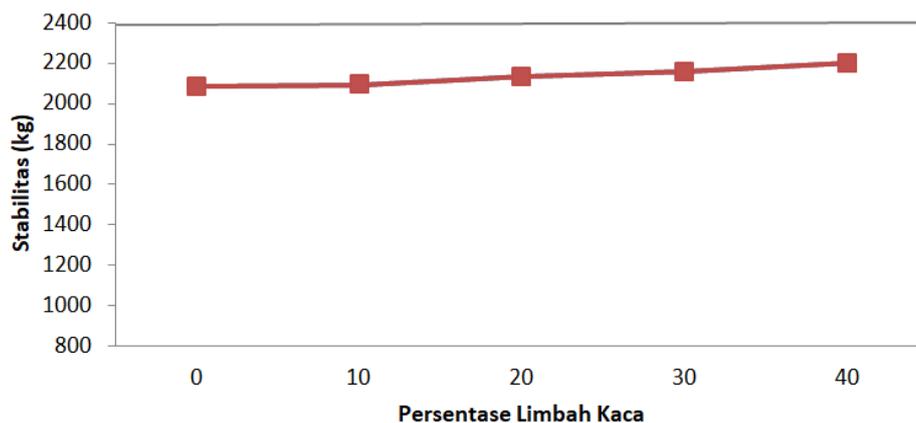
Grafik hubungan VFB dengan persentase limbah kaca, menunjukkan bahwa campuran laston yang mengandung persentase limbah kaca sebanyak 0% memiliki nilai VFB sebesar 79.94%, campuran laston yang mengandung persentase limbah kaca sebanyak 10% memiliki nilai VFB sebesar 80.07%, campuran laston yang mengandung persentase limbah kaca sebanyak 20% memiliki nilai VFB sebesar 80.15%, campuran laston yang mengandung persentase limbah kaca sebanyak 30% memiliki nilai VFB sebesar 80.56%, dan campuran laston yang mengandung persentase limbah kaca sebanyak 40% memiliki nilai VFB sebesar 81.20%. VFB menunjukkan persentase rongga terisi aspal pada suatu campuran setelah dipadatkan. Nilai VFB meningkat juga sebagai indikasi bahwa besarnya rongga yang terisi aspal. Berdasarkan hasil grafik di atas seiring bertambahnya persentase limbah kaca yang dicampurkan maka nilai VFB semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh kadar limbah kaca pada campuran laston AC-BC yang semakin meningkat. Secara keseluruhan rata-rata variasi campuran persentase limbah kaca memenuhi batas yang disyaratkan yaitu ≥ 65 mm.



Gambar 4 Grafik hubungan VFB dengan persentase limbah kaca

5. Stabilitas

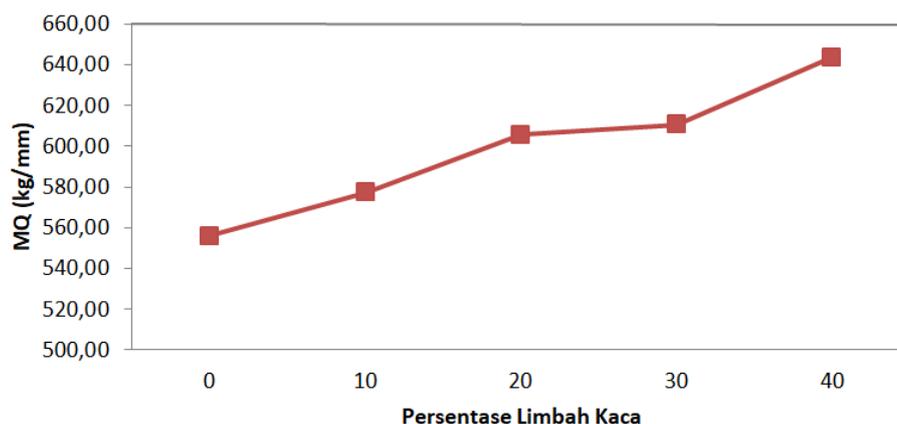
Grafik hubungan nilai Stabilitas persentase limbah kaca menunjukkan campuran laston dengan kandungan lumpur sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% memenuhi syarat spesifikasi stabilitas >1000 kg. Persentase limbah kaca 0% nilai stabilitas sebesar 2083 kg, persentase limbah kaca 10% nilai stabilitas sebesar 2093 kg, persentase limbah kaca 20% nilai stabilitas 2134 kg, persentase limbah kaca 30% nilai stabilitas 2158 kg, dan persentase limbah kaca 40% nilai stabilitas 2201 kg. agregat. Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase limbah kaca yang terkandung di dalam campuran laston maka nilai stabilitas yang diperoleh rata-rata mengalami peningkatan dan semua nilai stabilitas memenuhi persyaratan. Nilai stabilitas agregat mengandung limbah kaca terus meningkat, hal ini mungkin terjadi disebabkan oleh penguapan air dari agregat sehingga debu yang dipanaskan menjadi menggumpal (keras) dan mempengaruhi nilai stabilitas.



Gambar 5 Grafik nilai Stabilitas dengan persentase limbah kaca

6. MQ (Marshall Quotient)

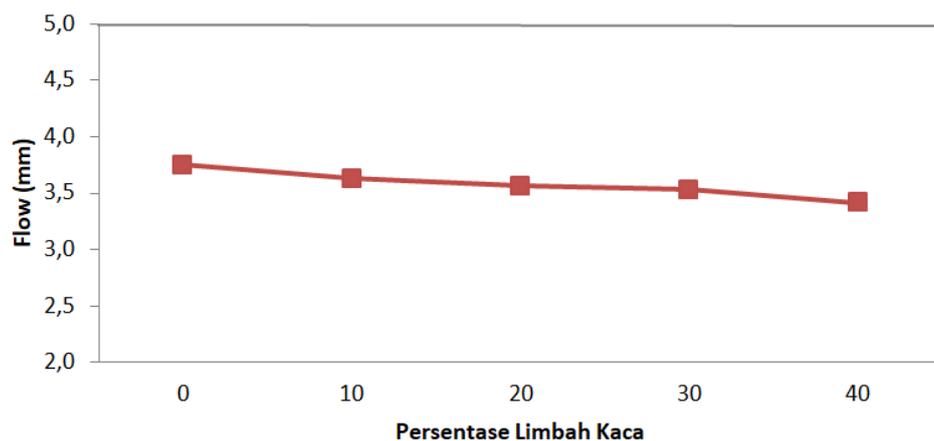
Grafik hubungan MQ dengan persentase limbah kaca memperlihatkan bahwa persentase limbah kaca 0% diperoleh hasil 556.05 kg/mm, persentase limbah kaca 10% diperoleh hasil 577.27 kg/mm, persentase limbah kaca 20% diperoleh hasil 605.65 kg/mm, persentase limbah kaca 30% diperoleh hasil 610.62 kg/mm, dan persentase limbah kaca 40% diperoleh hasil 643.80 kg/mm. Data hasil penelitian menunjukkan dengan bertambahnya persentase campuran pada benda uji maka terjadi peningkatan pada nilai MQ, campuran yang memiliki nilai MQ yang terlalu tinggi mempengaruhi kepada campuran yang bersifat kaku dan fleksibilitasnya rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retakan (*cracking*).



Gambar 6 Grafik hubungan MQ dengan persentase limbah kaca

7. Kelelehan (*flow*)

Grafik hubungan *flow* dengan persentase limbah kaca menunjukkan bahwa kandungan persentase limbah kaca 10% hingga 40% yang terdapat pada campuran mengalami penurunan nilai *flow*. Berdasarkan grafik 4.20 hubungan *flow* dengan persentase limbah kaca pada persentase 0% diperoleh hasil 3.8 mm, persentase limbah kaca 10% diperoleh hasil 3.6 mm, persentase limbah kaca 20% diperoleh hasil 3.6 mm, persentase limbah kaca 30% diperoleh hasil 3.5 mm, persentase limbah kaca 40% diperoleh hasil 3.4 mm. Data hasil penelitian diatas persentase limbah kaca 0% mengalami peningkatan, namun untuk persentase limbah kaca dari 10% sampai 40% nilai *flow* mengalami penurunan dari 3.6 mm menjadi 3.4 mm. Dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah persentase limbah kaca yang dicampurkan, maka benda uji semakin tidak plastis. Hal ini dikarenakan limbah kaca tidak bercampur dengan baik bersama aspal. Namun secara keseluruhan nilai *flow* yang di dapatkan telah memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu berkisar antara 2 mm - 4 mm.



Gambar 7 Grafik hubungan *flow* dengan persentase limbah kaca

IV. SIMPULAN

Hasil pengujian pembuatan benda uji aspal diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5.5% yang digunakan sebagai rancangan benda uji aspal + limbah kaca. Dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* campuran AC – BC dengan substitusi limbah kaca didapat nilai parameter optimum berada pada penambahan persentase limbah kaca 40% dengan nilai Kepadatan (*Density*) 2.29 gr/cm³, VIM 3.79%, VMA 15.29%, VFB 81.20%, Stabilitas 2201 kg, *Marshall Quotient* (MQ) 643.80 kg/mm, dan Kelelehan (*flow*) 3.4 mm. Hasil parameter *Marshall* pada rendaman 24 Jam dengan suhu 60°C dengan persentase 40% merupakan kandungan limbah kaca optimum dengan campuran kadar aspal optimum (KAO) menghasilkan nilai Kepadatan (*Density*) 2.30 gr/cm³, VIM 3.53%, VMA 14.78%, VFB 81.69%, Stabilitas 2324 kg, *Marshall Quotient* (MQ) 687.21 kg/mm, dan Kelelehan (*flow*) 3.3 mm. Dari hasil pengujian durabilitas dari perbandingan antara stabilitas rendaman 24 jam dengan stabilitas rendaman 30 menit pada suhu 60°C diperoleh hasil rata-rata 102,8 % dan memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu > 90 %. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dari karakteristik campuran Laston AC-BC dengan limbah kaca sebagai substitusi pasir dapat disimpulkan bahwa campuran menggunakan limbah kaca sebagai substitusi pasir baik digunakan hingga persentase 40% dari total campuran.

DAFTAR PUSTAKA

Fauziah, Wijayati. 2016. *Pengaruh Kadar Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus*. Jurnal Teknisia ISSN 0853-8557. Vol. 21 No. 2, November 2016.

- Hasyim, Hariadi, Handayani, T. dan Yuniarti, R. 2019. *Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Filler Pada Campuran Perkerasan Aspal Panas*. Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2019.26.3.10
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2010. *Spesifikasi Umum Tahun 2010, Divisi 6 Perkerasan Aspal*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi Jalan dan Jembatan*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Marteano, D, 2003, *Evaluasi Kinerja Campuran Hot Rolled Aspal (BRA) Dengan Menggunakan Filler Abu Sisa Penggergajian Kayu*. Tesis, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sukirman, S, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal campuran Panas*. Jakarta: Granit
- Putrowijoyo, R, 2006. *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-BC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler*, Tesis, Prgram Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.

Alamat Redaksi:

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

