



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

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KOPI DAN AGREGAT HALUS ENDAPAN ABU VULKANIK BURNI TELONG PADA CAMPURAN LASTON AC-WC

Sulistianti¹, Sulaiman AR², Khairul Miswar³

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

ABSTRAK

Konstruksi jalan raya di wilayah Kabupaten Bener Meriah dan Aceh Tengah umumnya menggunakan agregat yang berasal dari daerah lain. Material lokal seperti endapan abu vulkanik Gunung Burni Telong dan limbah kulit kopi diharapkan dapat dimanfaatkan secara maksimal, salah satunya sebagai agregat pada perkerasan jalan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui persentase komposisi campuran agregat halus endapan abu vulkanik Gunung Burni Telong dan *filler* limbah kulit kopi pada laston AC-WC dan nilai parameter *Marshall* pada campuran tersebut. Metode penelitian mengikuti standar yang berlaku untuk campuran AC-WC. Agregat batu pecah yang dipakai dalam penelitian material produksi *stone crusher* PT. Kutaraja. Pematatan benda uji dilakukan dengan tumbukan 2 x 75 tiap permukaan untuk lalu lintas berat. Tahap awal penelitian ini adalah mencari nilai kadar aspal optimum (KAO). Pada penelitian, digunakan endapan abu vulkanik Burni Telong sebagai agregat halus dengan komposisi 50% dari total campuran dengan variasi kadar aspal ideal Pb 5,1%, 5,6%, 6,1%, 6,6%, dan 7,1% dan diperoleh nilai KAO sebesar 6,2%. Selanjutnya dibuat benda uji dengan substitusi *filler* limbah kulit kopi dengan komposisi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil pengujian, disimpulkan bahwa dengan Penggunaan agregat halus endapan abu vulkanik nilai stabilitas meningkat dibandingkan dengan menggunakan agregat halus batu pecah. Nilai stabilitas menurun pada penambahan persentase penggunaan *filler* limbah kulit kopi. Penurunan, nilai stabilitas pada semua persentase *filler* limbah kulit kopi memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu > 800 kg. Kombinasi campuran terbaik berada pada 25% *filler* kulit kopi dari total *filler* dengan nilai stabilitas 2272 kg, *flow* 3,43 mm, VMA 21,4%, VIM 3,9%, VFB 74,7%, MQ 664,4 kg/mm, dan *density* 2,20 gr/cm³.

Kata Kunci: Campuran AC-WC, agregat halus, endapan abu vulkanik, kulit kopi, *Marshall*

I. PENDAHULUAN

Konstruksi jalan di Indonesia sebagian besar menggunakan jenis perkerasan lentur, lapisan aspal beton sebagai lapisan permukaan. Selama ini konstruksi jalan raya di wilayah Kabupaten Bener Meriah dan Aceh Tengah umumnya menggunakan agregat yang berasal dari daerah lain. Material lokal diharapkan dapat dimanfaatkan secara maksimal, salah satunya sebagai agregat pada perkerasan jalan. Wilayah Kabupaten Bener Meriah dan Aceh Tengah terletak di daerah perbukitan dan pegunungan, sehingga terdapat gunung berapi aktif dan kaya akan kopi.

Penggunaan limbah kulit kopi sebagai bahan pengisi pada laston AC-WC diharapkan dapat mengurangi limbah dan dapat memanfaatkan limbah kulit kopi secara maksimal. Penggunaan endapan vulkanik Burni Telong diharapkan dapat menjadi agregat halus alternatif sehingga dapat menghemat biaya pembangunan jalan pada daerah tersebut dan dapat meningkatkan parameter Marshall pada lapisan aspal beton AC-WC.

Endapan vulkanik adalah bahan piroklastik yang biasa ditemukan di banyak wilayah pegunungan dan berasal dari jatuhnya abu gunung vulkanik yang disebarkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Mineralogi dan komposisi kimia endapan vulkanik tergantung pada jenis magma dari sumber gunungnya dan terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus. Endapan vulkanik kaya akan unsur alumina dan silika alami sehingga sebagian besar

berbentuk runcing. Penggunaan bahan-bahan piroklastik dapat menguntungkan lingkungan dan ekonomi daerah setempat (Tombeg, 2019:310 dan Lemougna, 2018:177).

Kulit kopi merupakan limbah yang selama ini hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan pupuk kompos. Senyawa kimia yang terkandung dalam abu limbah kulit kopi mengandung komposisi yang hampir mirip dengan senyawa kimia yang terkandung dalam kandungan semen, yaitu senyawa CaO (39,4%) dan kadar SiO₂ (0,6%) (Putra, 2018:2 dan Fahmi, 2018:2).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase komposisi campuran agregat halus endapan abu vulkanik Gunung Burni Telong dan *filler* limbah kulit kopi pada laston AC-WC dan nilai parameter Marshall pada campuran 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.

II. METODOLOGI

A. Material dan Peralatan

Material agregat batu pecah yang digunakan berasal dari *stone crusher* PT. Kutaraja. Pengambilan sampel endapan abu vulkanik dilakukan secara acak bila dalam keadaan basah perlu dikeringkan dengan cara dijemur di terik matahari atau dioven, lalu dihaluskan dengan cara penumbukan dan diayak dengan ayakan No. 4 agar dapat digunakan sebagai agregat halus. Sampel dari limbah kulit kopi juag diambil secara acak dari lokasi pengambilan material perlu dikeringkan dengan cara dijemur di terik matahari atau dioven. Limbah kulit kopi yang telah dikeringkan selanjutnya dihaluskan dan diayak dengan ayakan No. 200 agar dapat digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton.

B. Pengujian Sifat Fisis Agregat

Pengujian sifat fisis pada agregat tambahan meliputi berat jenis dan penyerapan serta analisa ayakan. Pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan sesuai dengan SNI 1969-2016 dan SNI 1970-2016. Pengujian analisa ayakan mengikuti SNI 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 menggunakan agregat halus endapan abu vulkanik dan pembuatan benda uji menggunakan agregat halus endapan abu vulkanik serta *filler* limbah kulit kopi.

Tahapan pertama yaitu pembuatan benda uji dengan menggunakan agregat dari bongkaran laston dan agregat baru, dengan nilai *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 6,2% dengan menggunakan agregat halus endapan abu vulkanik serta penambahan *filler* limbah kulit kopi. Besarnya variasi persentase kadar limbah kulit kopi sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan 3 benda uji tiap persentase.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan pada variasi kadar aspal ideal untuk benda uji dengan tumbukan 2 x 75, diperoleh parameter *Marshall* seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai parameter *Marshall* pada varian kadar aspal

Parameter <i>Marshall</i>	Variasi Kadar Aspal					Syarat <i>Marshall</i>
	5,1%	5,6%	6,1%	6,6%	7,1%	
Stabilitas (kg)	2340	2625	2745	2520	2572	> 800
<i>Flow</i> (mm)	3,17	3,43	3,51	3,44	3,11	2 - 4
Density (gr/cm ³)	2,17	2,16	2,20	2,23	2,25	> 2
VIM (%)	6,61	6,71	4,12	2,21	0,60	3 - 5
VFB (%)	72,13	70,93	74,65	77,09	78,97	≥ 65
VMA (%)	21,27	22,36	21,23	20,70	20,43	≥ 15
MQ (kg/mm)	748,12	766,20	792,20	737,91	840,67	≥ 200

B. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan parameter *Marshall* pada Tabel 1 didapatkan kadar aspal optimum dengan sistem *Range Overlapping*. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa campuran AC – WC dengan kadar aspal optimum yang didapatkan sebesar 6,20%.

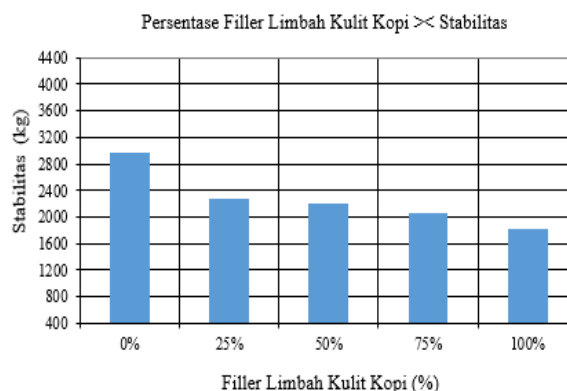
C. Hasil Pengujian *Marshall* dengan Variasi *Filler* Limbah Kulit Kopi

Dari hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan pada variasi *filler* limbah kulit kopi untuk benda uji dengan tumbukan 2 x 75, diperoleh parameter *Marshall* seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

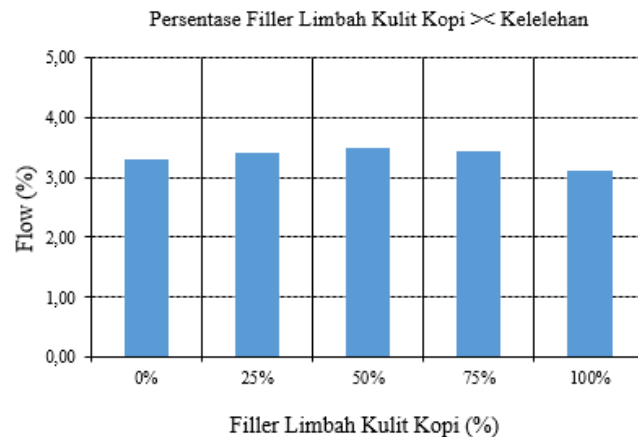
Tabel 2. Nilai parameter *Marshall* pada tiap persentase *filler* limbah kulit kopi

Persentase <i>Filler</i> Limbah Kulit Kopi (%)	Stabilitas	<i>flow</i>	VMA	VIM	VFB	MQ	Density	<i>Marshall</i> Sisa
0%	2976	3,29	20,9	3,3	75,9	924,4	2,22	88%
25%	2272	3,43	21,4	3,9	74,7	664,4	2,20	90%
50%	2200	3,51	22,9	5,7	71,4	634,2	2,16	90%
75%	2049	3,44	23,9	7,0	69,1	599,9	2,13	90%
100%	1813	3,11	25,4	8,9	65,7	600,6	2,09	91%

Tabel 2 memperlihatkan nilai stabilitas, *flow*, VMA, VFB, MQ, dan *Density* pada semua persentase *filler* limbah kulit kopi memenuhi spesifikasi, namun nilai VIM hanya pada persentase 0% dan 25% *filler* limbah kulit kopi yang memenuhi spesifikasi. Nilai *Marshall* Sisa pada persentase 25% sampai 100% *filler* limbah kulit kopi memenuhi spesifikasi. Hubungan nilai parameter *Marshall* dengan persentase *filler* limbah kulit kopi dapat dilihat pada Gambar 1 s.d Gambar 7.

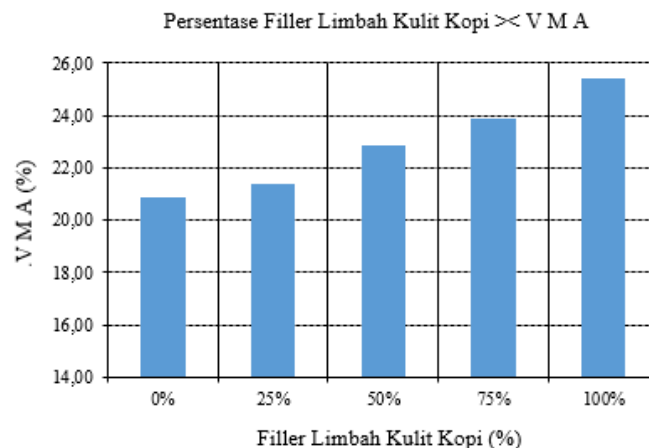
Gambar 1. Grafik hubungan stabilitas dengan persentase *filler* limbah kulit kopi

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai stabilitas semakin rendah seiring dengan bertambahnya persentase *filler* limbah kulit kopi. Hal ini disebabkan karena *filler* limbah kulit kopi yang bersifat lunak dan menyerap air. Nilai stabilitas tertinggi adalah 2976 kg pada 0% *filler* limbah kulit kopi (100% *filler* abu agregat batu pecah), dan nilai stabilitas terendah adalah 1813 kg pada 100% *filler* limbah kulit kopi (0% *filler* abu agregat batu pecah). Meskipun terjadi penurunan, nilai stabilitas pada semua persentase *filler* limbah kulit kopi memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu > 800 kg.



Gambar 2. Grafik hubungan kelelahan dengan persentase *filler* limbah kulit kopi

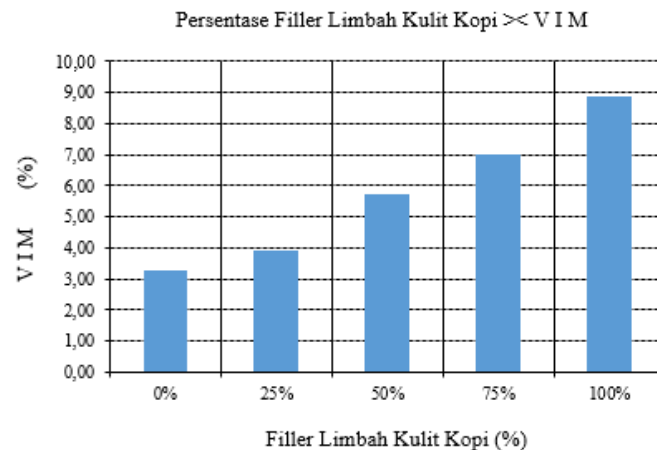
Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai *flow* pada semua persentase *filler* limbah kulit kopi memenuhi Spesifikasi Umum 2018 yaitu 2 – 4 mm. Dari grafik dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan nilai *flow* pada variasi 0% sampai 50% *filler* limbah kulit kopi, selanjutnya terjadi penurunan nilai *flow* sampai variasi 100%. Nilai *flow* terbesar terdapat pada variasi 50% *filler* limbah kulit kopi yaitu sebesar 3,51 mm.



Gambar 3. Grafik hubungan VMA dengan persentase *filler* limbah kulit kopi

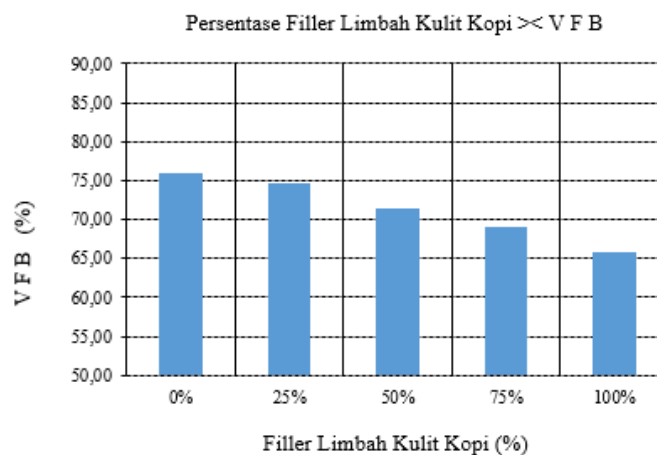
Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai VMA semakin meningkat dengan peningkatan nilai rata-rata sebesar 4,81% seiring dengan bertambahnya persentase limbah kulit kopi. Nilai VMA untuk semua persentase limbah kulit kopi berada diatas nilai VMA yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum 2018 yaitu 15%. Besar kecilnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal yang menyelimuti agregat, kadar aspal yang besar akan menghasilkan selimut agregat yang tebal sehingga rongga antar agregat semakin besar. Sebaliknya, apabila kadar aspal

sedikit maka selimut antar agregat yang dihasilkan tipis, sehingga rongga antar agregat akan semakin kecil.



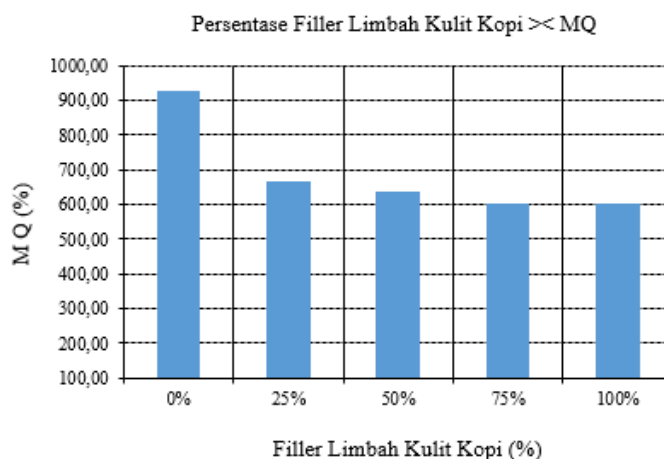
Gambar 4. Grafik hubungan VIM dengan persentase *filler* limbah kulit kopi

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai VIM semakin meningkat seiring bertambahnya persentase *filler* limbah kulit kopi. Nilai VIM pada variasi 0% dan 25% *filler* limbah kulit kopi memenuhi Spesifikasi Umum yang disyaratkan yaitu sebesar 3 – 5%, sedangkan pada variasi 50%, 75% dan 100% nilai VIM tidak memenuhi persyaratan. Peningkatan nilai VIM menunjukkan rongga udara yang semakin besar.



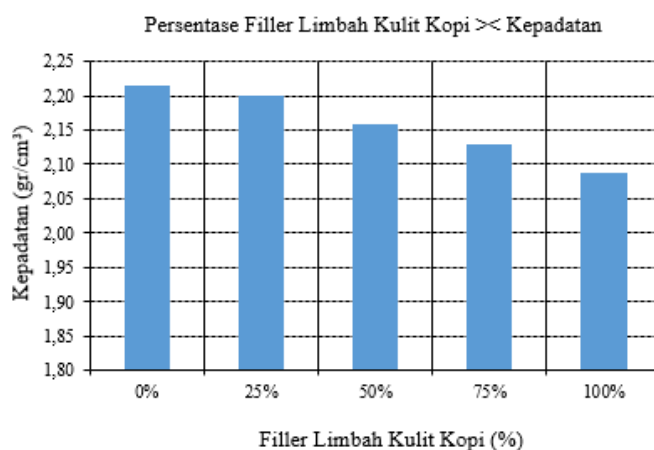
Gambar 5. Grafik hubungan VFB dengan persentase *filler* limbah kulit kopi

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai VFB pada setiap persentase *filler* limbah kulit kopi berada di atas spesifikasi yang disyaratkan yaitu 65% sesuai spesifikasi umum 2018. Pada grafik dapat dilihat terjadi penurunan nilai VFB dengan nilai rata-rata sebesar 3,51%. Hal ini dikarenakan berat *filler* limbah kulit kopi yang lebih ringan daripada *filler* abu batu pecah, sehingga pada saat pencampuran, semakin besar persentase *filler* kulit kopi maka akan semakin banyak *filler* yang diselimuti oleh aspal dan mengurangi jumlah aspal yang seharusnya mengisi rongga yang ada dalam campuran.



Gambar 6. Grafik hubungan MQ dengan persentase *filler* limbah kulit kopi

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai MQ pada setiap variasi lebih besar dari syarat pada Spesifikasi Umum 2018 yaitu 200 kg/mm. Pada grafik dapat dilihat terjadi penurunan nilai MQ pada tiap peningkatan persentase *filler* limbah kulit kopi. Nilai MQ terbesar terdapat pada variasi 0% *filler* limbah kulit kopi (100% *filler* abu batu pecah) yaitu sebesar 924,43 kg/mm, sedangkan nilai MQ terkecil terdapat pada variasi 100% *filler* limbah kulit kopi (0% *filler* abu batu pecah) yaitu sebesar 600,65 kg/mm. Kenaikan dan penurunan nilai MQ dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan flow pada campuran. Jika nilai stabilitas kecil dan nilai flow besar maka menghasilkan campuran yang lunak dan mudah berubah bentuk jika diberi beban. Campuran yang memiliki nilai MQ yang terlalu tinggi berpengaruh kepada campuran yang bersifat kaku dan fleksibilitasnya rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retakan (*cracking*).



Gambar 7. Grafik hubungan kepadatan dengan persentase *filler* limbah kulit kopi

Dari hasil pengujian *Marshall* pada masing – masing variasi *filler* limbah kulit kopi yang ditampilkan pada Gambar 7 dapat dilihat terjadi penurunan nilai kepadatan dengan nilai rata-rata sebesar 1,47%. Hal ini disebabkan karena *filler* limbah kulit kopi memiliki berat jenis yang rendah sehingga semakin besar persentase *filler* limbah kulit kopi maka semakin besar rongga udara dalam campuran dan semakin rendah tingkat kepadatan dan stabilitasnya.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* persentase komposisi campuran dengan substitusi limbah kulit kopi terbaik terdapat pada substitusi 25% *filler* kulit kopi dari total *filler* dan kadar aspal optimum (KAO) 6,2%. Substitusi *filler* limbah kulit kopi sebanyak 25% dari total *filler*, didapat nilai stabilitas 2272 kg, *flow* 3,43 mm, VMA 21,38%, VIM 3,93%, VFB 74,69%, MQ 664,38 kg/mm, dan density 2,20 kg/cm³. Terjadi penurunan stabilitas sebesar 23,68% antara campuran tanpa dan dengan substitusi 25% *filler* limbah kulit kopi. Meskipun terjadi penurunan, nilai stabilitas yang diperoleh masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu >800 kg untuk campuran Laston (AC-WC).

DAFTAR PUSTAKA

- Fahmi, A. 2018. *Pengaruh Penggunaan Agregat Halus Jamur Ujung dan Filler Abu Kulit Kopi Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Lapis Aspal Polimer Menggunakan Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)*. Tesis. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Lemougna, P.N. dkk. 2018. "Review on the use of volcanic ashes for engineering applications". *Journal Resources, Conservation & Recycling*. 137:177–190.
- Putra, M.F.A. 2018. *Pengaruh Penggunaan Agregat Halus Sabang Dengan Filler Serbuk Bata Merah dan Abu Kulit Kopi Serta Polypropylene Terhadap Kinerja Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC)*. Tesis. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Tombeg, C.V. dkk. 2019. "Pemanfaatan Sedimen Transport Abu Vulkanik (Gunung Soputan) Sebagai Bahan Substitusi Pada Abu Batu Dalam Campuran Aspal HRS–WC Gradasi Semi". *Jurnal Sipil Statik*. 7(3):309-318

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

