



# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **PENGARUH FILLER ABU CANGKANG KOPI PADA CAMPURAN ASPAL POROUS DAN ASPAL POLYMER SEBAGAI BAHAN PENGIKAT**  
(Ahmad Daudy, Sulaiman AR, Khairul Miswar)
2. **PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH PLASTIK STYROFOAM TERHADAP PARAMETER MARSHALL DAN DURABILITAS BETON ASPAL AC-WC**  
(Elsa Fahira, Syarwan, Teuku Riyadsyah)
3. **ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (STUDI KASUS JALAN GAMPONG AREE-REUBEE KECAMATAN DELIMA KABUPATEN PIDIE)**  
(Farhan Muzhaffar, Miswar, Mirza Fahmi)
4. **STUDI KAPASITAS PARKIR PADA RUMAH SAKIT UMUM DEARAH DR. FAUZIAH BIREUEN KABUPATEN BIREUEN**  
(Ghulam Ali Sauki, Gustina Fitri, Kurniati)
5. **STUDI PERHITUNGAN ANGGARAN PELAKSANAAN DAN METODE PELAKSANAAN PENINGKATAN JALAN KAMPUNG ATU LINTANG-ARUL TUPIS KABUPATEN ACEH TENGAH**  
(Ichsan Febrianda, Ismail, Fauzi A Gani)
6. **RENCANA ANGGARAN BIAYA PEKERJAAN DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PELEBARAN JALAN BIREUEN-TAKENGON**  
(Lukmanul Hakim, Chairil Anwar, Faisal Rizal)
7. **ANALISIS PENJADWALAN PROYEK DENGAN PRECEDENCE DIAGRAM METHOD (PDM) MENGGUNAKAN MICROSOFT PROJECT**  
(Muhammad Ichwanul Khairi, Zulfikar Makam, Abdul Muhyi)
8. **PENERAPAN K3 PADA PEKERJAAN ABUTMEN JEMBRAN ALUE SEUMAKEUM KEC. MUARA DUA KOTA LHOKEUMAWE**  
(Muhammad Zamzami, Aiyub, Irham)
9. **KAJIAN PENINGKATAN KUALITAS URUGAN PILIHAN UNTUK SUB BASE PERKERASAN JALAN MENGGUNAKAN FLY ASH DAN SEMEN**  
(Putri Ariza, Mulizar, Muhammad Reza)
10. **PENGARUH VARIASI JUMLAH TUMBUKAN PEMADATAN LASTON AC-BC PADA SUHU 80° TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**  
(Zaki Nur, Gusrizal, Rizal Syahyadi)

# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

## Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

### Penasehat

Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe

### Penanggung Jawab

Kepala Pusat 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. Munardy, 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
<b>1. PENGARUH FILLER ABU CANGKANG KOPI PADA CAMPURAN ASPAL POROUS DAN ASPAL POLYMER SEBAGAI BAHAN PENGIKAT</b> (Ahmad Daudy, Sulaiman AR, Khairul Miswar) .....	1-6
<b>2. PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH PLASTIK STYROFOAM TERHADAP PARAMETER MARSHALL DAN DURABILITAS BETON ASPAL AC-WC</b> (Elsa Fahira, Syarwan, Teuku Riyadsyah) .....	7-14
<b>3. ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (STUDI KASUS JALAN GAMPONG AREE-REUBEE KECAMATAN DELIMA KABUPATEN PIDIE)</b> (Farhan Muzhaffar, Miswar, Mirza Fahmi).....	15-20
<b>4. STUDI KAPASITAS PARKIR PADA RUMAH SAKIT UMUM DEARAH DR. FAUZIAH BIREUEN KABUPATEN BIREUEN</b> (Ghulam Ali Sauki, Gustina Fitri, Kurniati).....	21-27
<b>5. STUDI PERHITUNGAN ANGGARAN PELAKSANAAN DAN METODE PELAKSANAAN PENINGKATAN JALAN KAMPUNG ATU LINTANG-ARUL TUPIS KABUPATEN ACEH TENGAH</b> (Ichsan Febrianda, Ismail, Fauzi A Gani) .....	28-32
<b>6. RENCANA ANGGARAN BIAYA PEKERJAAN DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PELEBARAN JALAN BIREUEN-TAKENGON</b> (Lukmanul Hakim, Chairil Anwar, Faisal Rizal).....	33-41
<b>7. ANALISIS PENJADWALAN PROYEK DENGAN PRECEDENCE DIAGRAM METHOD (PDM) MENGGUNAKAN MICROSOFT PROJECT</b> (Muhammad Ichwanul Khairi, Zulfikar Makam, Abdul Muhyi) .....	42-45
<b>8. PENERAPAN K3 PADA PEKERJAAN ABUTMEN JEMBATAN ALUE SEUMAKEUM KEC. MUARA DUA KOTA LHOKSEUMAWE</b> (Muhammad Zamzami, Aiyub, Irham) .....	46-51
<b>9. KAJIAN PENINGKATAN KUALITAS URUGAN PILIHAN UNTUK SUB BASE PERKERASAN JALAN MENGGUNAKAN FLY ASH DAN SEMEN</b> (Putri Ariza, Mulizar, Muhammad Reza).....	52-59
<b>10. PENGARUH VARIASI JUMLAH TUMBUKAN PEMADATAN LASTON AC-BC PADA SUHU 80° TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL</b> (Zaki Nur, Gusrizal, Rizal Syahyadi).....	60-67
Petunjuk Penulisan Artikel Ilmiah .....	68

# 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 06 Nomor 01 Edisi Maret 2023 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 06 Nomor 01 Edisi Maret 2023 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 ABU CANGKANG KOPI PADA CAMPURAN ASPAL POROUS MENGGUNAKAN ASPAL POLYMER SEBAGAI BAHAN PENGIKAT

**Ahmad Daudy<sup>1</sup>, Sulaiman AR<sup>2</sup>, Gusrizal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan,  
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Email: [ahmaddaudy66@gmail.com](mailto:ahmaddaudy66@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan,  
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Email: [sulaiman.ar@pnl.ac.id](mailto:sulaiman.ar@pnl.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan,  
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Email: [gusrizalsipil60@pnl.ac.id](mailto:gusrizalsipil60@pnl.ac.id)

## ABSTRAK

Konstruksi Perkerasan jalan, terdapat tiga jenis perkerasan jalan seperti *Flexible pavement*, *rigid pavement* dan *composite Pavement* Dikembangkan pada lapisan permukaan seperti aspal porous. Aspal porous aspal yang dicampur dengan agregat tertentu yang setelah dikompresi memiliki 20% pori udara. Penggunaan aspal porous memiliki banyak kelebihan bagi pengguna jalan dan lingkungan. Penggunaan material pengganti agregat halus dalam campuran aspal dilakukan untuk mendapatkan sifat yang berbeda, limbah cangkang kopi menjadi salah satu limbah yang dimanfaatkan dalam campuran aspal porous. Limbah cangkang kopi mempunyai potensi dimanfaatkan sebagai material substitusi sebagian aspal atau agregat halus. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui perubahan parameter Marshall pada penggunaan cangkang kopi sebagai pengganti substansi dan mengetahui manfaat limbah Cangkang kopi dalam campuran aspal porous. Penelitian menggunakan metode eksperimental. Digunakan aspal polimer sebagai bahan pengikat dan cangkang kopi sebagai substansi. Pada penelitian ini didapat nilai KAO 4,2%. Hasil pengujian parameter Marshall dengan penambahan cangkang kopi 1% -3% mengalami penurunan pada nilai stabilitas dari 1172 kg – 785 kg, nilai flow dari 3,4 mm – 3,0 mm, nilai MQ dari 346,1 – 259,5 kg/m dan mengalami peningkatan pada nilai VIM dari 12,3 % - 16,1%. Kinerja Fungsi Kekuatan Aspal Porous dengan penambahan cangkang kopi pada hasil pengujian Marshall tidak berpengaruh dan menurun dari hasil nilai pengujian, sehingga dalam penambahan cangkang kopi tidak memenuhi kinerja kekuatan dengan hasil akhirnya.

**Kata Kunci:** Cangkang Kopi, Aspal porous, Aspal polimer, Marshall.

## I. PENDAHULUAN

Pembangunan jalan dipengaruhi oleh komposisi material dan aspal sebagai bahan pengikat. Oleh karenanya dibutuhkan ketersediaan prasarana penunjang seperti jalan, yang direncanakan dengan baik agar menjamin keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Sering ditemukan jalan yang rusak, retak serta berlubang sebelum umur rencana. Pembangunan jalan, terdapat beberapa jenis tipe perkerasan jalan seperti *Flexible pavement* dan *rigid pavement*. Jalan yang dikembangkan pada lapisan permukaan seperti aspal porous. Aspal porous memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan tipe perkerasan lainnya. Porositas tersebut terjadi karena penggunaan proporsi agregat yang lebih sedikit pada campuran aspal porous. Aspal porous merupakan campuran aspal yang telah digunakan sebagai salah satu teknologi perkerasan lentur yang dapat meminimalisasi kerusakan perkerasan jalan khususnya yang disebabkan oleh air, karena aspal porous didesain memiliki porositas yang tinggi, sehingga dapat meloloskan air ke dalam lapisan secara vertikal dan horizontal melalui pori-pori sebagai sistem drainase. Aspal porous adalah campuran beraspal dengan persentase agregat kasar yang lebih banyak dan agregat halus yang sedikit, sehingga menghasilkan rongga yang besar agar bisa mengalirkan air (Noris, 2017).

Cangkang kopi merupakan bagian dari buah kopi yang disebut “*Endocarp*”. Kulit buah kopi merupakan serat dari pengolahan buah kopi untuk mendapatkan biji kopi yang selanjutnya



digiling menjadi bubuk kopi. Adapun bahan yang terkandung di dalam cangkang kulit kopi adalah karbon (C), oksigen (O), kalium (K), tembaga (Cu), dan seng (Zn). Dimana kandungan karbon mendominasi, dengan berat massa 49,47% dari persen massa total. Pada penelitian ini digunakan cangkang kopi sebagai filler dalam campuran aspal porus, dengan kadar cangkang kopi 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, dan 2.5%. Dikarenakan dari penelitian sebelumnya yang berjudul “Pemanfaatan Serat Cangkang Kulit Kopi Pada Pembuatan Beton Polimer Dengan Resin Polyester Sebagai Perekat, Heni Meilanda , 2018”. Didapatkan nilai porositas pada beton polimer meningkat dengan adanya penambahan kadar cangkang kopi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kinerja fungsi kekuatan dan rembesan aspal porus dengan penambahan abu cangkang kopi.

## II. METODOLOGI

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian ekperimental karena penelitian ini sengaja melakukan rekayasa terhadap satu atau lebih variabel dengan suatu cara yang dapat mempengaruhi variabel tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung (*participant*) di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian meliputi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data utama yang dikumpulkan secara langsung melalui berbagai macam pengujian yang dilakukan dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Pengujian tersebut meliputi pengujian sifat fisis agregat berupa pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar, pengujian berat isi agregat, pengujian keausan agregat, pengujian kelekatan aspal terhadap agregat dan pengujian sifat fisis aspal yang meliputi pengujian berat jenis aspal, pengujian penetrasi aspal, pengujian titik lembek aspal.

Data sekunder adalah data pendukung yang diperlukan dalam penelitian seperti pemeriksaan angka koreksi benda uji, alat, dan sebagainya. Sampel yang diuji dalam penelitian ini berjumlah 30 Sampel yang merupakan keseluruhan dalam variasi yang akan diuji pada parameter marshall dan parameter permeabilitas dengan 15 sampel benda uji untuk mencari kadar aspal optimum dan 15 benda uji dengan variasi penambahan abu cangkang kopi. ketentuannya sebagai berikut:

Tabel 1. Rancangan benda uji variasi kadar aspal tengah

No	Kadar Aspal	Jumlah Tumbukan	Jumlah Benda Uji
1	(Pb + 1)	2 x 50	3
2	(Pb + 0,5)	2 x 50	3
3	Pb	2 x 50	3
4	(Pb - 0,5)	2 x 50	3
5	(Pb - 1)	2 x 50	3
<b>Jumlah Total Benda Uji</b>			<b>15</b>

Setelah didapat kadar aspal optimum, maka selanjutnya dibuat benda uji dengan variasi penambahan abu cangkang kopi

Tabel 2. Rancangan benda uji variasi kadar abu cangkang kopi

No	Kadar Abu Cangkang kopi	Jumlah Tumbukan	Jumlah Benda Uji
1	1 %	2 x 50	3
2	1,5 %	2 x 50	3
3	2 %	2 x 50	3
4	2,5 %	2 x 50	3
5	3 %	2 x 50	3
<b>Jumlah Total Benda Uji</b>			<b>15</b>

Pengolahan data pada penelitian dengan cara membuat tabel dan grafik dengan Microsoft Exel 2010. Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu data stabilitas, flow, VIM, MQ, dan data permeabilitas. Pengolahan data dilakukan untuk memperoleh data ringkasan dengan menggunakan cara atau rumus-rumus tertentu. Pengolahan data bertujuan mengubah data mentah dari hasil pengukuran menjadi data yang lebih halus sehingga memberikan arah untuk pengkajian lebih lanjut.

Analisa data yang digunakan untuk menunjukkan hubungan antara parameter marshall dan permeabilitas aspal porous digunakan analisa korelasi sederhana. Analisa data yang digunakan dalam proses pengintersprestasian hasil pengolahan data adalah jenis analisis inferensial yaitu analisis yang menekankan hubungan antar variabel dengan menyimpulkan hasil penelitian. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan aplikasi Microsoft Exel 2010 dan SPSS V.21 dengan data berbentuk tabel dan grafik. Pengujian dilakukan dalam analisis kolerasi sederhana. Kolerasi sedethana adalah uji untuk mengetahui keeratan hubungan antara dua variable dan untuk mengetahui arah hubungan yang terjadi dengan alat analisis *correlate* dan *t-test*.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada benda uji dengan campuran agregat halus dan batu pecah ,nilai CA yang digunakan sebesar 84,6%, nilai FA 10,7%, serta filler debu batu sebanyak 4,7%, maka didapat kadar aspal ideal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Pb &= 0,035 (\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%Filler)+K \\ &= 0,035 (84,6\%)+ 0,045 (10,7\%) + 0,18 (4,7\%) + 1 \\ &= 4,2 \% \end{aligned}$$

Hasil pengujian Marshall pada benda uji aspal porous dengan variasi kadar aspal (3,2%-5,2%), dengan tumbukan 2 x 50, diperoleh nilai parameter Marshall seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Marshall dalam Bentuk Variasi Kadar Aspal

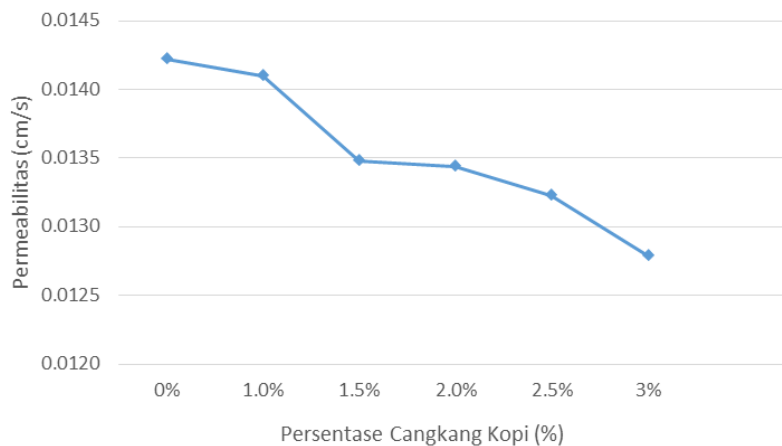
No	Parameter Marshall	Variasi Kadar Aspal (3,2 – 5,2)					Spesifikasi AAPA 2004
		3,2%	3,7%	4,2%	4,7%	5,2%	
1	Stabilitas (Kg)	1085	1080	1167	1051	1030	Min.500
2	Flow (mm)	2,3	2,46	3,7	3,3	3,0	2 – 4
3	VIM(%)	21	20,9	20,5	19,9	18,3	18 – 25
4	MQ (kh/mm)	476,4	448,3	400	319,9	347,8	Maks. 400

Berdasarkan parameter *Marshall* pada Tabel 1, kemudian dievaluasikan sehingga didapatkan kadar aspal optimum dengan sistem *Range overlapping* dan didapati hasil yaitu sebesar 4,2 %. Dari hasil pengujian *marshall* yang dilakukan pada kadar aspal optimum dengan variasi penambahan abu cangkang kopi maka diperoleh hasil seperti diperlihatkan dalam bentuk Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4 Hasil Pengujian Marshall dalam Bentuk Variasi Kadar Abu Cangkang Kopi

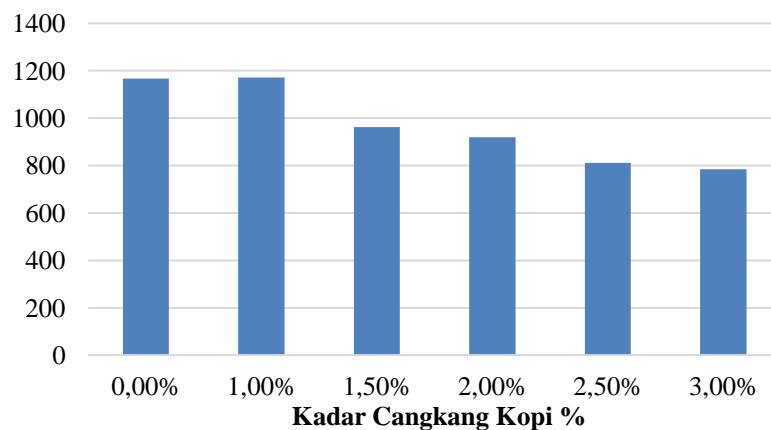
No	Persentase Kadar Cangkang Kopi (%)	Permeabilitas		Parameter Marshall		
		Koefisien (cm/det)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VIM (%)	MQ (Kg/mm)
1	0 %	0.0141	1167	3.7	20.5	400
2	1%	0.0141	1172	3.4	12.3	346.1
3	1.5 %	0.0135	963	3.2	13.1	301.8
4	2%	0.0134	920	3.1	15.3	299.6
5	2.5 %	0.0132	811	3.0	15.4	274.1
6	3%	0.0128	785	3.0	16.1	259.5

Parameter berdasarkan persentase abu cangkang kopi dengan KAO yang ditampilkan dalam bentuk Gambar 5 sampai 9 berikut:



Gambar 5 Grafik Hubungan Permeabilitas dengan Persentase abu Cangkang Kopi

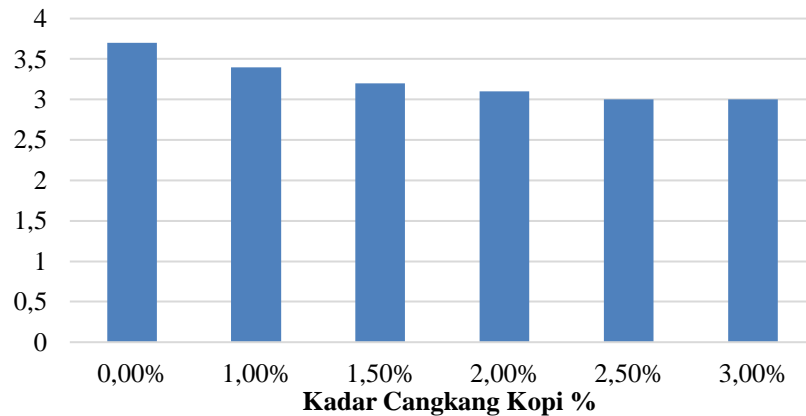
Grafik hubungan Permeabilitas dengan Persentase Kadar Cangkang Kopi menunjukkan campuran aspal porus dengan kandungan Cangkang Kopi sebanyak 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3% tidak memenuhi syarat spesifikasi permeabilitas 0,1-0,5 cm/s. Kadar Cangkang Kopi 1% nilai permeabilitas sebesar 0,0141 cm/s, kadar Cangkang Kopi 1,5% nilai permeabilitas sebesar 0,0135 cm/s, kadar Cangkang Kopi 2% nilai permeabilitas sebesar 0,0134 cm/s, kadar Cangkang Kopi 2,5% nilai / permeabilitas sebesar 0,0132 cm/s, dan kadar Cangkang Kopi 3% nilai permeabilitas sebesar 0,0128 cm s.



Gambar 6 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Persentase abu Cangkang Kopi

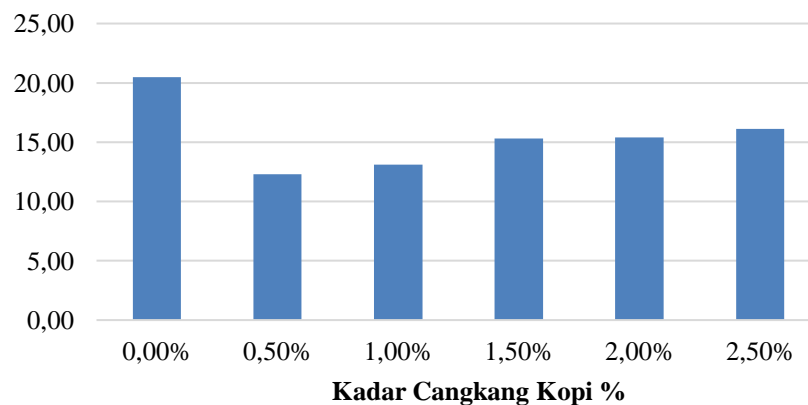
Grafik hubungan stabilitas dengan persentase kadar Cangkang Kopi menunjukkan bahwa kandungan Cangkang Kopi 1% hingga 3% yang terdapat pada campuran mengalami penurunan nilai stabilitas. Kadar Cangkang Kopi 1% nilai stabilitas sebesar 1172 kg, kadar Cangkang Kopi 1,5% nilai stabilitas sebesar 963 kg, kadar Cangkang Kopi 2% nilai stabilitas sebesar 920 kg, kadar Cangkang Kopi 2,5% nilai stabilitas sebesar 811 kg, dan kadar Cangkang Kopi 3% nilai stabilitas sebesar 785 kg. Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar cangkang kopi yang terdapat pada campuran mengalami penurunan. Penurunan nilai stabilitas menunjukkan bahwa benda uji yang dihasilkan tidak kuat dalam menerima beban.





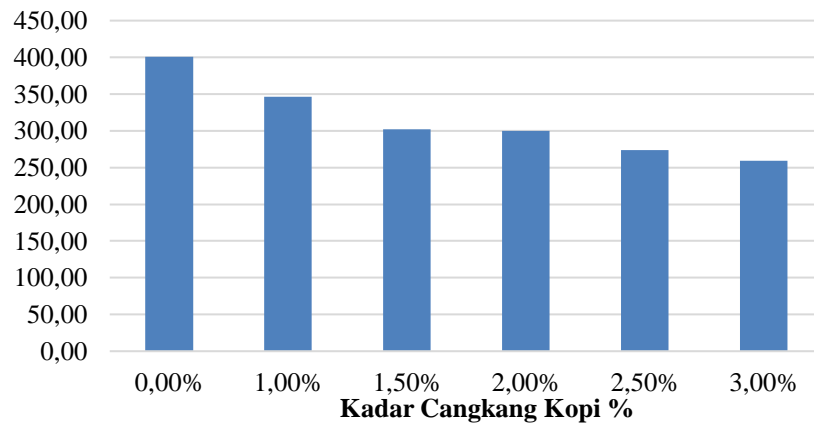
Gambar 7 Grafik Hubungan Flow dengan Persentase abu Cangkang Kopi

Grafik hubungan flow dengan persentase kadar Cangkang Kopi menunjukkan bahwa kandungan Cangkang Kopi 1% hingga 3% yang terdapat pada campuran mengalami penurunan nilai flow. Pada kadar Cangkang Kopi 1% diperoleh hasil 3,4 mm, kadar Cangkang Kopi 1,5% diperoleh hasil 3,2 mm, kadar Cangkang Kopi 2% diperoleh hasil 3,1 mm, kadar Cangkang Kopi 2,5% diperoleh hasil 3,0 mm, kadar Cangkang Kopi 3% diperoleh hasil 3,0 mm. Dari hasil dapat disimpulkan bahwa semakin besar bertambah jumlah penambahan Cangkang Kopi, maka benda uji semakin kaku dan kurang plastis.



Gambar 8 Grafik Hubungan VIM dengan Persentase Abu Cangkang Kopi

Grafik hubungan VIM dengan persentase kadar Cangkang Kopi menunjukkan bahwa nilai VIM meningkat dari persentase kadar cangkang kopi 1% dengan nilai 12,3%, kadar cangkang kopi 1,5% dengan nilai 13,1%, kadar cangkang kopi 2% dengan nilai 15,3%, kadar cangkang kopi 2,5% dengan nilai 15,4%, dan kadar cangkang kopi 3% dengan nilai 16,1%.



Gambar 9 Grafik Hubungan MQ dengan Persentase Abu Cangkang Kopi

Grafik hubungan MQ dengan persentase kadar Cangkang Kopi menunjukkan bahwa nilai MQ pada setiap campuran kadar Cangkang Kopi menurun. Kadar Cangkang Kopi 1% diperoleh hasil 346,1 kg/mm, kadar Cangkang Kopi 1,5% diperoleh hasil 301,8 kg/mm, kadar Cangkang Kopi 2% diperoleh hasil 299,6 kg/mm, kadar Cangkang Kopi 2,5% diperoleh hasil 274,1 kg/mm, kadar Cangkang Kopi 3% diperoleh hasil 259,5 kg/mm. Hasil pengujian Marshall pada benda uji aspal porus dengan penambahan abu cangkang kopi (0,5% - 2,5%) pada KAO, dengan tumbukan 2 x 50, diperoleh nilai parameter Marshall seperti diperlihatkan pada Tabel 2, dan divisualisasikan dengan grafik yang diperlihatkan pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 9, menunjukkan bahwa nilai permeabilitas, stabilitas, flow, VIM dan MQ.

#### IV. SIMPULAN

Kinerja Fungsi Kekuatan Aspal Porous dengan penambahan Cangkang kopi pada hasil pengujian marshall dengan penambahan 1% - 3% cangkang kopi tidak berpengaruh dan menurun dari hasil nilai pengujian KAO, sehingga dalam penambahan ini tidak memenuhi kinerja kekuatan dengan persentase hasil akhirnya dengan didapatkannya nilai stabilitas 1171 kg, nilai flow 3,4 mm, nilai MQ 346,1 kg/m dan VIM 12,3%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 Revisi1 2018. Spesifikasi Umum
- Noris, T. (2017). Analisis Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Substitusi ke dalam Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 01 (01), 65-70. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya
- Ramadhan, N. dan R. Reza (2014). Pengaruh Penambahan Additive Gilsonite HMA Modifier Grade Terhadap Kinerja Aspal Porus. *Jurnal Tugas Akhir*, 1-12, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sukirman, Silvia. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit
- Sukirman, Silvia 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Jakarta: Granit
- Joko Suryono, Karminto, dan Arifan. 2019. "Pengaruh Crumb Rubber dengan Material Lokal serta Filler Batu Laterit Terhadap Nilai Marshall Asphalt Concrete – Binder Course (Ac-Bc)". *Jurnal Teknik Sipil*, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda.
- AAPA. *Australian Asphalt Pavement Association*. 2004. *Open Graded Asphalt Design Guide*, Australian.
- Sulistianti, Sulaiman AR, Khairul Miswar., 2020. *Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi dan Agregat Halus Endapan Abu Vulkanis Burni Telong pada Campuran Laston AC- WC*. Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe