



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **KAJIAN PENAMBAHAN FLY ASH DAN SEMEN PADA URUGAN PILIHAN UNTUK LAPISAN BASE PERKERASAN JALAN**
(Ana Fitria, Mulizar, Yuhanis Yunus)
2. **STUDI KINERJA FUNGSI KEKUATAN DAN REMBESAN ASPAL PORUS DENGAN PENAMBAHAN FLY ASH**
(Dara Savira, Zairipan Jaya, Supardin)
3. **ANALISIS PENJADWALAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE CRITICAL PATH METHOD (CPM) (STUDI KASUS: PROYEK PENINGKATAN JALAN JANTHO-BATAS ACEH JAYA)**
(Hidayat Mustafi, Zulfikar Makam, Munardy)
4. **PENGARUH PENAMBAHAN STYROFOAM TERHADAP MATERIAL RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) SEBAGAI CAMPURAN ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)**
(Irsandi Al Ambia, Syarwan, Sulaiman Ar)
5. **PENGGUNAAN BAHAN TAMBAH FLY ASH SEBAGAI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN METODE PEMADATAN MODIFIED TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG**
(Muhammad Rizkyansyah Siregar, Gusrizal, Hanif)
6. **PENGARUH PENGGUNAAN KOMBINASI FLY ASH DAN PALM OIL FLY ASH TERHADAP KARAKTERISTIK DAN MIKROSTRUKTUR PASTA GEOPOLIMER**
(Nurul Hayati, Amir Fauzi, Syamsul Bahri)
7. **TINJAUAN GEOMETRIK JALAN RAYA BENER MERIAH-ACEH UTARA STA 22+550 S.D. STA 22+950**
(Ricke Dharma, Syaifuddin, Fauzi A Gani)
8. **ANALISIS PROSES DAN BIAYA PRODUKSI ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC) PADA AMP PT. ALHAS JAYA GROUP**
(Ridhaul Hidayat, Chairil Anwar, Iponsyah Putra)
9. **ANALISIS KAPASITAS TERMINAL PENUMPANG BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN ISKANDAR MUDA**
(Sinta Fazilla, Andrian Kaifan, Teuku Riyadsyah)
10. **PERHITUNGAN RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN RENCANA ANGGARAN PELAKSANAAN PADA PROYEK JALAN**
(Zachlul Akmal, Bakhtiar, Mirza Fahmi)

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
1. KAJIAN PENAMBAHAN FLY ASH DAN SEMEN PADA URUGAN PILIHAN UNTUK LAPISAN BASE PERKERASAN JALAN (Ana Fitria, Mulizar, Yuhanis Yunus).....	1-7
2. STUDI KINERJA FUNGSI KEKUATAN DAN REMBESAN ASPAL PORUS DENGAN PENAMBAHAN FLY ASH (Dara Savira, Zairipan Jaya, Supardin)	8-16
3. ANALISIS PENJADWALAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE CRITICAL PATH METHOD (CPM) (STUDI KASUS: PROYEK PENINGKATAN JALAN JANTHO-BATAS ACEH JAYA) (Hidayat Mustafi, Zulfikar Makam, Munardy)	17-20
4. PENGARUH PENAMBAHAN STYROFOAM TERHADAP MATERIAL RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) SEBAGAI CAMPURAN ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC) (Irsandi Al Ambia, Syarwan, Sulaiman Ar)	21-28
5. PENGGUNAAN BAHAN TAMBAH FLY ASH SEBAGAI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN METODE PEMADATAN MODIFIED TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG (Muhammad Rizkyansyah Siregar, Gusrizal, Hanif)	29-34
6. PENGARUH PENGGUNAAN KOMBINASI FLY ASH DAN PALM OIL FLY ASH TERHADAP KARAKTERISTIK DAN MIKROSTRUKTUR PASTA GEOPOLIMER (Nurul Hayati, Amir Fauzi, Syamsul Bahri)	35-44
7. TINJAUAN GEOMETRIK JALAN RAYA BENER MERIAH-ACEH UTARA STA 22+550 S.D. STA 22+950 (Ricke Dharma, Syaifuddin, Fauzi A Gani)	45-49
8. ANALISIS PROSES DAN BIAYA PRODUKSI ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC) PADA AMP PT. ALHAS JAYA GROUP (Ridhaul Hidayat, Chairil Anwar, Iponsyah Putra)	50-55
9. ANALISIS KAPASITAS TERMINAL PENUMPANG BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN ISKANDAR MUDA (Sinta Fazilla, Andrian Kaifan, Teuku Riyadsyah)	56-63
10. PERHITUNGAN RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN RENCANA ANGGARAN PELAKSANAAN PADA PROYEK JALAN (Zachlul Akmal, Bakhtiar, Mirza Fahmi).....	64-68
Petunjuk Penulisan Artikel Ilmiah	69

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 05 Nomor 02 Edisi September 2022 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 05 Nomor 02 Edisi September 2022 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

STUDI KINERJA FUNGSI KEKUATAN DAN REMBESAN ASPAL POROUS DENGAN PENAMBAHAN *FLY ASH*

Dara Savira¹, Zairipan Jaya², Supardin³

¹Mahasiswa, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: darasavira2511@gmail.com

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

³Dosen, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: pardin211965@pnl.ac.id

ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang timbul pada perkerasan AC-WC gradasi menerus ialah timbulnya genangan air pada permukaannya, hal ini disebabkan oleh sifat permukaan perkerasan AC-WC bersifat tidak bias menyerap air (*impermeabel*). Genangan air mengakibatkan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan dan menyebabkan kecelakaan. Guna mengatasi genangan air pada badan jalan pada saat hujan ini membutuhkan aspal yang bisa mengalirkan air secara vertikal dan horizontal. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menangani genangan air yang terjadi ialah dengan menggunakan lapisan aspal porous. Namun kelebihan yang dihasilkan aspal porous ternyata memiliki kelemahan yaitu stabilitas rendah, sehingga memerlukan bahan tambah yang mampu meningkatkan stabilitasnya. Aspal modifikasi yang menambahkan bahan organik disebut aspal geopolimer. Bahan organik dalam penelitian ini yaitu *fly Ash* tipe C yang didatangkan dari PLTU Pangkalan Susu. Penelitian ini dilakukannya peningkatan kadar variasi fly ash dari yang telah diteliti sebelumnya untuk mendapatkan kadar fly ash optimum. Peningkatan kadar variasi fly ash ini yaitu 4,5%-6,5%. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kinerja fungsi kekuatan dan fungsi rembesan. Jenis penelitian yang dilakukan pada penelitian ini ialah penelitian eksperimental dengan metode pengambilan data secara langsung. Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat, dengan hasil kadar aspal optimum (KAO) 5,1%. Hasil uji kinerja fungsi rembesan dengan pengujian permeabilitas mendapatkan hasil waktu alir paling cepat yaitu pada variasi 4.5% dengan nilai permeabilitas 0.135 cm/det. Untuk hasil kinerja fungsi kekuatan pada pengujian marshall mendapat hasil optimum yaitu 5,5% fly ash dengan nilai nilai stabilitas 1064 kg, flow 3,6 mm, MQ 297,3 kg/m, dan VIM 18,8%. Seluruh hasil pengujian didapat hasil kinerja fungsi kekuatan dan resambesan memenuhi spesifikasi AAPA dengan persentase permeabilitas 0.1 cm/det–0.5 cm/det, stabilitas min 500 kg, flow 2 mm–6 mm, VIM 18% - 25% dan MQ maks 400 kg/m.

Kata Kunci: Aspal Porous, *Fly Ash*, Permeabilitas, *Marshall Test*.

I. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan yang timbul pada perkerasan AC-WC gradasi menerus ialah timbulnya genangan air pada permukaannya, hal ini disebabkan oleh sifat permukaan perkerasan AC-WC bersifat tidak bias menyerap air (*impermeabel*). Genangan air mengakibatkan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan dan menyebabkan kecelakaan. Guna mengatasi genangan air pada badan jalan pada saat hujan ini membutuhkan aspal yang bisa mengalirkan air secara vertikal dan horizontal. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menangani genangan air yang terjadi ialah dengan menggunakan lapisan aspal porous. Aspal porous ialah aspal gradasi terbuka dengan persentase 85% agregat kasar dan 15% agregat halus yang diyakini dapat meloloskan air melalui porinya. Namun kelebihan yang dihasilkan aspal porous ternyata memiliki kelemahan yaitu stabilitas rendah, sehingga memerlukan bahan tambah yang mampu meningkatkan stabilitasnya. Aspal modifikasi yang menambahkan bahan organik disebut aspal geopolimer. Bahan organik dalam penelitian ini yaitu *fly Ash*. Hasil penelitian Yuanda (2021) Aspal geopori dengan penambahan *Fly Ash*

2%-4% dengan kadar aspal optimum (KAO) 5,1% menghasilkan nilai stabilitas 947 kg, flow 3,27 mm, MQ 294,84 kg/m, akan tetapi terjadi penurunan pada nilai VIM 20,18%, dan hasil pengujian *permeabilitas* benda uji meloloskan air dari permukaan aspal yaitu 0,149 cm/det. Penelitian tersebut belum didapatkannya kadar fly ash optimum sehingga dalam penelitian ini dilakukan peningkatan pada kadar nilai fly ash yaitu 4,5% - 6,5%.

Fly ash dikenal sebagai bahan yang ramah lingkungan karena merupakan produk sampingan dan memiliki energi rendah. *Fly ash* ini merupakan material agregat berbutir halus yang lewat ayakan No.200 (0,0075 mm), dan dapat digunakan sebagai salah satu material pembentuk aspal porous. *Fly ash* juga dapat mengurangi masalah retak, dan *permeabilitas*. *Fly ash* yang digunakan pada penelitian ini didatangkan dari PLTU Pangkalan Susu, Sumatera Utara. PLTU Pangkalan Susu memproduksi batu bara 11.885 Ton/hari. Sisa pembakaran batu bara yang berupa abu terbang (*fly ash*) sekitar 70% dan tergolong kepada *fly ash* tipe C. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kinerja fungsi kekuatan dan rembesan aspal porous dengan penambahan fly ash.

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, angka kalibrasi alat dan sebagainya. Data sekunder dapat diambil dari hasil penelitian sebelumnya yang masih berhubungan dengan penelitian tersebut. Sampel yang diuji dalam penelitian ini berjumlah 15 Sampel yang merupakan keseluruhan dalam variasi yang akan diuji pada parameter marshall dan parameter *permeabilitas* ketentuannya sebagai berikut:

Tabel 1.

No	Kadar Fly Ash	Jumlah Tumbukan	Jumlah benda uji
1	4,5 %	2 x 50	3
2	5 %	2 x 50	3
3	5,5 %	2 x 50	3
4	6 %	2 x 50	3
5	6,5 %	2 x 50	3
Jumlah Total Benda Uji			15

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 84,9%, nilai FA 11,8%, serta filler debu batu sebanyak 3,3%, maka didapat kadar aspal ideal sebagai berikut:

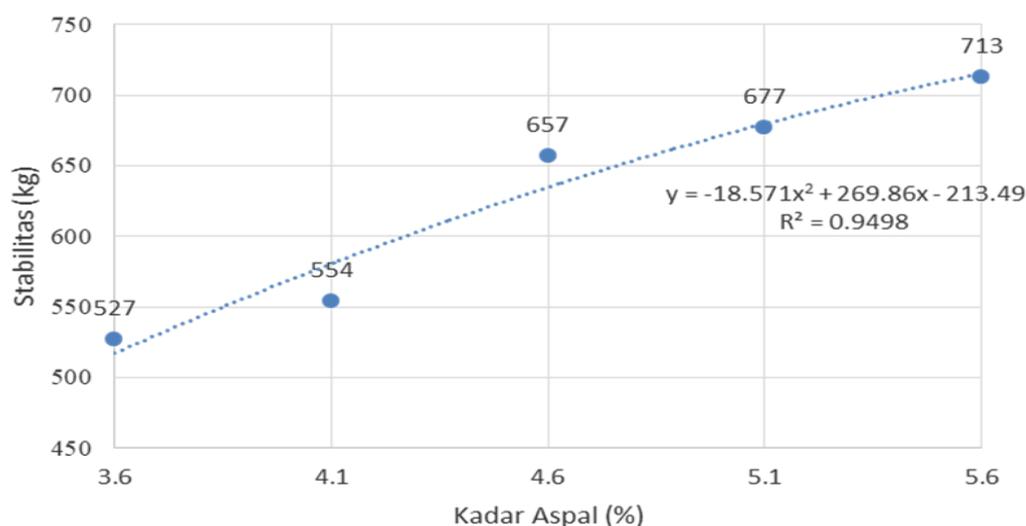
$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%Filler)+K \\ &= 0,035 (84,9\%)+ 0,045 (11,8\%) + 0,18 (3,3\%) + 1 \\ &= 4,6 \% \end{aligned}$$

Hasil pengujian Marshall pada benda uji aspal porous dengan variasi kadar aspal (3,6%-5,6%) menggunakan filler debu batu, dengan tumbukan 2 x 50, diperoleh nilai parameter Marshall seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

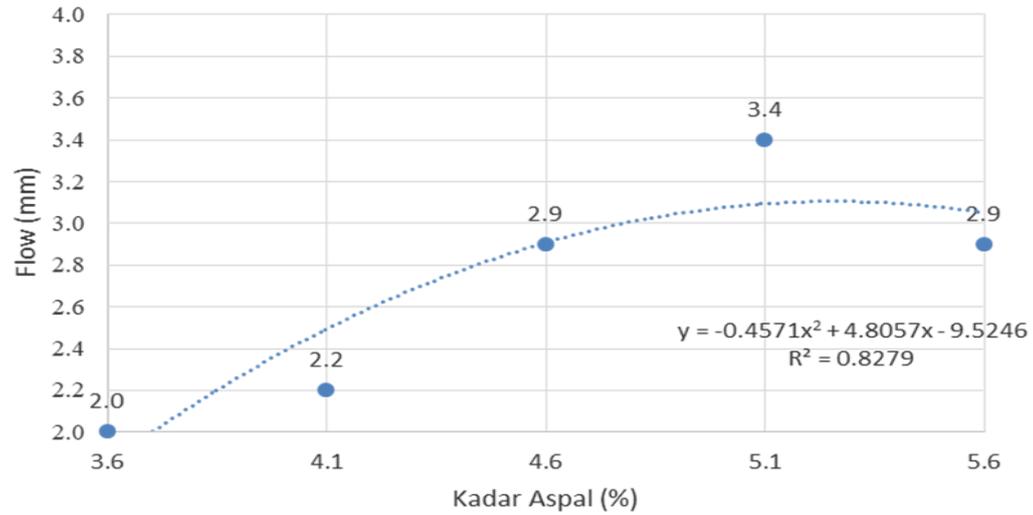
Tabel 2. Nilai Pengujian Parameter Marshall Benda Uji Aspal Porous untuk Mendapatkan KAO

No	Parameter Marshall	Variasi Kadar Aspal (3,6 – 5,6)					Spesifikasi AAPA 2004
		3,6%	4,1%	4,6%	5,1%	5,6%	
1	Stabilitas (Kg)	527	554	657	677	713	Min.500
2	Flow (mm)	2	2,2	2,9	3,4	2,9	2 – 4
3	VIM(%)	23,4	23,0	21,7	21,0	20,7	18 – 25
4	MQ (kg/mm)	274,9	264,8	222,9	203,6	248,3	Maks. 400

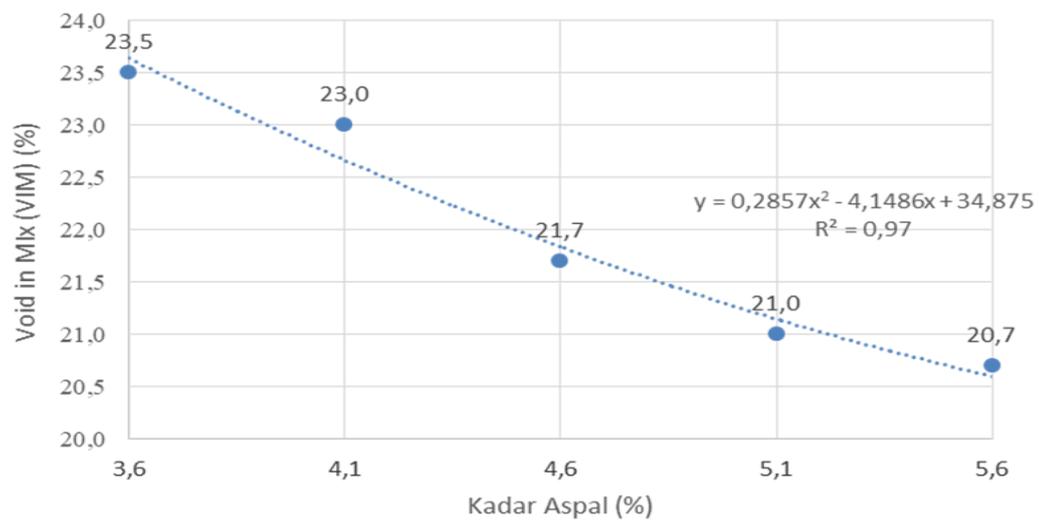
Hubungan kadar aspal dengan parameter marshall seperti diperlihatkan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 4.



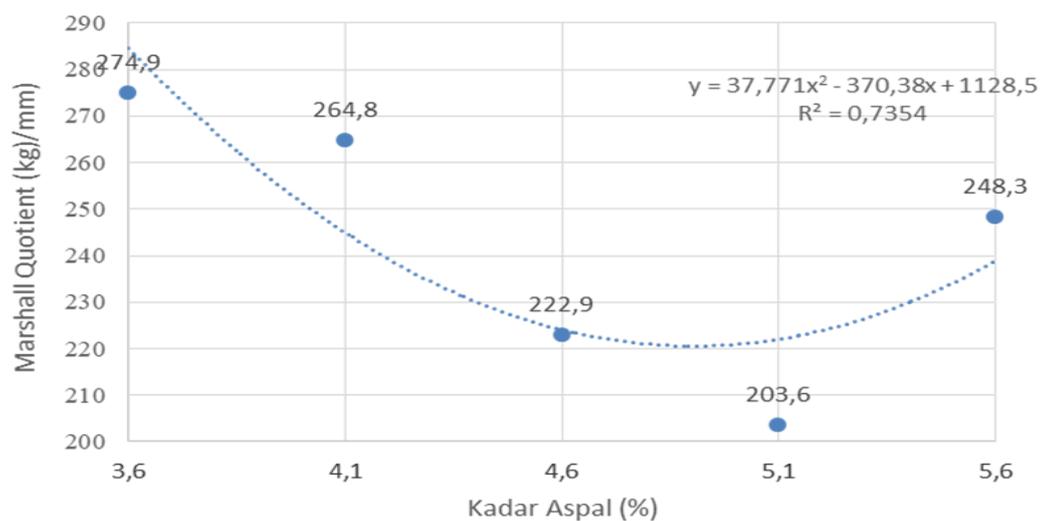
Gambar 1 Grafik Hubungan Nilai Stabilitas dan Kadar Aspal



Gambar 2 Grafik Hubungan Nilai Flow dengan Kadar Aspal



Gambar 3 Grafik Hubungan Nilai VIM dengan Kadar Aspal

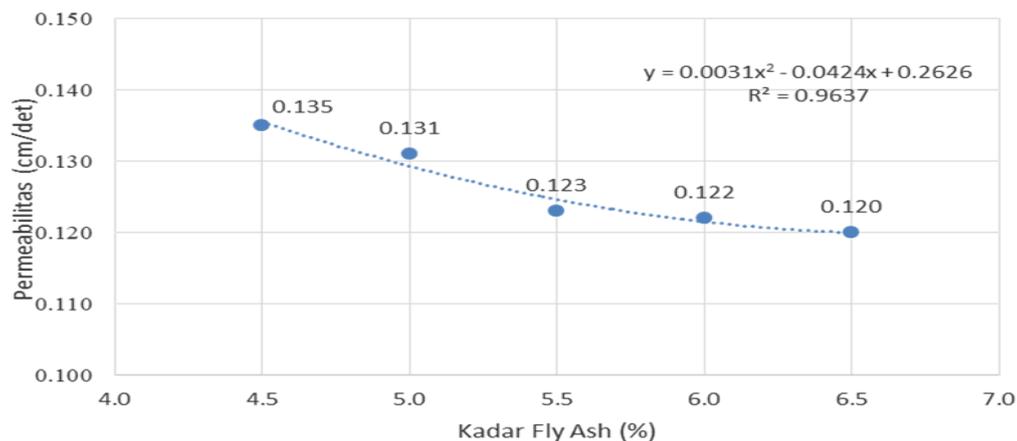


Gambar 4 Grafik Hubungan Marshall Quotient (MQ) dengan Kadar Aspal

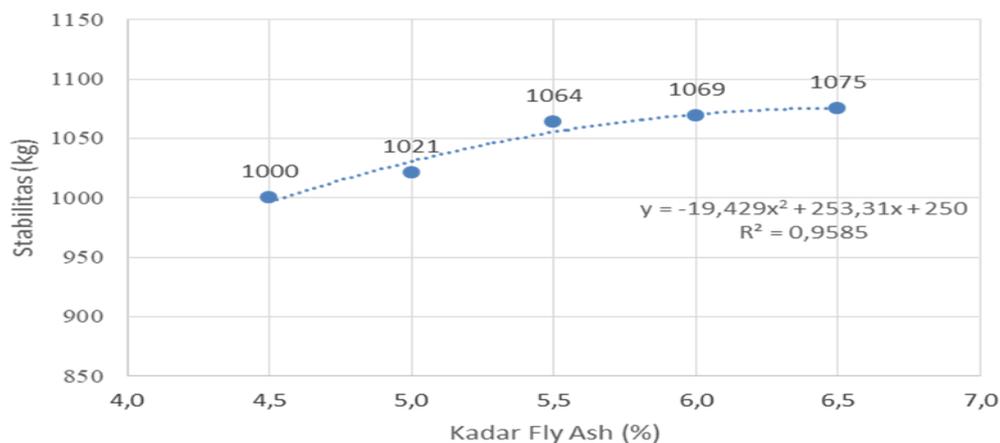
Berdasarkan Parameter Marshall pada Gambar 2 dan Gambar 4 kemudian dievaluasi sehingga didapat kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan titik puncak/titik balik dari sebuah garis lengkung/kurva pada grafik parameter marshall atau salah satu parameter marshall yang menunjukkan batas persentase tertinggi penggunaan aspal dalam campuran tetinggi atau titik perubahan dari garis grafik menjadi turun. Hasil pengujian Marshall yang menunjukkan bahwa campuran laston pada kadar aspal optimum yang dihasilkan yaitu sebesar 5,1%. Berikut ini nilai parameter berdasarkan persentase fly ash dengan KAO yang ditampilkan dalam bentuk Tabel 2 berikut :

No	Persentase Kadar Fly Ash (%)	Parameter Permeabilitas		Parameter Marshall		
		Koefisien Permeabilitas (cm/det)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VIM (%)	MQ (Kg/mm)
1	4,5%	0,135	1000	3,40	19,42	295,36
2	5%	0,131	1021	3,50	19,06	295,89
3	5,5%	0,123	1064	3,60	18,82	297,29
4	6%	0,122	1069	3,27	18,40	327,46
5	6,5%	0,120	1075	3,17	18,30	339,48

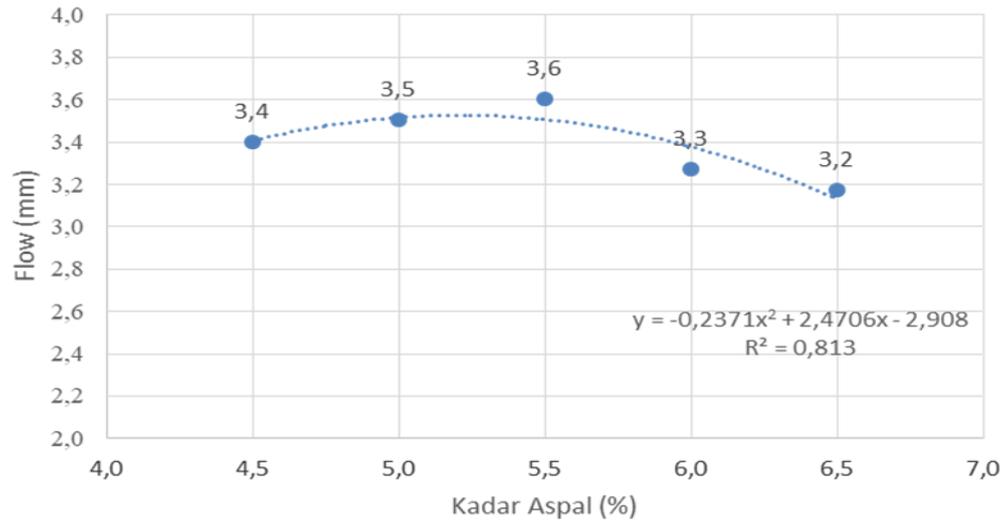
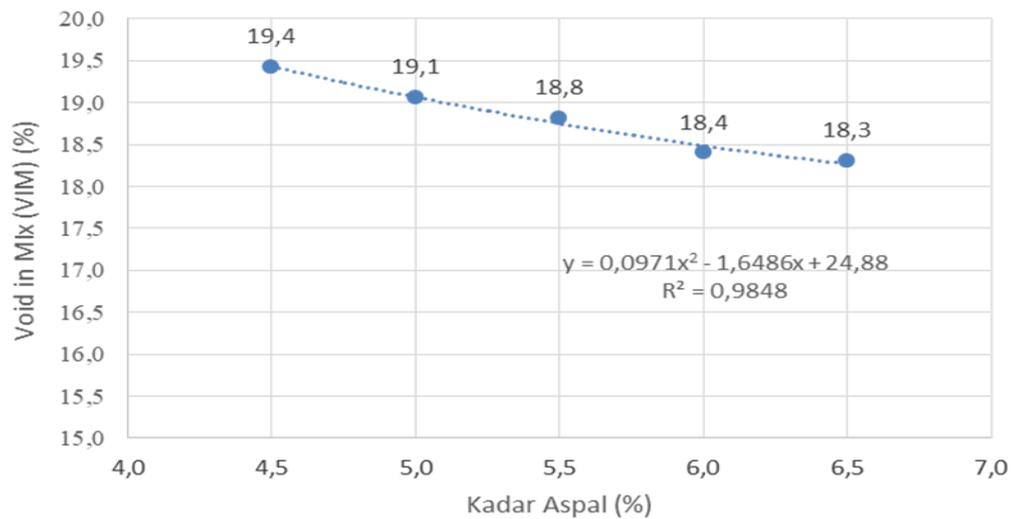
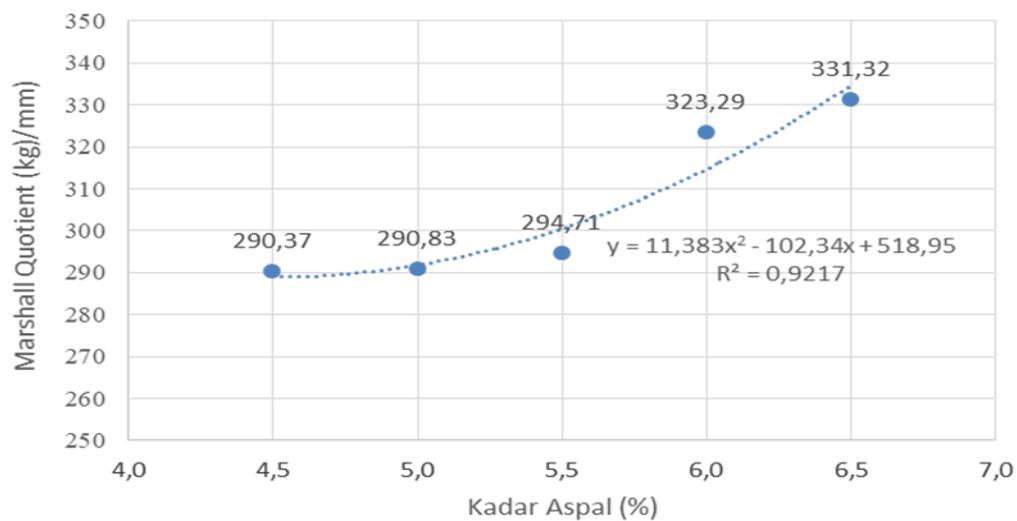
Parameter berdasarkan persentase fly ash dengan KAO yang ditampilkan dalam bentuk Gambar 5 sampai 9 berikut:



Gambar 5 Grafik Hubungan Permeabilitas dengan Persentase Fly Ash



Gambar 6 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Persentase Fly Ash

Gambar 7 Grafik Hubungan Flow dengan Persentase *Fly Ash*Gambar 8 Grafik Hubungan VIM dengan Persentase *Fly Ash*Gambar 9 Grafik Hubungan MQ dengan Persentase *Fly Ash*

Hasil pengujian Marshall pada benda uji aspal porous dengan penambahan fly ash (4,5% - 6,5%) 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. Grafik hubungan Permeabilitas dengan Persentase Kadar *fly ash* Pada Gambar 5 menunjukkan campuran aspal porous dengan kandungan *fly ash* sebanyak 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%, memenuhi syarat spesifikasi permeabilitas 0,1-0,5 cm/s. kadar *fly ash* 4,5% nilai permeabilitas sebesar 0,135 cm/s, kadar *fly ash* 5% nilai permeabilitas sebesar 0,131 cm/s, kadar *fly ash* 5,5% nilai permeabilitas sebesar 0,123 cm/s, kadar *fly ash* 6% nilai permeabilitas sebesar 0,122 cm/s, dan kadar *fly ash* 6,5% nilai permeabilitas sebesar 0,120 cm/s.

Dari hasil analisis korelasi sederhana (r) didapat korelasi antara kadar *fly ash* dengan permeabilitas (r) -0,955. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang sangat kuat antara kadar *fly ash* dengan permeabilitas dengan persentase permeabilitas berada di rentang 0,80 – 1000. Sedangkan arah hubungan adalah negative karena nilai r negative, berarti semakin tinggi kadar *fly ash* semakin menurun presentase permeabilitas. Dari hasil analisis t-test nilai t hitung $< t$ tabel ($0,12 < 2,132$) dan signifikansi ($0,001 < 0,05$), maka H_0 diterima, artinya bahwa ada hubungan secara signifikan antara kadar *fly ash* dengan permeabilitas. Karena t hitung nilainya positif, maka berarti kadar *fly ash* berhubungan positif dan signifikan terhadap permeabilitas. Jadi dalam kasus ini dapat disimpulkan bahwa kadar *fly ash* berhubungan positif terhadap permeabilitas. Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar fly ash yang terkandung di dalam campuran aspal porous maka nilai permeabilitas yang diperoleh rata-rata mengalami penurunan. Fly ash membuat aspal menjadi lebih kental sehingga pori pada benda semakin tertutup oleh film aspal yang semakin tebal. Akan tetapi semua nilai permeabilitas memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada *Australian Asphalt Pavement Association 2004*. Hubungan Stabilitas dengan Persentase Kadar *Fly Ash* pada Gambar 6 menunjukkan campuran porous dengan kandungan *fly ash* sebanyak 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%, memenuhi syarat spesifikasi stabilitas >500 kg. Kadar *fly ash* 4,5% nilai stabilitas sebesar 1000 kg, kadar *fly ash* 5% nilai stabilitas sebesar 1021 kg, kadar *fly ash* 5,5% nilai stabilitas sebesar 1064 kg, kadar *fly ash* 6% nilai stabilitas sebesar 1069 kg, dan kadar *fly ash* 6,5% nilai stabilitas sebesar 1075 kg.

Dari hasil analisis korelasi sederhana (r) didapat korelasi antara kadar *fly ash* dengan stabilitas (r) 0,940. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang sangat kuat antara kadar *fly ash* dengan stabilitas dengan persentase stabilitas berada di rentang 0,80 – 1000. Sedangkan arah hubungan adalah positif karena nilai r positif, berarti semakin tinggi kadar *fly ash* semakin meningkat presentase stabilitas. Dari hasil analisis t-test nilai t hitung $> t$ tabel ($1004,46 > 2,132$) dan signifikansi ($0,001 < 0,05$), maka H_0 ditolak, artinya bahwa ada hubungan secara signifikan antara kadar *fly ash* dengan stabilitas. Karena t hitung nilainya positif, maka berarti kadar *fly ash* berhubungan positif dan signifikan terhadap stabilitas. Jadi dalam kasus ini dapat disimpulkan bahwa kadar *fly ash* berhubungan positif terhadap stabilitas. Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar *fly ash* yang terkandung di dalam campuran aspal porous maka nilai stabilitas yang diperoleh mengalami kenaikan. *Fly ash* memiliki pengaruh yang baik pada nilai stabilitas dikarenakan *fly ash* memiliki sifat pozzolan sehingga meningkatkan nilai stabilitas pada aspal porous. Kenaikan nilai stabilitas menunjukkan bahwa benda uji yang dihasilkan lebih kuat dalam menerima beban.

Berdasarkan gambar 7 hubungan flow dengan persentase kadar *fly ash*, pada kadar *fly ash* 4,5% diperoleh hasil 3,40 mm, kadar *fly ash* 5% diperoleh hasil 3,50 mm, kadar *fly ash* 5,5% diperoleh hasil 3,60 mm, kadar *fly ash* 6% diperoleh hasil 3,27 mm, kadar *fly ash* 6,5% diperoleh hasil 3,17 mm. Data hasil penelitian diatas kadar *fly ash* 4,5% sampai dengan 6,5%

nilai flow mengalami peningkatan dari 3,40 mm menjadi 3,60 mm, dan mengalami penurunan dari 3,60 mm menjadi 3,17 mm.

Dari hasil analisis korelasi sederhana (r) didapat korelasi antara kadar *fly ash* dengan flow (r) -0,600. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang kuat antara kadar *fly ash* dengan flow dengan persentase flow berada di rentang 0,40–0,599. Sedangkan arah hubungan adalah negative karena nilai r negatif, berarti semakin tinggi kadar *fly ash* semakin menurun persentase flow. Dari hasil analisis t-test nilai t hitung $> t$ tabel ($3,20 > 2,132$) dan signifikansi ($0,001 < 0,05$), maka H_0 ditolak, artinya bahwa ada hubungan secara signifikan antara kadar *fly ash* dengan flow. Karena t hitung nilainya positif, maka berarti kadar *fly ash* berhubungan positif dan signifikan terhadap flow. Jadi dalam kasus ini dapat disimpulkan bahwa kadar *fly ash* berhubungan positif terhadap flow. Namun nilai flow yang di dapatkan tidak melebihi syarat maksimum dan memenuhi persyaratan yaitu berkisar antara 2 mm - 6 mm. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar bertambah jumlah penambahan *fly ash*, maka benda uji semakin bersifat plastis.

Data hasil percobaan Marshall yang di tampilkan pada Gambar 8 Grafik hubungan VIM dengan persentase kadar *fly ash*, menunjukkan bahwa nilai VIM menurun dari persentase kadar *fly ash* 4,5% sampai dengan 6,5% dengan nilai VIM dari 19,42%–18,30%. Dari hasil analisis korelasi sederhana (r) didapat korelasi antara kadar *fly ash* dengan VIM (r) -0,989. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang sangat kuat antara kadar *fly ash* dengan VIM dengan persentase VIM berada di rentang 0,80 - 1000. Sedangkan arah hubungan adalah negative karena nilai r negatif, berarti semakin tinggi kadar *fly ash* semakin menurun persentase VIM. Dari hasil analisis t-test nilai t hitung $> t$ tabel ($18,22 > 2,132$) dan signifikansi ($0,001 < 0,05$), maka H_0 ditolak, artinya bahwa ada hubungan secara signifikan antara kadar *fly ash* dengan VIM. Karena t hitung nilainya positif, maka berarti kadar *fly ash* berhubungan positif dan signifikan terhadap VIM. Jadi dalam kasus ini dapat disimpulkan bahwa kadar *fly ash* berhubungan positif terhadap VIM. VIM rendah menunjukkan bahwa rongga dalam campuran kecil yang di akibatkan oleh filler *fly ash* yang menyebabkan kelekatan pada aspal, sehingga terjadi penebalan film aspal yang dapat mengakibatkan berkurangnya pori pada aspal, akan tetapi pada penelitian ini semua nilai VIM memenuhi persyaratan.

Grafik hubungan MQ dengan persentase kadar *fly ash* pada Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai MQ pada setiap campuran kadar *fly ash* meningkat. Kadar *fly ash* 4,5% diperoleh hasil 295,36 kg/mm, kadar *fly ash* 5% diperoleh hasil 295,89 kg/mm, kadar *fly ash* 5,5% diperoleh hasil 297,29 kg/mm, kadar *fly ash* 6% diperoleh hasil 327,46 kg/mm, kadar *fly ash* 6,5% diperoleh hasil 339,48 kg/mm. Nilai MQ pada setiap campuran *fly ash* masuk dalam persyaratan yang telah ditentukan yaitu Maks.400 kg/mm. Dari hasil analisis korelasi sederhana (r) didapat korelasi antara kadar *fly ash* dengan MQ (r) 0,921. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang sangat kuat antara kadar *fly ash* dengan MQ dengan persentase MQ berada di rentang 0,80 - 1000. Sedangkan arah hubungan adalah positif karena nilai r positif, berarti semakin tinggi kadar *fly ash* semakin meningkat persentase MQ. Dari hasil analisis t-test nilai t hitung $> t$ tabel ($281,73 > 2,132$) dan signifikansi ($0,001 < 0,05$), maka H_0 ditolak, artinya bahwa ada hubungan secara signifikan antara kadar *fly ash* dengan MQ. Karena t hitung nilainya positif, maka berarti kadar *fly ash* berhubungan positif dan signifikan terhadap MQ. Jadi dalam kasus ini dapat disimpulkan bahwa kadar *fly ash* berhubungan positif terhadap MQ. Kenaikan nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan flow pada campuran. 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).

IV. SIMPULAN

Kinerja fungsi kekuatan aspal porous dengan penambahan *fly ash* pada hasil uji marshall dengan penambahan *fly ash* 4,5% - 6,5% sangat berpengaruh dan mencapai kadar *fly ash* optimum pada kadar 5,5% *fly ash* dengan menghasilkan nilai stabilitas 1064 kg, flow 3,6 mm, MQ 297,3 kg/m, dan VIM 18,8%. Kinerja fungsi rembasan aspal porous dengan penambahan *fly ash* pada hasil uji Permeabilitas dengan tambahan *fly ash* memiliki waktu pengaliran air yang terus menurun pada campuran *fly ash* 4,5% - 6,5% dari 0.135 cm/det - 0.120 cm/det.

DAFTAR PUSTAKA

- AAPA, Australian Asphalt Pavement Association, 1997. Open Asphalt Design Guide, Australian.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2019. Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 1). Jakarta: Ditjen Bina Marga kementerian PU.
- Jaya, Zairipan. (2021) "Pengaruh Penggunaan Fly Ash Batu Bara Kelas C SEbagai Bahan Pengisi Filler Pada Campuran Aspal Beton Porus ". Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Nabilla, F. S., Saleh, S.M., & Mutiawati, C. (2020). Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Buton Granular Asphalt Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus dan Styrofoam Substitusi Aspal Pen 60/70. *Journal of the Civil Engineering Student*, 2(1), 92-9.
- 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.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta :Granit.
- Sukirman, Silvia. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional
- Yuanda, Gina Putri. (2021) Uji Karakteristik Aspal Geopori dengan Penambahan Fly Ash PLTU Pangkalan Susu. *Skripsi*. Politeknik Negeri Lhokseumawe.

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

