



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **ANALISA ANGGARAN DAN REALISASI BIAYA PADA PROYEK PEMELIHARAAN BERKALA JALAN BATAS ACEH UTARA BANDARA REMBELE**
(Farid, Bakhtiar A, Ismail)
2. **EVALUASI WAKTU DAN BIAYA MENGGUNAKAN METODE EARNED VALUE PADA PENINGKATAN JALAN BINTANG HUBUKET HAGU LHOXSUKON**
(Hanif Reansyah, Iponsyahputra bin Amiruddin, Faisal Rizal)
3. **UJI MARSHALL ASPAL BETON AC-WC HASIL PERENDAMAN DENGAN BERBAGAI WAKTU PERENDAMAN AIR HUJAN**
(M. Al Arrasty Damanja, Miswar, Deni Iqbal)
4. **PENGARUH PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN KAPUR PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI CBR**
(Mohammed Agiel Poetra Fanshury, Faisal Abdullah, Irham)
5. **PENGARUH FINE MODULUS AGREGAT HALUS DAN VOLUME FOAM TERHADAP KUAT LENTUR BETON BUSA**
(Muhammad Arief Machfudz, Syamsul Bahri, Fajri)
6. **SUBSTITUSI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL PENGISI PADA CAMPURAN AC-BC**
(Muhammad Fathahillah, Syarwan, Teuku Riyadhshyah)
7. **EVALUASI ANGGARAN BIAYA BORED PILE DAN METODE PELAKSANAAN PADA PEKERJAAN PROYEK JEMBATAN PANTE GEULIMA-DAYAH HUSEN KABUPATEN PIDIE JAYA**
(Muhammad Ghazi Fahrizal, Munardy, Hanif)
8. **KAJIAN PENAMBAHAN VARIASI UKURAN BUTIR PASIR UNTUK MENINGKATKAN DAYA DUKUNG TANAH EKSPANSIF BERDASARKAN UJI CBR**
(Mulya Muttaqun, Supardin, Cut Yusnar)
9. **KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-BC DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK DAN FLY ASH**
(Permata Sari, Mulizar, Muhammad Reza)
10. **KAJIAN HASIL TAMBALAN LUBANG (PATHOLE) LAPIS PERMUKAAN JALAN ASPAL BETON (STUDI KASUS: SP. CUNDA-BUKETRATA STA 0+000-STA4+600)**
(Zulkarnen, Zairipan Jaya, Abdullah Irwansyah)

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)
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

Dr. 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
1. ANALISA ANGGARAN DAN REALISASI BIAYA PADA PROYEK PEMELIHARAAN BERKALA JALAN BATAS ACEH UTARA BANDARA REMBELE (Farid, Bakhtiar A, Ismail)	1-4
2. EVALUASI WAKTU DAN BIAYA MENGGUNAKAN METODE EARNED VALUE PADA PENINGKATAN JALAN BINTANG HU-BUKET HAGU LHOKSUKON (Hanif Reansyah, Iponsyahputra bin Amiruddin, Faisal Rizal).....	5-9
3. UJI MARSHALL ASPAL BETON AC-WC HASIL PERENDAMAN DENGAN BERBAGAI WAKTU PERENDAMAN AIR HUJAN (M. Al Arrasty Damanja, Miswar, Deni Iqbal).....	10-19
4. PENGARUH PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN KAPUR PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI CBR (Mohammed Agiel Poetra Fanshury, Faisal Abdullah, Irham)	20-26
5. PENGARUH FINE MODULUS AGREGAT HALUS DAN VOLUME FOAM TERHADAP KUAT LENTUR BETON BUSA (Muhammad Arief Machfudz, Syamsul Bahri, Fajri).....	27-34
6. SUBSTITUSI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL PENGISI PADA CAMPURAN AC-BC (Muhammad Fathahillah, Syarwan, Teuku Riyadhsyah)	35-42
7. EVALUASI ANGGARAN BIAYA BORED PILE DAN METODE PELAKSANAAN PADA PEKERJAAN PROYEK JEMBATAN PANTE GEULIMA-DAYAH HUSEN KABUPATEN PIDIE JAYA (Muhammad Ghazi Fahrizal, Munardy, Hanif).....	43-47
8. KAJIAN PENAMBAHAN VARIASI UKURAN BUTIR PASIR UNTUK MENINGKATKAN DAYA DUKUNG TANAH EKSPANSIF BERDASARKAN UJI CBR (Mulya Muttaqun, Supardin, Cut Yusnar).....	48-55
9. KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-BC DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK DAN FLY ASH (Permata Sari, Mulizar, Muhammad Reza)	56-63
10. KAJIAN HASIL TAMBALAN LUBANG (PATHOLE) LAPIS PERMUKAAN JALAN ASPAL BETON (STUDI KASUS: SP. CUNDA-BUKETRATA STA 0+000-STA4+600) (Zulkarnen, Zairipan Jaya, Abdullah Irwansyah)	64-72
Petunjuk Penulisan Artikel Ilmiah	73

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 08 Nomor 01 Edisi Maret 2025 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 08 Nomor 01 Edisi Maret 2024 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

SUBSTITUSI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL PENGISI PADA CAMPURAN AC-BC

Muhammad Fathahillah¹, Syarwan², Teuku Riyadhshyah³

¹⁾ Mahasiswa, Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Program Sarjana Terapan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: fathahillah96@gmail.com

²⁾ Dosen, Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Program Sarjana Terapan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: syarwan@pnl.ac.id

³⁾ Dosen, Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Program Sarjana Terapan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: riyadhshyah.teuku@pnl.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan industri sawit di Indonesia, berdampak pada peningkatan limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar (TBS), yang dapat berupa serabut buah dan cangkang. Oleh karena itu perlu dikaji pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit tersebut terhadap parameter Marshall. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh substitusi abu cangkang kelapa sawit sebagai material pengisi terhadap parameter Marshall pada campuran AC-BC, dengan persentase abu cangkang kelapa sawit 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dilakukan pengujian dengan Metode Marshall yang digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan data. Penelitian ini menunjukkan bahwa campuran aspal yang menggunakan abu cangkang sawit sebagai *filler* memiliki perbedaan signifikan pada beberapa parameter Marshall dibandingkan dengan campuran yang menggunakan abu batu. Campuran dengan abu cangkang kelapa sawit menunjukkan peningkatan stabilitas, *Flow*, *VFB*, *MQ* yang lebih tinggi, sementara nilai *VMA* dan *VIM* sedikit menurun. Hal ini mengindikasikan bahwa abu cangkang sawit dapat meningkatkan kekuatan dan kekompakan campuran.

Kata Kunci: Aspal, *Filler*, Abu Cangkang Sawit, Marshall

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi konstruksi jalan raya di Indonesia dari waktu ke waktu terus meningkat. Peningkatan tersebut khususnya pada lapisan jalan. Semakin bagus perkerasan jalan akan semakin mudah pergerakan kendaraan, lalu lintas akan berjalan lancar. Kestabilan dari konstruksi perkerasan jalan raya ditentukan oleh mutu material, komposisi campuran serta cara pelaksanaan pekerjaan. Material dengan mutu yang baik akan menghasilkan konstruksi perkerasan yang memiliki stabilitas tinggi. Material pengisi aspal juga dapat dimanfaatkan dari limbah, misalnya limbah cangkang kelapa sawit.

Salah satu kendala yang sering dihadapi dalam pembuatan jalan khususnya mendapatkan agregat dan memenuhi persyaratan sehingga perlu bahan alternatif lain sebagai bahan pengganti agregat dan *filler* guna memenuhi kebutuhan tersebut

Pada penelitian ini dilakukan bertujuan untuk meneliti abu cangkang sawit sebagai bahan alternatif *filler* karena ketersediaan material pengisi (*filler*) dari abu batu hasil pemecahan batu (*stone crusher*) kadang tidak cukup dalam penggunaannya, ini karena produksi abu batu sangat terbatas sementara kebutuhan material untuk jalan cukup besar. Pada penelitian ini abu tersebut akan dijadikan *filler* dengan variasi abu cangkang sawit 0%, 25, 50%, 75, 100%.

Tujuan yang akan dicapai dalam proses penulisan Skripsi yaitu Untuk mengetahui perbedaan parameter Marshall antara campuran aspal yang disubstitusikan abu cangkang kelapa sawit dengan campuran aspal menggunakan abu batu (*dust*).

A. Abu Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit yang diperoleh dari pabrik pengolahan kelapa sawit harus diproses melalui beberapa tahapan sehingga menjadi abu cangkang kelapa sawit yang akan digunakan sebagai *filler*. Tahapan-tahapan tersebut yaitu pengeringan/ penjemuran dibawah terik matahari supaya mudah pada saat dibakar, kemudian cangkang kelapa sawit yang sudah kering tersebut dibakar dalam wadah pada ruang terbuka. Setelah itu barulah debu dan arang hasil pembakaran cangkang sawit tersebut ditumbuk kembali sampai dapat digunakan menjadi *filler*.

B. Agregat

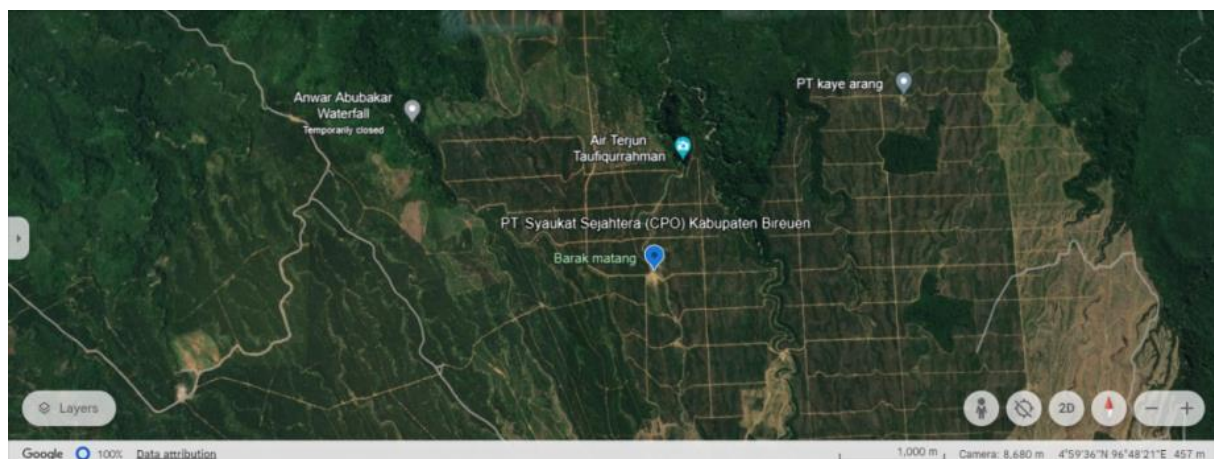
Menurut Sukirman (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau *fragmen-fragmen*. Agregat juga merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan, yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran dengan material lain

C. Filler

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan No. 200. *Filler* atau bahan pengisi ini akan mengisi rongga antar partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel yang lolos saringan No. 200.

II. METODOLOGI

Adapun lokasi pengambilan abu cangkang kelapa sawit kantor kebun Peusangan PT. Syaukat Sejahtera, Hutan, Peusangan Siblah Krueng, Kabupaten Bireuen, Aceh.



Gambar 1 Peta lokasi pengambilan abu cangkang kelapa sawit

A. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Agregat. Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari Lagang Kecamatan. Sawang Kabupaten Aceh Utara.
2. Aspal. Aspal yang digunakan adalah aspal *shell* atau Aspal Penetrasi 60/70.
3. Abu Cangkang Kelapa Sawit. Cangkang kelapa sawit yang diperoleh dari PT. Syaukat Sejahtera (CPO) Kabupaten Bireuen kemudian diproses melalui beberapa tahapan sehingga menjadi *filler*.

B. Data

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Data Primer. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan pengujian pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Pengujian ini meliputi pemeriksaan aspal, pemeriksaan agregat, ekstraksi aspal, substitusi agregat, dan pengujian Marshall.
2. Data Sekunder. Data sekunder merupakan data pendukung yang diperlukan dalam penelitian. Dalam penelitian ini data sekunder yang digunakan berupa map lokasi pengambilan sampel.

C. Rancangan Benda Uji

Agregat dan aspal yang telah memenuhi spesifikasi dilakukan percampuran. Misalnya variasi kadar aspal yang dicampur adalah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap berat total campuran. Tiap variasi kadar aspal dibuat 3 benda uji, sehingga jumlah benda uji adalah 30 buah. Campuran aspal, agregat dan *filler* dipanaskan pada suhu $\pm 1650^{\circ}\text{C}$ dan dimasukkan ke dalam 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. Rancangan benda uji disajikan dibawah ini:

Tabel 1. Rancangan benda uji dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit

No	Kadar Aspal (%)	Jumlah Tumbukan	Jumlah Benda Uji
1	(Pb - 1 %)	2 x 75	3
2	(Pb - 0.5 %)	2 x 75	3
3	(Pb 0 %)	2 x 75	3
4	(Pb + 0.5 %)	2 x 75	3
5	(Pb +1 %)	2x75	3
Jumlah Benda uji			15

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan benda uji KAO dengan penambahan *filler* abu cangkang kelapa sawit sebanyak 0%, 25, 50%, 75% dan 100% dari total *filler* yang digunakan dibuat sebanyak 3 benda uji. Rancangan benda uji dapat dilihat pada tabel 1. berikut.

Table 2. Rancangan benda uji dengan KAO

No	Jumlah Tumbukan	Jumlah Benda Uji				
		0%	25%	50%	75%	100%
1	2 x 75	3	3	3	3	3
Jumlah Benda uji		3	3	3	3	3

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian sifat-sifat fisis material pembentuk campuran AC-BC dan hasil parameter Marshall untuk menentukan KAO tanpa substitusi *filler* menggunakan abu cangkang kelapa sawit dan hasil parameter Marshall menggunakan substitusi *filler* abu cangkang kelapa sawit, dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3. Data hasil pemeriksaan sifat fisis agregat

No.	Sifat Fisis Agregat	Syarat Spesifikasi Umum 2018	Hasil
1.	Berat Jenis Agregat (gr/cm ³)		
	a. Split	≥ 2,50	2,61
	b. Screen	≥ 2,50	2,63
	c. Dust stone	≥ 2,50	2,63
	d. Pasir	≥ 2,50	2,38
2.	Penyerapan Agregat (%)		
	a. Split	< 3% berat	1,77
	b. Screen	< 3% berat	1,23
	c. Dust stone	< 3% berat	2,63
	d. Pasir	< 3% berat	2,44

A. Hasil Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan sifat fisis material diperlihatkan pada tabel 3. menunjukkan bahwa berat jenis agregat split, screen, *dust* dan pasir memenuhi persyaratan yang ditetapkan berdasarkan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018.

B. Hasil Pengujian Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari hasil pengujian Marshall yang dilakukan pada variasi kadar aspal ideal untuk benda uji dengan jumlah tumbukan 2 x 75, maka diperoleh nilai stabilitas, *Flow*, *density*, VIM, VMA, VFB, dan *Marshall Quotient* (MQ). Hasil pengujian percobaan Marshall untuk benda uji dengan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 75 tumbukan diperlihatkan dalam tabel 5. sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil pengujian Marshall dalam bentuk tabel pada variasi kadar aspal

No.	Parameter Marshall	Pb = 5,50 %					Spesifikasi 2018
		4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	
1.	Stabilitas (kg)	2343	1946	1682	1481	1334	>800
2.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,2	2,18	2,19	2,2	2,23	>2
3.	<i>Flow</i> (mm)	3,1	3	3	3,1	3	2-4
4.	VIM (%)	5,9	4,8	3,9	3,1	2,1	3-5
5.	VMA (%)	14,4	14,4	14,7	15,1	15,2	>14
6.	VFB (%)	82,5	80,8	81,3	81,8	82,7	>65
7.	MQ(kN/mm)	734	617,5	534	458,8	1259,45	250

Berdasarkan parameter Marshall pada Tabel 5. menunjukkan bahwa campuran laston pada kadar aspal optimum yang dihasilkan yaitu sebesar 5,5%. Perlakuan yang didapatkan untuk benda uji aspal beton pada kadar aspal optimum dengan jumlah tumbukan 2 x 75 tumbukan.

C. Hasil Pengujian Marshall berdasarkan persentase kadar variasi Abu cangkang kelapa sawit

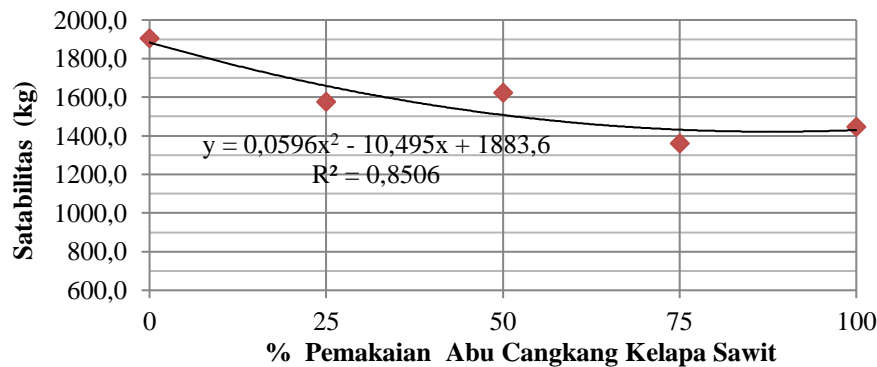
Berikut ini nilai Marshall berdasarkan persentase kadar abu cangkang kelapa sawit yang ditampilkan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 6 Data hasil pengujian Marshall dengan campuran variasi abu cangkang kelapa sawit

Kadar Variasi Abu C.S. (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kN/mm)	Density (gr/cm ³)
0%	1306	3	15,0	4,9	80,5	584,0	2,35
25%	1576	3,9	14,4	4,6	81,0	408,0	2,35
50%	1623	4,0	14,3	4,6	81,1	408,6	2,35
75%	1360	3,8	14,3	4,6	81,0	355,3	2,35
100%	1446	3,9	17,9	8,6	73,5	374,4	2,26

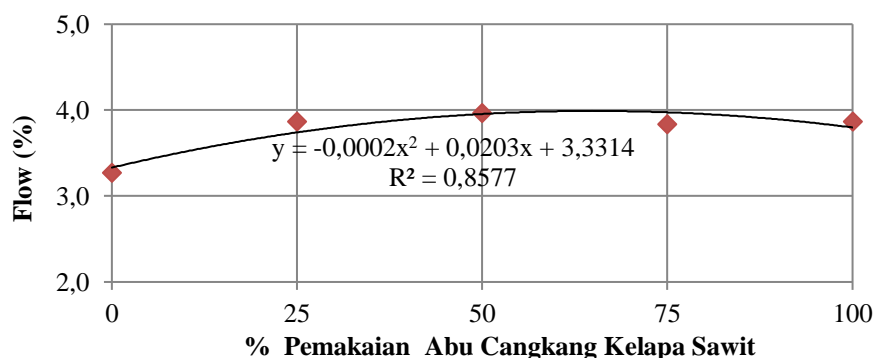
D. Pembahasan Hasil Pengujian Marshall

Pada bagian ini dibahas hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium dan pengolahan data yang pembahasan tentang Parameter Marshall pada benda uji dengan substitusi abu cangkang kelapa sawit sebagai material pengisi pada campuran AC-BC dengan masing-masing variasi persen abu cangkang kelapa sawit tersebut.



Gambar 2. Diagram hubungan Stabilitas dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

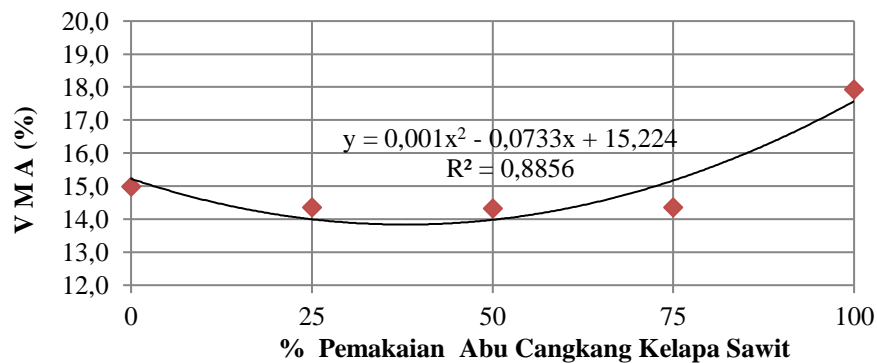
Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kadar abu cangkang kelapa sawit yang terkandung di dalam campuran laston maka nilai stabilitas yang diperoleh semakin menurun. Nilai stabilitas yang rendah umumnya menunjukkan bahwa campuran bersifat lentur. Hal ini terjadi dikarenakan Abu cangkang kelapa sawit dapat memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi, yang dapat menyebabkan peningkatan kelembaban dalam campuran aspal dan menurunkan stabilitasnya.



Gambar 3. Diagram hubungan Flow dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

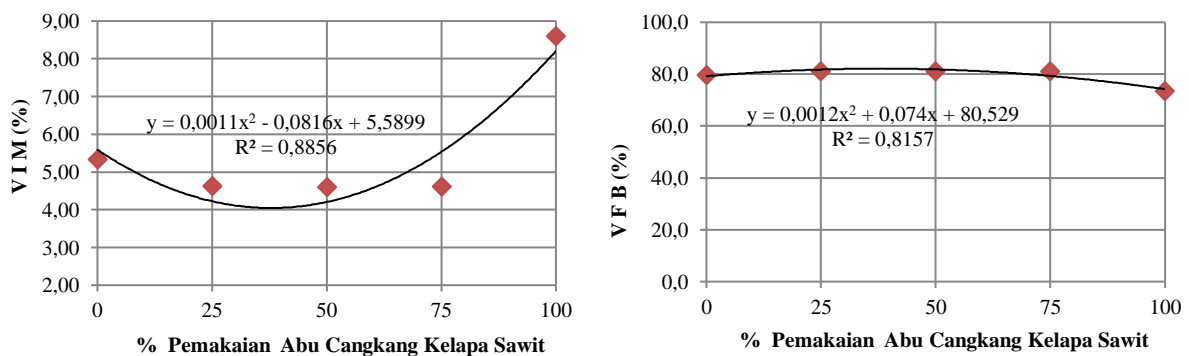
Semakin banyak kandungan abu cangkang kelapa sawit yang terdapat pada campuran semakin meningkat pula Flow yang diperoleh. Dapat dilihat dari data penelitian dimana dari kadar abu cangkang kelapa sawit 25% sampai dengan 50% nilai Flow cenderung meningkat

dari 3,9 menjadi 4,0 mm dan an pada kadar abu cangkang kelapa sawit 75% sampai 100% nilai *Flow* kembali menurun dari 3,8 mm menjadi 3,9 mm. Nilai *Flow* yang rendah umumnya menunjukkan bahwa campuran bersifat tidak plastis.



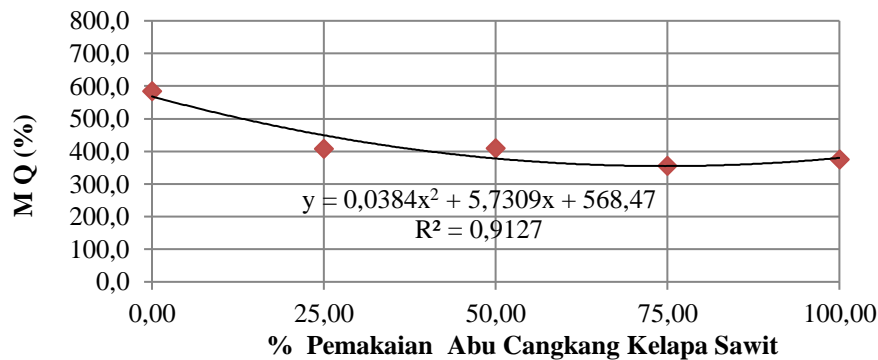
Gambar 4. Diagram hubungan VMA dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

Nilai VMA cenderung menurun dari kadar abu cangkang kelapa sawit 0% sampai dengan 25% dengan nilai VMA 15,0% menjadi 14,4%, kemudian pada kadar abu cangkang kelapa sawit 50% nilai VMA mengalami penurunan dengan nilai VMA 14,4% menjadi 14,3%, pada kadar abu cangkang kelapa sawit 75% nilai VMA dengan nilai VMA 14,3% menjadi 14,3%, dan pada kadar abu cangkang kelapa sawit 100% nilai VMA kembali meningkat dengan nilai VMA 14,3% menjadi 17,9%. VIM rendah menunjukkan bahwa rongga dalam campuran kecil, sehingga tidak tersedia ruang yang cukup yang dapat mengakibatkan aspal naik ke permukaan (*bleeding*). Hal ini terjadi karena distribusi yang tidak merata dari abu cangkang kelapa sawit dalam campuran dapat menyebabkan peningkatan VMA. Partikel yang lebih besar atau agregat kasar bisa mengakibatkan peningkatan ruang kosong dan pemadatan yang tidak cukup atau tidak merata bisa meninggalkan lebih banyak ruang kosong dalam campuran, meningkatkan VMA.



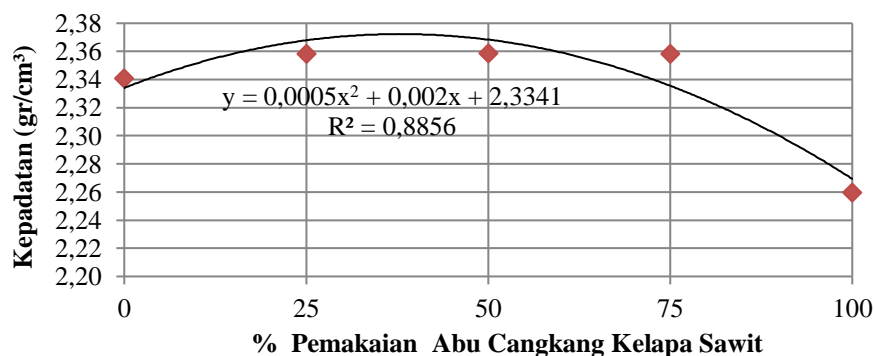
Gambar 5. Diagram hubungan VIM dan VFB dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

VFB keseluruhan dari variasi abu cangkang kelapa sawit masih memenuhi batas yang disyaratkan yaitu ≥ 60 mm. Persentase VFB adalah bagian daripada VMA yang terisi oleh aspal tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian aspal yang mengisi VFB adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir agregat dalam beton aspal padat atau dengan kata lain VFB ini yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi *film* atau selimut aspal.



Gambar 6. Diagram hubungan MQ dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

Data di atas menunjukkan bahwa penurunan terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 25% dengan nilai MQ dari 584,0 kg/mm sampai dengan 408,0 kg/mm, pada variasi abu cangkang kelapa sawit 50% nilai MQ dengan nilai MQ 408,0 kg/mm menjadi 408,0 kg/mm, pada variasi abu cangkang kelapa sawit 75% nilai MQ kembali menurun dengan nilai MQ 408,0 kg/mm menjadi 355,3 kg/mm, dan pada variasi abu cangkang kelapa sawit 100% nilai MQ kembali meningkat dengan nilai MQ 355,3 kg/mm menjadi 374,4 kg/mm. Hal ini terjadi karena Abu cangkang kelapa sawit mungkin memiliki kemampuan penyerapan aspal yang tinggi, yang dapat mengurangi jumlah aspal yang tersedia untuk memberikan ikatan yang kuat, menurunkan stabilitas, ukuran partikel abu yang tidak seragam dapat mengganggu distribusi dan ikatan antara partikel agregat dan aspal.



Gambar 7. Diagram hubungan Density dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

Dari data grafik diatas pada kadar abu cangkang kelapa sawit 0% diperoleh *density* 2,34 gr/cm³, kadar abu cangkang kelapa sawit 25% diperoleh hasil 2,36 gr/cm³, kadar abu cangkang kelapa sawit 50% diperoleh hasil 2,36 gr/cm³, kadar abu cangkang kelapa sawit 75% diperoleh hasil 2,36 gr/cm³, dan kadar abu cangkang kelapa sawit 100% diperoleh hasil 2,26 gr/cm³.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini mengkaji penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* terhadap parameter Marshall menunjukkan bahwa penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* memiliki dampak signifikan terhadap parameter Marshall 100% yang meliputi nilai Stabilitas 1446 kg, *Flow* 3.9%, *VMA* 17,9%, *VIM* 8,6%, *VFB* 73,5%, *MQ* 374,4%, dan *Density* 2.26%. Setelah dilakukan pengujian pada variasi 100% nilai *VIM* tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2018. Nilai optimum pada Substitusi Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Material Pengisi

Pada Campuran AC-BC, pada variasi substitusi abu cangkang kelapa sawit 25% dan 75%, karena pada variasi tersebut masih memenuhi persyaratan Bina Marga 2018

DAFTAR PUSTAKA

- Bukhari, R. A., & Eng, R. A. M. (2007). *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan Jalan Raya. Bidang Studi Teknik Transportasi Fakultas Teknik Unsyiah, Banda Aceh.*
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2) Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan. Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2, 1–1036.*
- Hadijah, I., & Kurniawan, S. (2022). Analisis Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course Berdasarkan Pengujian Marshall. *JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil, 3(1)*, 190-199.
- Sentosa, L. (2005). Kinerja Laboratorium Campuran Hot Rolled Asphalt dengan Abu Sawit sebagai Filler. In *Simposium VIII Forum Studi Transportasi Antar-Perguruan Tinggi (FSTPT). Palembang: Universitas Sriwijaya.*
- SNI, (1991). *Metode Campuran Aspal Dengan Alat Marshall, SNI 06-2489-1991, Departemen pekerjaan Umum, Badan Penelitian Dan Pengembangan PU.*
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas, Edisi Kedua. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.*
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas, Institut Teknologi Nasional. Edisi Ketiga, Cetakan Keempat. Bandung.*
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas. kedua. Bandung: Institut Teknologi Nasional.*
- Suparma, L. B., Panggabean, T. W., & Mude, S. (2014). Potensi Penggunaan Limbah Kelapa Sawit sebagai Agregat Pengisi Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Base. *Jurnal Transportasi, 14(2)*.
- Tohir, M., & Findia, F. (2020). Analisis Penambahan Abu Cangkang Sawit Pada Campuran Lapis Aspal Beton (Laston). *Jurnal Riset Pembangunan, 3(1)*, 10-16.

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

PETUNJUK PENULISAN ARTIKEL

1. Artikel merupakan hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil baik dari Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe maupun Perguruan Tinggi lainnya.
2. Artikel diketik menggunakan komputer dalam format *Microsoft Word* pada kertas berukuran A4 dengan jarak baris 1 (satu) dan jenis huruf *Times New Roman* 12 pt. Panjang keseluruhan artikel minimum 5 halaman dan maksimum 10 halaman termasuk Abstrak, Tabel, Gambar dan Daftar Pustaka.
3. Artikel ditulis dengan menggunakan Bahasa Indonesia yang baik dan benar sesuai ejaan yang disempurnakan dengan memperhatikan kaidah-kaidah ilmiah yang telah dibakukan. Apabila menggunakan istilah-istilah asing, hendaknya ditulis dengan menggunakan huruf miring.
4. Artikel ditulis dengan urutan sebagai berikut:
 - a. Judul
 - b. Nama Penulis
 - c. Abstrak
 - d. Kata Kunci
 - e. Pendahuluan
 - f. Metodologi
 - g. Hasil dan Pembahasan
 - h. Simpulan
 - i. Daftar Pustaka
5. Artikel dikirim dalam bentuk *softcopy* ke alamat email: pjj@pnl.ac.id paling lambat 2 (dua) bulan sebelum waktu terbit.
6. Redaksi berhak merubah/memperbaiki tata bahasa dari artikel yang akan dimuat tanpa merubah isinya.
7. Artikel yang dikirim menjadi hak milik Redaksi. Artikel yang layak untuk diterbitkan karena keterbatasan ruang sehingga belum dapat diterbitkan, akan dipertimbangkan untuk penerbitan selanjutnya atau dapat ditarik kembali oleh penulisnya.
8. Artikel yang masuk ke Redaksi akan diperiksa oleh Dewan Editor tentang keabsahannya, kajian substansi dan kualitas dari artikel.
9. Artikel belum pernah dan tidak sedang diusulkan untuk dipublikasikan pada media ilmiah lainnya.

**JUDUL DITULIS DI TENGAH DENGAN HURUF KAPITAL
DAN TEBAL, GUNAKAN JENIS HURUF TIMES NEW ROMAN
UKURAN 14 PT**

Mahasiswa¹, Pembimbing Utama², Pembimbing Pendamping³

(Nama penulis ditulis di tengah tanpa gelar akademik dengan menggunakan jenis huruf tebal
Times New Roman ukuran 12 pt)

¹ Mahasiswa, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan,
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: mahasiswa@pnl.ac.id

² Dosen, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan,
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: pembimbing.utama@pnl.ac.id

³ Dosen, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan,
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: pembimbing.pendamping@pnl.ac.id

ABSTRAK

Abstrak ditulis dengan menggunakan jenis paragraf *justify* (rata penulisan pada bagian kanan dan kiri) dengan indentasi 1,5 cm. Huruf *Times New Roman* ukuran 10 pt, spasi 1 dan tidak lebih dari 350 kata.

Kata kunci: kata kunci pertama, kata kunci kedua, maksimal 5 kata kunci

I. PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan membahas terkait latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan dari perencanaan/penelitian yang dilakukan. Pada bagian ini juga dimasukkan tinjauan pustaka secara ringkas.

II. METODOLOGI

Bagian ini menjelaskan secara rinci tentang metode yang digunakan dalam perencanaan/penelitian yang dilakukan. Gunakan langkah-langkah pengerjaan dengan sistematis sehingga pemahaman terkait metode yang digunakan dapat dipahami dengan lebih mudah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian hendaknya dituliskan secara singkat, padat dan jelas. Hasil lebih baik disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang menarik dan mudah untuk dipahami. Pembahasan terkait hasil hendaknya menguraikan arti pentingnya hasil perencanaan/penelitian yang dilakukan.

A. Format Penulisan

Penulisan pada kertas dengan ukuran A4 yaitu 29,7 cm (11,69 inchi) panjang dan 21,0 cm (8,27 inchi) lebar. Batas margin yang digunakan adalah 2,54 cm (1 inchi) untuk setiap sisi kertas.

Penulisan bagian isi dari artikel menggunakan jenis huruf *Times New Roman* dengan ukuran 12 pt. Paragraf disusun secara teratur dengan jenis paragraf *justify* (rata penulisan pada bagian kanan dan kiri).

B. Jumlah Halaman

Jumlah halaman bagi setiap artikel yang dimasukkan ke Jurnal Sipil Sains Terapan harus memenuhi ketentuan minimal 5 halaman dan maksimal 10 halaman.

C. Penulisan Heading

Heading adalah tingkatan ataupun level dalam penulisan. Fungsinya hampir sama dengan Bab, Sub-Bab dan Sub Sub-Bab. Sebaiknya tidak menggunakan *heading* yang lebih dari 3 (tiga) tingkatan.

1. Heading level 1

Heading untuk level 1 ditulis rata kiri dengan menggunakan penomoran Romawi (contoh: I, II, III, dst.) dengan menggunakan jenis huruf tebal *Times New Roman* ukuran 12 pt. Huruf pertama pada setiap awal kata ditulis dengan menggunakan huruf kapital kecuali bagi kata hubung (contoh: di, ke, dari, pada, daripada, untuk, dengan atau). Khusus untuk Daftar Pustaka tidak diberikan penomoran.

2. Heading level 2

Heading untuk level 2 ditulis rata kiri dengan penomoran menggunakan huruf abjad (contoh: A, B, C, dst.) dengan menggunakan jenis huruf miring *Times New Roman* ukuran 12 pt. Huruf pertama pada setiap awal kata ditulis dengan menggunakan huruf kapital kecuali bagi kata hubung seperti pada bagian III.C.1.

3. Heading level 3

Heading untuk level 3 ditulis rata kiri dengan adanya indentasi 1 cm (0,39 inchi). Penulisan menggunakan angka (contoh: 1, 2, 3, dst.) dengan menggunakan jenis huruf *Times New Roman* ukuran 12 pt. Hanya huruf pertama pada kata pertama saja yang ditulis dengan menggunakan huruf kapital.

D. Tabel dan Gambar

Tabel dan gambar harus terletak di tengah (*centered*). Tabel dan gambar diperbolehkan menggunakan warna yang menarik sehingga lebih mudah untuk dipahami. Khusus untuk gambar yang berupa grafik warna hitam putih, gunakan jenis garis yang berbeda (contoh: garis utuh, garis putus-putus, garis titik-titik, dsb.).

Keterangan untuk gambar terletak di tengah bawah dari gambar tersebut, sedangkan untuk tabel terletak di tengah atas dari tabel tersebut. Penulisan judul tabel dan gambar tersebut menggunakan jenis huruf *Times New Roman* dengan ukuran 10 pt. Penulisan label untuk tabel dan gambar diikuti dengan tanda titik dan hanya huruf pertama pada kata pertama saja yang menggunakan huruf kapital. (contoh: Tabel 1. Keterangan tabel; Gambar 1. Keterangan gambar).

E. Persamaan

Persamaan ditulis dengan menggunakan *Microsoft Equation Editor* atau *MathType add-on*. Jangan *copy paste* persamaan dari file lain yang berbentuk pdf. atau jpg. Penomoran persamaan ditulis rata kanan dengan angka di dalam tanda kurung.

F. Referensi

Setiap dokumen/pustaka yang disitasi pada Jurnal Sipil Sains Terapan ini harus dituliskan di bagian referensi. Jumlah pustaka yang disitasi minimal 5 buah, dengan 80% berupa acuan primer. Acuan primer yang dimaksud adalah artikel jurnal, *book chapter*, paten, paper seminar/prosiding. Adapun yang dimaksud dengan acuan sekunder adalah buku teks dan *handbook*.

IV. SIMPULAN

Simpulan berisi tentang poin-poin utama artikel. Simpulan hendaknya tidak mengulangi yang sudah dituliskan di bagian Abstrak, akan tetapi membahas hasil-hasil yang penting, penerapan maupun pengembangan dari perencanaan/penelitian yang dilakukan. Bagian ini hendaknya juga dapat menunjukkan apakah tujuan dari perencanaan/penelitian dapat tercapai. Kesimpulan ditulis dalam bentuk paragraf uraian, hindari penggunaan *bulleted list*.

DAFTAR PUSTAKA

Nama Penulis, Anggota. (Tahun). *Judul dari Rujukan yang Digunakan*. Jenis Rujukan. Penerbit. Tempat Terbit.

(Ditulis dengan urutan secara alfabetis berdasarkan nama belakang penulis).

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

