

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU ARANG KAYU PADA
ASPAL PORUS TERHADAP PERKERASAN JALAN**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau*



OLEH :

SITI AMINAH POHAN

NPM. 143110576

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2019

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOMOR : 967 /KPTS/FT-UIR/2018
TENTANG PENGANGKATAN TIM PEMBIMBING PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Membaca** : Surat Ketua Program Studi Teknik Sipil Nomor : 052/TA/TS/T/2018 tentang persetujuan dan usulan pengangkatan Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi.
- Menimbang** : 1. Bahwa untuk menyelesaikan perkuliahan bagi mahasiswa Fakultas Teknik perlu membuat Skripsi.
2. Untuk itu perlu ditunjuk Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi yang diangkat dengan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor : 20 Tahun 2003
2. Peraturan Pemerintah No. 30 Tahun 1990
3. Surat Mendikbud RI :
a. Nomor : 0211/U/1987 d. Nomor : 0387/U/1986
b. Nomor : 0212/U/1982 e. Nomor : 0200/U/1987
c. Nomor : 041/U/1984
4. Surat Keputusan Ditjen Dikti Depdikbud Nomor : 02/Dikti/Kep/1991
5. SK. YLPI Daerah Riau :
a. Nomor : 66/Kep/YLPI/II/1976 tanggal 12 Mei 1976
b. Nomor : 34/Kep-I/YLPI-V/1985 tanggal 12 Mei 1989
6. SK. Rektor Univ. Islam Riau
a. Nomor : 52/UIR/KPTS/1989 tanggal 30 Januari 1989
b. Nomor : 55/UIR/KPTS/1989 tanggal 7 Februari 1989

MEMUTUSKAN

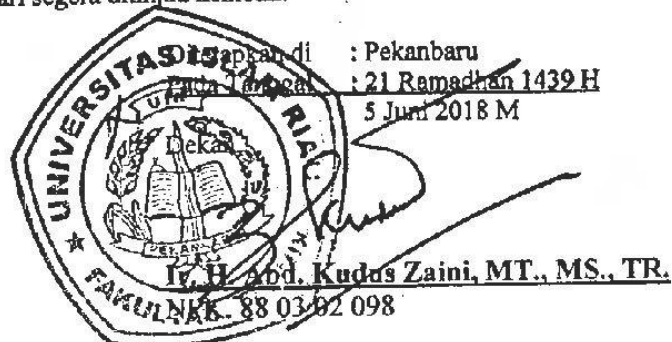
- Menetapkan** : 1. Mengangkat saudara-saudara yang namanya tersebut dibawah ini sebagai Tim Pembimbing Penelitian dan penyusunan Skripsi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil.

No	Nama	Pangkat	Jabatan
1	Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT.	Guru Besar	Pembimbing I
2	Roza Mildawati, ST., MT.	Asisten Ahli	Pembimbing II

2. Mahasiswa yang akan dibimbing :

Nama : Siti Aminah Pohan
NPM : 143110576
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan

3. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.



Tembusan disampaikan :

1. Yth. Bapak Rektor UIR di Pekanbaru.
2. Yth. Sdr. Ka. Biro Keuangan Univ. Islam Riau.
3. Yth. Sdr. Ka. BAA Univ. Islam Riau.
4. Yth. Sdr. Ketua Program Studi Teknik Sipil FT-UIR.
5. Arsip.

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOMOR : 0899/KPTS/FT-UIR/2019
TENTANG PENETAPAN DOSEN PENGUJI SKRIPSI MAHASISWA FAK. TEKNIK UNIV. ISLAM RIAU

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Menimbang** : 1. Bahwa untuk menyelesaikan studi S.1 bagi mahasiswa Fakultas Teknik Univ. Islam Riau dilaksanakan Ujian Skripsi/Komprehensif sebagai tugas akhir. Untuk itu perlu ditetapkan mahasiswa yang telah memenuhi syarat untuk ujian dimaksud serta dosen penguji.
2. Bahwa penetapan mahasiswa yang memenuhi syarat dan dosen penguji yang bersangkutan perlu ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan.

- Mengingat** : 1. Undang-Undang Nomor : 20 tahun 2003 tentang Pendidikan Nasional
2. UU No. 14 Tahun 2005 Tentang Guru Besar
3. UU Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi
4. PP Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi
5. Permenristek Dikti Nomor 44 Tahun 2015 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
6. Permenristek Dikti Nomor 32 Tahun 2016 Tentang Akreditasi Prodi dan Perguruan Tinggi
7. SK. BAN-PT Nomor : 2777/SK/BAN-PT/Ared/S/X/2018
8. Statuta Universitas Islam Riau Nomor : 112/UIR/kpts/2016

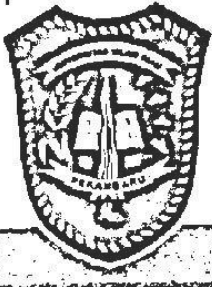
MEMUTUSKAN

- Menetapkan:**
- Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang tersebut namanya dibawah ini:
Nama : Siti Aminah Pohan
NPM : 143110576
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan
 - Penguji Skripsi/Komprehensif mahasiswa tersebut terdiri dari :
 - Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT Sebagai Ketua Merangkap Penguji
 - Roza Mildawati, ST., MT Sebagai Sekr. Merangkap Penguji
 - Sri Hartati Dewi, ST., MT Sebagai Anggota Merangkap Penguji
 - Harmiyati, ST., M.Si Sebagai Anggota Merangkap Penguji
 - Laporan hasil ujian serta berita acara telah sampai kepada Pimpinan Fakultas selambat-lambatnya 1(satu) bulan setelah ujian dilaksanakan.
 - Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.
- KUTIPAN** : Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.



Tembusan disampaikan :

- Yth. Rektor UIR di Pekanbaru.
- Yth. Ketua Program Studi Teknik Sipil FT-UIR.
- Yth. Pembimbing dan Penguji Skripsi.
- Mahasiswa yang bersangkutan.
- Arsip.



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الجامعة الإسلامية الريوية

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution, No. 113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia, 28284
Telp: +62 761 674674 Fax: +62761 674834 Email: teknik@uir.ac.id Website: www.uir.ac.id

Nomor: 2157 /E-UIR/27-T/2018
Lamp. : -
Hal : Mohon Izin Pemakaian
Alat-Alat Laboratorium

29 Syawal 1439 H
13 Juli 2018 M

Kepada : Yth. Kepala Laboratorium
Teknik Sipil Universitas Islam Riau
di -
Pekanbaru

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Dengan Hormat,
Teriring salam dan doa semoga Bapak selalu dalam keadaan sehat wal'afiat dan sukses menjalankan aktifitas sehari-hari, Aamiin ya rabbal alamin.

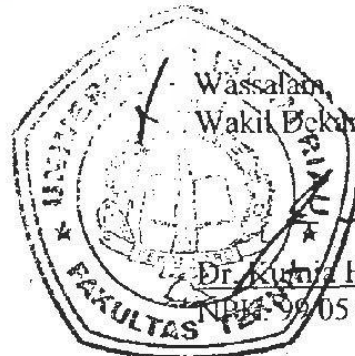
Melalui surat ini kami sampaikan kepada Bapak bahwa untuk memenuhi Kurikulum Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, maka kami mohon bantuan Bapak memberi izin/prioritas kepada mahasiswa yang namanya tercantum dibawah ini untuk melaksanakan Tugas Akhir dengan judul **Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan.**

Adapun mahasiswa kami tersebut sbb. :

No	Nama	NPM	Semester	Program Studi
1	Siti Aminah Pohan	143110576	IX	Teknik Sipil

Maka dengan ini kami mohon bantuan Bapak kiranya dapat memberikan izin Pemakaian Alat-Alat Laboratorium yang diperlukan mahasiswa kami yang berhubungan dengan judul tersebut.

Demikian kami sampaikan atas perhatian dan bantuan Bapak diucapkan terima kasih.



Wassalam,
Wakil Bekam Bidang Akademik

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT.
NPM. 99 05 02 281

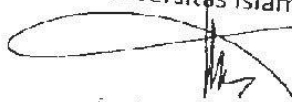
Tembusan :

1. Yth. Ka. Prodi. Teknik Sipil FT UIR.
2. Arsip.

PERATURAN PENGGUNAAN FASILITAS DAN PERALATAN
LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM RIAU

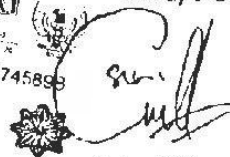
- 1) Masuk laboratorium melalui pintu utama yang telah ditetapkan.
- 2) Permohonan ijin penggunaan fasilitas dan peralatan laboratorium untuk keperluan penelitian Tugas Akhir atau Tesis disampaikan secara tertulis kepada Kepala Laboratorium dengan persetujuan Dosen Pembimbing disertai bukti pembayaran pemakaian laboratorium
 - Penelitian Tugas Akhir mahasiswa/i S1 sebesar Rp 200.000,-
 - Penelitian Tesis mahasiswa/i S2 sebesar Rp 500.000,-
- 3) Permohonan ijin penggunaan peralatan untuk kegiatan praktikum mahasiswa non PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL UIR di gedung laboratorium disampaikan kepada Kepala Laboratorium dengan surat resmi yang ditandatangani pimpinan instansi pemohon. Pelaksanaan praktikum harus dipandu/dibimbing oleh Dosen, Asisten dan Teknisi serta Tenaga Pendukung Laboratorium PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL UIR.
- 4) Berpakaian rapi tidak berkaos dan tidak menggunakan sandal pada saat beraktifitas di hari kerja, kecuali bagi yang melakukan kegiatan atau pekerjaan yang tidak memungkinkan (aktifitas kebersihan, tukang, setup model fisik, dll.).
- 5) Jam kerja resmi mulai pukul 08:00 sampai dengan pukul 16:00.
- 6) Dilarang keras merokok di ruang kerja maupun di dalam gedung laboratorium.
- 7) Bagi pengunjung dari luar lingkungan Program Studi Teknik Sipil FT UIR, melapor ke kepala Labor.
- 8) Menghemat listrik dengan mematikan lampu dan AC saat tidak berada di ruang kerja.
- 9) Menghemat air dengan menggunakan seperlunya, menutup keran toilet dan wastafel dengan rapat.
- 10) Dilarang membawa peralatan dan fasilitas laboratorium keluar dari laboratorium tanpa seijin Kepala Laboratorium.
- 11) Para pengguna terutama mahasiswa (S1 dan S2) diwajibkan ikut menjaga ketertiban, kebersihan, keamanan dan kenyamanan kerja di lingkungan laboratorium.
- 12) Penggunaan atau pengadaan bahan/komponen tambahan yang tidak tersedia di laboratorium (misal: bahan kimia, bahan bangunan model fisik, biaya tukang, komponen alat ukur, dll.) menjadi tanggung jawab Praktikan/Peneliti.
- 13) Setelah penelitian berakhir, komponen peralatan yang disediakan/dibeli/dibuat oleh praktikan/peneliti seyogyanya menjadi inventarisasi laboratorium, kecuali untuk komponen peralatan yang diperoleh dengan cara sewa atau peminjaman dari luar laboratorium.
- 14) Praktikan/Peneliti wajib membongkar dan atau merapikan kembali model penelitiannya melalui persetujuan dengan Kepala Laboratorium
- 15) Kerusakan, kehilangan fasilitas dan peralatan laboratorium yang digunakan selama pelaksanaan penelitian menjadi tanggung jawab peneliti
- 16) Setiap Mahasiswa/i S1 dan S2 yang melakukan penelitian harus menyerahkan 1 copian Tugas Akhir dan Tesisnya ke Laboratorium Teknik Sipil UIR

Mengetahui,
Ka. Laboratorium Teknik Sipil
Universitas Islam Riau


Haldun Yasin

Wassalamu'alaikum Wr Wb
Pekanbaru, 23 Juli 2018





Peneliti: SITI AMINAH POHAN

NPM : 143110576



SURAT KETERANGAN PERSETUJUAN SEMINAR TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan di bawah ini, Pembimbing Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa di bawah ini,

Nama : Siti Aminah Pohan
NPM : 143110576
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil (Strata 1)
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan

Telah memperbaiki dan menyempurnakan Tugas Akhir ini sesuai dengan Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir, dan telah disetujui untuk diseminarkan.

Demikian surat ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, April 2019

Pembimbing I

Pembimbing II


(Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT.)


(Roza Mildawati, ST., MT.)

Catatan :

Tim Penguji :

1. Dr. Eliazar, ST., MT.
2. Harmiyati, ST., M. Si.



BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Seminar Tugas Akhir,

Nama : Siti Aminah Pohan
NPM : 143110576
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil (Strata I)
Judul Tugas Akhir : "Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan"
Hari/Tanggal : Rabu / 08 Mei 2019
Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT.
Pembimbing 2 : Roza Mildawati, ST., MT.
Penguji 1 : Sri Hartati Dewi, ST., MT
Penguji 2 : Harmiyati, ST., M.Si.

Hasil Seminar Tugas Akhir :


1. Perbaiki latar belakang
2. Perbaiki hasil dan kesimpulan pada penelitian sebelumnya
3. Cantumkan sumber pada teori dan daftar pustaka
4. Perhatikan sistematika penulisan
5. Perbaiki Bab IV
6. Perbaiki dan tambahkan pembahasan pada Bab V
7. Koreksi kesimpulan dan saran
8. Koreksi abstrak

Pekanbaru, 09 Juli 2019

Pembimbing I

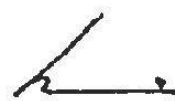
Pembimbing II


(Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT.)


(Roza Mildawati, ST., MT.)

Penguji

Penguji


(Sri Hartati Dewi, ST., MT.)


(Harmiyati, ST., M.Si.)



SURAT KETERANGAN PERSETUJUAN KOMPREHENSIF TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan di bawah ini, Pembimbing Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa di bawah ini,


Nama : Siti Aminah Pohan
NPM : 143110576
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil (Strata I)
Judul Tugas Akhir : “Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan”

Telah memperbaiki dan menyempurnakan Tugas Akhir ini sesuai dengan Berita Acara Seminar Tugas Akhir. Selanjutnya telah disetujui untuk mengikuti Ujian Komprehensif pada Program Studi Teknik Sipil.

Demikian surat keterangan persetujuan Ujian Komprehensif ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 10 Juli 2019

Pembimbing I


(Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT.)

Pembimbing II


(Roza Mildawati, ST., MT.)



UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Jalan Kaharuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan
Telp. (0761) 674635, 674636, 72126 Pekanbaru - 28284

BERITA ACARA KOMPREHENSIF TUGAS AKHIR

Telah Dilaksanakan Ujian Komprehensif Tugas Akhir :

Nama : Siti Aminah Pohan
NPM : 143110576
Fakultas : Teknik
Jurusan : Sipil (Starata 1)
Judul Tugas Akhir : "Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan".
Hari/Tanggal : Senin/ 22 Juli 2019
Waktu : 09.00 – 11.00 WIB
Ketua : Prof.Dr.Ir.H.Sugeng Wiyono,MMT
Sekretaris : Roza Mildawati, ST.,MT
Penguji : Sri Hartati Dewi, ST.,MT
Penguji : Harmiyati, ST., M.Si

Telah melaksanakan ujian Komprehensif Tugas Akhir, demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Pekanbaru, 22 Juli 2019

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof.Dr.Ir.H.Sugeng Wiyono,MMT

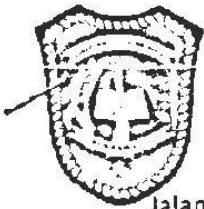
Roza Mildawati, ST.,MT

Penguji

Penguji

Sri Hartati Dewi, ST.,MT

Harmiyati, ST., M.Si



YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SIPIL

Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoyan Pekanbaru Riau Indonesia – Kode Pos: 28284
 Telp. +62 761 674674 Website: www.eng.uir.ac.id Email: fakultas_teknik@uir.ac.id

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru, tanggal 19 Juli 2019, Nomor: 0899/KPTS/FT-UIR/2019, maka pada hari Senin, tanggal 22 Juli 2019, telah dilaksanakan Ujian Skripsi Program Studi Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jenjang Studi S1, Tahun Akademik 2019/2020 berikut ini.

1. Nama : Siti Aminah Pohan
2. NPM : 143110576
3. Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan
4. Waktu Ujian : 09.00 - 11.00 WIB
5. Tempat Pelaksanaan Ujian : Ruang Sidang Fakultas Teknik UIR

Dengan keputusan Hasil Ujian Skripsi:

Lulus*/~~Lulus dengan Perbaikan*~~/~~Tidak Lulus*~~

* Coret yang tidak perlu.

Nilai Ujian:

Nilai Ujian Angka = 75,94 Nilai Huruf = A

Tim Penguji Skripsi.

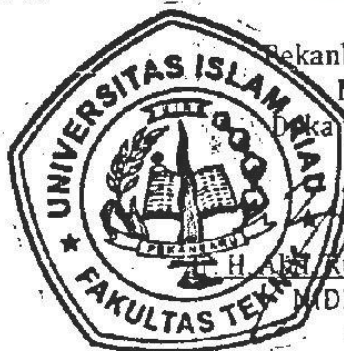
No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT	Ketua	1.
2	Roza Mildawati, ST., MT	Sekretaris	2.
3	Sri Hartati Dewi, ST., MT	Anggota	3.
4	Harmiyati, ST., M.Si	Anggota	4.

Ketua,

Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT
 NIDN. 8076401

Panitia Ujian
 Sekretaris,

Roza Mildawati, ST., MT
 NIDN. 1008198201



Pekanbaru, 22 Juli 2019
 Mengetahui,
 Dekan Fakultas Teknik

H. Agus Kudus Zaini, MT., MS., TR
 NIDN. 1011076202



UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 Perhentian Marpoyan
Telp. (0761) 674717 Pekanbaru - 28284

SURAT KETERANGAN PERSETUJUAN JILID TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, pembimbing dan penguji tugas akhir menerangkan bahwa mahasiswa dibawah ini :

Nama : Siti Aminah Pohan
NPM : 143110576
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil (Strata 1)
Judul Tugas Akhir : "Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan".

Telah memperbaiki dan menyempurnakan tugas akhir ini sesuai dengan berita acara Ujian Tugas Akhir, dan telah disetujui untuk dijilid.

Demikian surat ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 25 Juli 2018

Pembimbing I

Pembimbing II

(Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT)

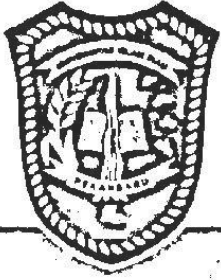
(Roza Mildawati, ST., MT)

Penguji

Penguji

(Sri Hartati Dewi, ST., MT)

(Harmiyati, ST, M.Si)



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الْجَامِعَةُ الْإِسْلَامِيَّةُ الرَّيَوِيَّةُ

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution No. 113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia 28284
Telp: +62 761 674674 Fax: +62761 674834 Email: teknik@uir.ac.id Website: www.uir.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIARISME

Nomor: 041 /A-UIR/5-T/2019

Fakultas Teknik Universitas Islam Riau menerangkan bahwa Mahasiswa/i dengan identitas berikut:

NAMA	SITI AMINAH POHAN
NPM	143110576
PROGRAM STUDI	TEKNIK SIPIL

Judul Skripsi:

PENGARUH PENAMBAHAN ABU ARANG KAYU PADA ASPAL PORUS TERHADAP PERKERASAN JALAN.

Dinyatakan **Bebas Plagiat** karena hasil Turnitin menunjukkan angka *Similarity Index* < 30% pada setiap subbab naskah skripsi yang disusun. Demikian surat keterangan ini di buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 27 Juli 2019 M
24 Zulqaidah 1440 H

Wakil Dekan,
Bidang Akademik FT-UIR



Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT
09 05 02 281

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademi (Strata Satu), di Universitas Islam Riau.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 04 April 2019

Yang Bersangkutan Pernyataan



METERAI
TEMPEL
E7AFF92831518
6000
PEKANBARU
Siti Aminah Pohan
NPM. 143110576

PENGARUH PENAMBAHAN ABU ARANG KAYU PADA ASPAL PORUS TERHADAP PERKERASAN JALAN

SITI AMINAH POHAN

NPM : 143110576

Abstrak

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dalam menunjang berbagai kegiatan sosial dan perekonomian. Tujuan pembangunan jalan raya diantaranya adalah menyelenggarakan terwujudnya lalu lintas yang aman, cepat, dan nyaman. Oleh karena itu, prasarana jalan memerlukan perhatian khusus terhadap segi keamanan dan kenyamanan dari jalan tersebut. Genangan air hujan diatas perkerasan jalan yang sering terjadi pada musim penghujan mengakibatkan gangguan kenyamanan pengendara. Sehingga, peneliti melakukan penelitian penambahan abu kayu pada aspal porus terhadap perkerasan jalan. Aspal porus adalah campuran aspal dengan kadar pasir yang rendah untuk mendapatkan rongga udara yang tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kadar aspal optimum pada campuran aspal porus dan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu kayu pada aspal porus sebesar 50% dan 100% terhadap *filler* dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 terhadap karakteristik *marshall* dan *permeabilitas* sesuai dengan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997 dan AAPA 2004.

Penelitian dilakukan berdasarkan jurnal dan spesifikasi yang digunakan pada aspal porus. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau dengan variasi kadar aspal 4,0% ; 4,5% ; 5,0% ; 5,5%, dan 6,0% serta kadar abu kayu 0%, 50% dan 100% terhadap *filler*. Analisis kinerja fungsi kekuatan campuran aspal porus dilakukan dengan *Marshall Test* dan untuk analisis model resapan campuran aspal porus (*permeabilitas*) dilakukan dengan metode *Falling Head Permeability* (FHP).

Berdasarkan hasil penelitian didapat persentase pemakaian agregat kasar sebesar 13,47%, agregat sedang 82,20%, agregat halus 2,19%, pasir 2,14% dan variasi kadar aspal dengan persentase 4,0% ; 4,5% ; 5,0% ; 5,5%, dan 6,0%. Sehingga nilai kadar aspal optimum yang diperoleh pada campuran aspal porus sebesar 5,5%. Penambahan abu kayu pada aspal porus memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997 terhadap karakteristik *marshall* dan AAPA 2004 terhadap *permeabilitas*. Penambahan abu kayu 0%, 50%, dan 100% berpengaruh pada campuran aspal porus. Semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai VFA, stabilitas dan *flow* semakin tinggi. Namun pada nilai VMA, VIM, MQ, dan *permeabilitas* semakin rendah. Penambahan abu kayu pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas semakin tinggi akan meningkatkan penguncian antar butir partikel pada perkerasan jalan, sehingga lapis permukaan akan lebih tahan terhadap perubahan (deformasi) seperti *bleeding* dan gelombang. Sedangkan pada *permeabilitas*, nilai *permeabilitas* semakin rendah artinya penambahan abu kayu pada campuran aspal porus ini tidak terlalu berpengaruh secara signifikan karena semakin kecil rongga udara dalam campuran. Penambahan abu kayu pada campuran aspal porus meningkatkan nilai stabilitas yang dapat meningkatkan kemampuan konstruksi jalan dalam menerima beban, namun lapis perkerasan tidak bersifat *permeable* dan air yang mengalir dipermukaan lebih lambat.

Kata Kunci : *Aspal Porus, Karakteristik, Marshall, Permeabilitas*

THE EFFECT OF ADDING WOOD CHARCOAL ON POROUS ASPHALT TO ROAD PAVEMENT

SITI AMINAH POHAN

NPM : 143110576

Abstract

Highway is a transportation infrastructure that is very important in supporting various social and economic activities. The objectives of highway development include organizing the realization of traffic that is safe, fast, and comfortable. Therefore, road infrastructure requires special attention to the safety and comfort of the road. Puddles of rainwater on road pavements that often occur in the rainy season result in disruption of driver comfort. So, the researchers conducted a study of adding wood ash to porous asphalt to road pavement. Porous asphalt is a mixture of asphalt with low sand content to get a high air cavity. The purpose of this study was to determine the optimum asphalt content values in porous asphalt mixture and to determine the effect of adding wood ash on porous asphalt by 50% and 100% to fillers using asphalt penetration 60/70 on Marshall characteristics and permeability in accordance with Australian Asphalt Pavement Association specifications (AAPA) 1997 and AAPA 2004.

The study was based on journals and specifications used on porous asphalt. The study was conducted at the Civil Engineering Laboratory of the Islamic University of Riau with a variation of 4,0% bitumen content; 4,5%; 5,0%; 5,5%, and 6,0% and wood ash content of 0%, 50% and 100% of filler. The analysis of the performance of the strength of the porous asphalt mixture was carried out by the Marshall Test and for the analysis of the porous asphalt mixtures model (permeability) carried out by the Falling Head Permeability (FHP) method.

Based on the results of the study, the percentage of coarse aggregate usage was 13,47%, moderate aggregate was 82,20%, 2,19% fine aggregate, 2,14% sand and asphalt content variation was 4,0%; 4,5%; 5,0%; 5,5%, and 6,0%. So that the optimum bitumen content obtained in porous asphalt mixture is 5.5%. The addition of wood ash on porous asphalt fulfilled the 1997 Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) specifications for Marshall and AAPA 2004 characteristics of permeability. The addition of wood ash 0%, 50%, and 100% affects the porous asphalt mixture. The greater the percentage of wood ash addition, the higher VFA value, stability and flow. But the VMA, VIM, MQ, and permeability values are getting lower. The addition of wood ash in this study shows that the higher the value of stability will increase the locking of particles on the pavement, so that the surface layer will be more resistant to changes (deformation) such as bleeding and waves. While on permeability, the value of permeability is lower, which means that the addition of wood ash in the porous asphalt mixture does not significantly influence because the smaller the air cavity in the mixture. The addition of wood ash to the porous asphalt mixture increases the value of stability which can improve the ability of road construction in receiving loads, but the pavement layer is not permeable and the water flowing on the surface is slower.

Keywords: *Porus Asphalt, Characteristics, Marshall, Permeability*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb...

Alhamdulillah puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan**. Adapun penulisan Tugas Akhir dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis untuk menyelesaikan studi Program Sarjana S1 pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Pembangunan yang semakin meningkat menuntut adanya penambahan infrastruktur, diantaranya adalah fasilitas jalan raya. Hal ini menyebabkan berkurangnya lahan hijau yang berdampak pada minimnya daerah resapan air, sehingga pembangunan jalan raya di Indonesia selain dituntut dapat memperbaiki tingkat keselamatan dan kenyamanan juga dituntut pembangunan jalan yang ramah terhadap lingkungan.

Penggunaan aspal porus sebagai bahan konstruksi jalan diharapkan dapat mengurangi permasalahan tersebut, karena dengan menggunakan aspal porus sebagai bahan konstruksi jalan diharapkan dapat meresapkan air ke dalam tanah.

Penulis juga menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini dan juga dapat memberikan manfaat yang banyak kepada semua pembaca, khususnya bagi penulis sendiri dan mahasiswa teknik sipil yang masih melaksanakan bangku perkuliahan.

Pekanbaru, April 2019

Siti Aminah Pohan

NPM.143110576

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMAKASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian Sebelumnya	5
2.3 Keaslian Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan	9
3.1.1 Jenis Konstruksi Peverasan	9
3.1.2 Jenis Lapisan Perkerasan Lentur	11
3.1.3 Fungsi Jalan	13
3.2 Aspal	15
3.2.1 Jenis Aspal	16
3.2.2 Komposisi Aspal	18
3.2.3 Mutu Aspal	19
3.2.4 Kadar Aspal Dalam Campuran	19
3.3 Aspal beton	20

3.4	Aspal Porus	22
3.5	Agregat	24
3.5.1	Gradasi Agregat	26
3.5.2	Pemeriksaan Agregat	28
3.6	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	30
3.7	Abu Kayu	31
3.8	Karakteristik Marshall	32
3.9	Analisis Sifat Fisik Agregat dan Campuran Aspal	35
3.10	Permeabilitas	38

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1	Lokasi Penelitian.....	39
4.2	Bahan Penelitian.....	39
4.3	Peralatan Penelitian.....	39
4.4	Tahapan Penelitian	42
4.4.1	Pengujian Material	42
4.4.2	Perancangan Proporsi dari Masing-Masing Fraksi Agregat	46
4.4.3	Pembuatan Benda Uji (Briket Aspal)	46
4.4.4	Pengujian Marshall	47
4.4.5	Pengujian Permeabilitas	47

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1	Hasil Pengujian Material	49
5.1.1	Distribusi Ukuran Butiran Agregat	49
5.1.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus ...	50
5.1.3	Pengujian Berat Jenis Abu Kayu (<i>Filler</i>)	50
5.2	Gabungan Agregat	51
5.3	Pengujian Aspal	52
5.4	Penentuan Variasi Kadar Aspal	53
5.5	Pembuatan Benda Uji	53
5.6	Hasil Pengujian Marshall	54
5.7	Hasil Pengujian Permeabilitas	61

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan 64
6.2 Saran..... 64

DAFTAR PUSTAKA 66

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2004, jalan adalah suatu prasarana hubungan darat dalam bentuk apapun meliputi segala bagian jalan meliputi bangunan pelengkap jalan yang diperuntukkan di lalu lintas. Tujuan pembangunan jalan raya adalah menyelenggarakan terwujudnya lalu lintas yang aman, cepat dan nyaman. Oleh karena itu, prasarana jalan memerlukan perhatian khusus terhadap segi keamanan dan kenyamanan dari jalan tersebut.

Kerusakan jalan yang terjadi di Indonesia umumnya disebabkan oleh besarnya beban yang membebani jalan, tingginya arus kendaraan yang lewat dan perubahan kondisi lingkungan atau fungsi drainase yang kurang baik. Faktor inilah sebagai penyebab utama kerusakan perkerasan jalan yang menuntut penggunaan material untuk perkerasan jalan dengan kualitas yang lebih tinggi, yang berupa material agregat sebagai bahan pengisi maupun aspal sebagai bahan pengikat.

Perkerasan jalan di Indonesia pada umumnya menggunakan perkerasan lentur dengan batuan, pasir, *filler* sebagai bahan pengisi, serta aspal sebagai bahan pengikatnya. Untuk menghemat biaya dan penanggulangan terhadap kelangkaan bahan pengisi campuran, perlu adanya bahan lain sebagai pengganti dalam campuran aspal. Pemakaian limbah dari perindustrian dapat dijadikan alternative sebagai bahan dalam pencampuran aspal.

Banyaknya genangan air di atas perkerasan jalan disetiap musim penghujan mengakibatkan gangguan kenyamanan pengendara. Hal ini dikarenakan perkerasan jalan yang kedap air dan drainase yang buruk disepanjang jalan. Aspal porus dapat meningkatkan resapan air hujan, sehingga mengurangi genangan di atas permukaan jalan.

Aspal porus merupakan lapisan yang dapat ditembus oleh air (*permeable*) yang berfungsi mengurangi beban drainase pada permukaan

perkerasan jalan. Kelemahan aspal porus adalah lapisan yang bersifat porus, maka gradasi memiliki rongga yang besar dan memiliki nilai stabilitas yang sangat kecil sehingga tidak dapat menahan beban kendaraan yang besar (Laksono, 2017).

Campuran aspal porus menggunakan kadar pasir yang rendah untuk mendapatkan ruang pori yang tinggi. Dengan adanya ruang pori yang tinggi diharapkan dapat meresapkan air. “Campuran aspal porus menggunakan gradasi seragam (*uniform graded*) karena aspal porus diharapkan dapat berfungsi sebagai drainase, anti slip, anti *aquaplaning* dan peredam kebisingan yang hanya dapat diperoleh melalui penggunaan gradasi seragam. Selain itu gradasi seragam memiliki permeabilitas dan porositas yang tinggi dan mampu meloloskan air dengan baik” (Alfriady 2011, dalam Harmadhana).

Perindustrian di Indonesia cenderung menghasilkan banyak limbah yang berdampak negatif terhadap kehidupan manusia. Salah satunya limbah kayu, untuk memberikan hasil guna yang baik pada kasus limbah kayu dan peningkatan serta pengembangan aksesibilitas perkerasan jalan, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan menggunakan limbah kayu berupa abu dari hasil pembakarannya yang akan dijadikan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal porus.

Kemajuan teknologi perkerasan jalan telah mendorong peneliti untuk melakukan penelitian dengan memanfaatkan abu kayu (*fly ash*) sebagai *filler* pada campuran aspal porus. Pemanfaatan abu kayu ini diharapkan dapat meningkatkan nilai stabilitas dan memiliki rongga yang besar sehingga dapat meloloskan air pada permukaan jalan, serta untuk mengurangi limbah kayu yang ada di Indonesia. Hal lain yang mendorong penelitian ini karena terinspirasi dari penelitian yang sedang dilakukan oleh salah satu guru besar ITB dengan memanfaatkan abu batu bara (*fly ash*) pada aspal geopori yang sedang diterapkan (uji coba) di jalan lingkungan kampus ITB.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai kadar aspal optimum pada campuran aspal porus?
2. Bagaimana pengaruh penambahan abu kayu sebesar 0%, 50%, dan 100% terhadap *filler* campuran aspal porus pada perkerasan jalan lentur?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai kadar aspal optimum pada campuran aspal porus.
2. Mengetahui pengaruh penambahan abu kayu sebesar 0%, 50%, dan 100% terhadap *filler* campuran aspal porus pada perkerasan jalan lentur.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan adalah sebagai berikut:

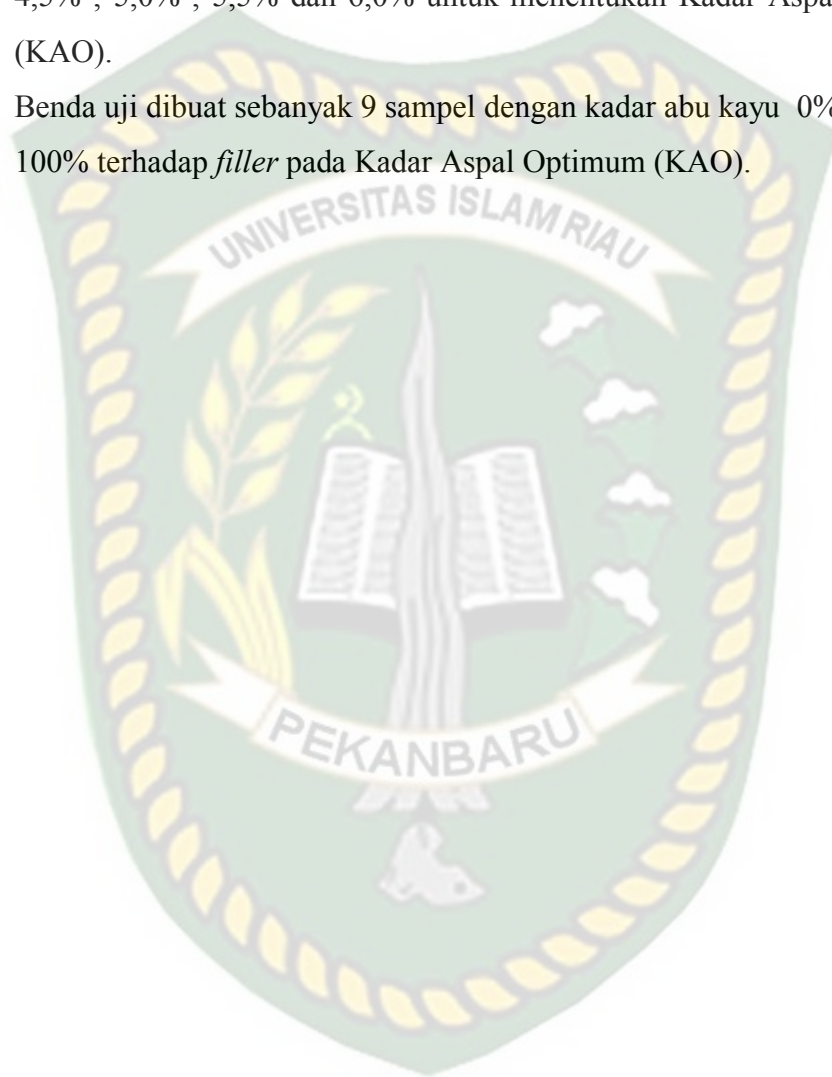
1. Untuk memberikan suatu alternative dalam pengembangan aksesibilitas perkerasan jalan lentur .
2. Pemanfaatan abu hasil pembakaran kayu dapat memberikan kontribusi yang positif bagi suatu proyek atau lingkungan sekitarnya.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas dan mempersingkat suatu penelitian agar dapat dibahas dengan baik dan tidak meluas, perlu direncanakan beberapa batasan masalah yang terdiri dari:

1. Komposisi persentase penggunaan abu kayu terhadap *filler* sebesar 0%, 50%, dan 100%.
2. Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Multi Trading Pratama.
3. Limbah kayu yang digunakan berasal dari limbah konstruksi seperti bekisting kayu dan golong-golong, limbah pabrik seperti pembuatan pallet kayu, dan limbah usaha pembuatan kusen serta jendela.

4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *Marshall Test* dan *permeabilitas*.
5. Benda uji dibuat sebanyak 15 sampel dengan variasi kadar aspal 4,0% ; 4,5% ; 5,0% ; 5,5% dan 6,0% untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO).
6. Benda uji dibuat sebanyak 9 sampel dengan kadar abu kayu 0%, 50%, dan 100% terhadap *filler* pada Kadar Aspal Optimum (KAO).



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya atau sifat termoplastis (Sukirman, 1999).

Aspal porus merupakan perkembangan dari teknologi perkerasan lentur yang memanfaatkan besarnya pori yang sengaja dibuat dengan maksud sebagai alur alir bagi air ketika terjadi genangan pada lapisan permukaan jalan. Penggunaan nama Aspal Porus sangat terkait dengan perilaku atau sifat-sifat campuran beraspal yang menggunakan gradasi agregat dengan jumlah fraksi kasar yang lebih banyak dari berat total campuran, sehingga struktur yang dihasilkan lebih terbuka dan berongga.

Campuran aspal *porous* merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) secara vertikal dan horizontal. Lapisan aspal *porous* ini secara efektif dapat memberikan tingkat kenyamanan terutama diwaktu hujan agar tidak terjadi genangan-genangan air serta memiliki kekesatan permukaan yang lebih kasar dan dapat mengurangi kebisingan (Djumari, 2009).

2.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai campuran aspal porus telah banyak dilakukan diberbagai tempat, seperti yang dilakukan Saleh, dkk (2014) meneliti tentang “*Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Subtitusi Styrofoam Pada Aspal Penetrasi 60/70*”. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode

eksperimen dengan mencoba memanfaatkan limbah *styrofoam* untuk meningkatkan kualitas aspal sebagai bahan pengikat beton aspal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus dengan substitusi *styrofoam* ke dalam aspal penetrasi 60/70. Pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan metode Australia dengan beberapa parameter yaitu nilai Cantabro Loss (CL), *Asphalt Flow Down* (AFD) dan *Voids In Mix* (VIM). Gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi terbuka dengan kadar aspal 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0% dan 6,5% sebelum disubstitusi *styrofoam*. Selanjutnya dilakukan pengujian dan perhitungan parameter *Marshall*, CL dan AFD untuk mendapatkan KAO. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji pada KAO dan variasi $\pm 0,5$ dari nilai KAO dengan variasi substitusi *styrofoam* 5%, 7% dan 9%. Uji permeabilitas dan durabilitas pada kadar aspal terbaik. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh KAO sebesar 5,76% dan kadar aspal terbaik pada 6,26% dengan substitusi *styrofoam* 9%, dimana semua parameternya telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan kecuali nilai stabilitas yang hanya 495,92 kg atau sedikit dibawah spesifikasi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (1997) untuk lalu lintas sedang yaitu minimum 500 kg.

Widhianto, dkk (2013), “*Desain Aspal Porus Dengan Gradasi Seragam Sebagai Bahan Konstruksi Jalan Yang Ramah Lingkungan*”. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan mencampur masing-masing agregat batu pecah ukuran nominal 6 mm dan 10 mm dengan aspal Retona Blend 55 dan dengan filler abu batu dengan kadar 4 %. Campuran aspal porus kemudian diuji dengan metode *Marshall Test* untuk menentukan kadar aspal optimum yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji permeabilitas, UCS dan ITS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai stabilitas, porositas, permeabilitas, UCS, dan ITS serta untuk mengetahui kelayakan aspal porus sebagai bahan konstruksi jalan yang ramah lingkungan. Dari hasil pengujian aspal porus menggunakan agregat ukuran nominal 6 mm didapat nilai stabilitas 76,19 kg, porositas

23,94%, permeabilitas horisontal 1,119 cm/dt, permeabilitas vertikal 1,042 cm/dt, UCS 1458.11 KPa dan ITS 77.83 KPa serta hasil pengujian aspal porus menggunakan agregat ukuran nominal 10 mm didapat nilai sabilitas 87,79 kg, porositas 23,97%, permeabilitas horizontal 1,119 cm/dt, permeabilitas vertikal 1,350 cm/dt, UCS 1510.56 KPa dan ITS 61.48 KPa. Campuran aspal porus dalam penelitian ini tidak memenuhi spesifikasi sebagai perkerasan untuk badan jalan.

Hendra (2012), "*Pengaruh Penambahan Filler Abu Ampas Tebu Pada Campuran Aspal Terhadap Sifat Marshall*". Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen dan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai maksimum butiran, nilai rata-rata pada kombinasi gradasi dan nilai pengaruh sifat marshall dengan mengkombinasikan penambahan abu ampas tebu dengan persentase berat abu ampas tebu 2% terhadap berat total pengganti *filler*. Dimana, variasi kadar aspal yang digunakan adalah 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% ; 7,5% dan 8%. Berdasarkan hasil pengujian terhadap 6 variasi kadar aspal, nilai VMA tertinggi pada kadar aspal 8% sebesar 19,06%, nilai VIM tertinggi pada kadar aspal 5,5% sebesar 7,09%, nilai stabilitas tertinggi pada kadar aspal 7,5% sebesar 1096 kg, nilai flow tertinggi pada kadar aspal 5,5% sebesar 4,75 mm, dan nilai MQ tertinggi pada kadar aspal 6,5% sebesar 274 kg/mm. Sedangkan hasil pengujian dengan 2% abu ampas tebu terhadap nilai kadar aspal optimum 6,5% diperoleh nilai VMA 17,77%, VIM 4,49%, stabilitas 1013 kg, flow 3,70 mm, dan MQ 274 kg/mm. Penggunaan abu ampas tebu pada penelitian ini memenuhi syarat spesifikasi campuran yang disyaratkan.

Nasir (2011), "*Analisis Penggunaan Filler Arang Tempurung Dan Abu Tempurung Kelapa Pada Campuran AC Wearing Course Dan Binder Course Terhadap Karakteristik Marshall*". Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen dan tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh penggunaan arang dan abu terbang tempurung kelapa jika digunakan sebagai *filler* pada campuran AC *Wearing Course* dan AC *Binder Course* serta menentukan nilai KAO pada campuran AC *Wearing Course* dan AC *Binder*

Course yang menggunakan arang, abu terbang tempurung kelapa sebagai *filler*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai kadar aspal optimum menggunakan *filler* arang tempurung lebih rendah dari KAO untuk campuran dengan *filler* abu batu. Nilai yang diperoleh sebesar 5,6% untuk campuran AC WC dan 5,2% untuk campuran AC WC dengan *filler* arang tempurung. Sedangkan untuk nilai KAO untuk campuran AC BC sebesar 6,1% dan 5,25% untuk campuran AC BC dengan *filler* arang tempurung.

Rianto (2007), “*Pengaruh Abu Sekam Sebagai Bahan Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)*”. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan metode analisis dan uji laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti perilaku dan kelayakan abu sekam jika dijadikan bahan pengisi pada campuran aspal emulsi bergradasi rapat (CEBR). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan CEBR dengan menggunakan abu sekam sebagai bahan *filler* akan dicapai kondisi optimum pada saat kadar *filler* mencapai 4,5% dan kadar emulsi mencapai 9%. Dari kondisi optimum tersebut, didapat nilai densitas kering maksimum sebesar 2,07 gr/cc dan nilai kerapatan basah mencapai 2,13 gr/cc, nilai VMA minimum sebesar 8,59%, tingkat penyerapan air oleh campuran minimum sebesar 2,12%, tingkat kelelahan plastis minimum mencapai 3,92 mm, nilai stabilitas kering maksimum sebesar 894,3 kg, nilai stabilitas basah maksimum sebesar 814,4 kg dan nilai stabilitas sisa minimumnya sebesar 91,06%. Secara keseluruhan nilai parameter kinerja CEBR *filler* abu sekam dalam kondisi baik karena nilai parameter kerjanya memenuhi persyaratan Bina Marga (VMA 5% – 10%, Penyerapan air <4%, Stabilitas rendaman >300 kg, dan Stabilitas sisa >50%).

2.3 Keaslian Penelitian

Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya penulis melihat dari segi teori yang sama, namun berbeda dari asal *quarry* agregat yang digunakan, pemakaian gradasi agregat pada campuran, variasi kadar aspal, dan pemakaian *filler* yang digunakan.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Sejarah perkerasan jalan dimulai bersamaan dengan sejarah umat manusia itu sendiri yang selalu berhasrat untuk mencari kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama. Dengan demikian perkembangan jalan saling berkaitan dengan perkembangan umat manusia. Perkembangan teknik jalan seiring dengan berkembangnya teknologi yang ditemukan umat manusia.

Berdasarkan (Sukirman, 1999) Perkerasan jalan adalah campuran agregat dan bahan ikat yang diletakkan di atas tanah dasar dengan pemadatan untuk melayani beban lalu lintas. Dimana, tujuan utamanya untuk mengurangi tegangan atau tekanan yang diterima akibat beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang diterima oleh tanah tersebut. Kinerja perkerasan jalan (*pavement performance*) meliputi 3 (tiga) hal, yaitu:

1. Keamanan, ditentukan oleh besarnya gesekan akibat adanya kontak antara ban dengan permukaan jalan. Besarnya gaya gesek yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi jalan, dan sebagainya.
2. Wujud perkerasan (*structural perkerasan*), sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak-retak, amblas, alur, gelombang, dan sebagainya.
3. Fungsi pelayanan (*functional performance*), sehubungan dengan bagaimana perkerasan tersebut memberikan pelayanan kepada pemakai jalan. Wujud perkerasan dan fungsi pelayanan umumnya merupakan satu kesatuan yang dapat digambarkan dengan “kenyamanan mengemudi (*riding quality*)”.

3.1.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Ada beberapa tahap pengerjaan yang harus dilakukan pada saat pembangunan jalan raya. Pada tahapan ini, jalan raya diperkeras dengan

menggunakan lapisan konstruksi yang mempunyai kekuatan, ketebalan, kekakuan, dan kestabilan tertentu. Tujuannya adalah untuk menyalurkan beban kendaraan yang melintasi permukaan jalan ke tanah dasar dengan aman. Menurut Sukirman (1999), bahan pengikat konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Konstruksi perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

Konstruksi perkerasan komposit adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbedaan Antara Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur (Sukirman, 1999)

No	Keterangan	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
1	Bahan pengikat	Semen	Aspal
2	Repetisi beban	Timbul retak-retak pada permukaan	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)
3	Penurunan tanah dasar	Bersifat sebagai balok di atas perletakan	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan tidak berubah dan	Modulus kekakuan berubah dan timbul

Tabel 3.1 Lanjutan

No	Keterangan	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
		timbul tegangan dalam yang besar	tegangan dalam yang kecil

3.1.2 Jenis Lapisan Perkerasan Lentur

Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi itu sendiri. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya (Sukirman, 1999).

Perkerasan jalan yang rusak sebelum masa pelayanannya dapat ditinjau dari beberapa faktor yaitu beban-beban kendaraan yang berlebih, iklim tropis di Indonesia, pengawasan yang kurang baik saat penghamparan lapis perkerasan dilapangan, ataupun tidak terkontrolnya pelaksanaan *job mix formula* pada saat melaksanakan campuran perkerasan.

Kelebihan perkerasan lentur yaitu warna hitam aspal mempengaruhi kenyamanan pengendara dan lebih teduh, jalan lebih halus dan mulus, jalan aspal lebih murah dibandingkan konstruksi jalan beton. Serta proses perawatan lebih murah karena ketika jalan rusak, area yang diganti hanyalah area yang rusak saja. Sedangkan kekurangan perkerasan lentur yaitu tidak tahan terhadap genangan air, sehingga memerlukan drainase yang baik untuk proses pengeringan jalan pasca hujan dan pada struktur tanah yang buruk terlebih dahulu dilakukan perbaikan tanah sebelum ditumpangi oleh perkerasan jalan aspal (Sukirman, 2003).

Perlu dilakukan kajian yang lebih intensif dalam penerapan dan memperhitungkan secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat kebutuhan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknisnya. Sehingga konstruksi jalan yang direncanakan lebih optimal. Berdasarkan (Sukirman, 1999) lapisan perkerasan lentur terdiri dari:

1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas, yang terdiri dari lapis aus (*Wearing Course*) dan lapisan antara (*Binder Course*). Fungsi lapis permukaan adalah:

- a. Menerima beban langsung dari lalu lintas dan menyebarkan untuk mengurangi tegangan pada lapis bawah lapisan perkerasan jalan.
- b. Menyediakan permukaan jalan yang rata, aman, dan kesat (anti slip).
- c. Menyediakan drainase yang baik dari permukaan kedap air, sehingga melindungi struktur perkerasan jalan dari perubahan cuaca
- d. Menahan gaya geser dari beban roda kendaraan.
- e. Sebagai lapisan aus, yaitu lapisan yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti dengan yang baru.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah dasar apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis pondasi atas adalah:

- a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar, yang berfungsi sebagai:

- a. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi atas.
- b. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.
- c. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d. Melindungi lapis tanah dasar langsung setelah tertekan udara.

4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar (*Sub Grade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah yang setelah dipadatkan

dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya, yang berfungsi :

- a. Memberi daya dukung terhadap lapisan di atasnya.
- b. Sebagai tempat perletakan pondasi jalan.

3.1.3 Fungsi Jalan

Menurut Sukirman (1999), sesuai Undang-undang tentang jalan No.13 tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah No.26 tahun 1985, sistim jalan di Indonesia dapat dibedakan atas:

1. Sistim jaringan jalan primer

Sistim jaringan jalan primer adalah sistim jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk mengembangkan semua wilayah di tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota.

2. Sistim jaringan jalan sekunder

Sistim jaringan jalan sekunder adalah sistim jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota, yang berarti disusun mengikuti ketentuan peraturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer dan fungsi sekunder.

Berdasarkan fungsi jalan, jalan dapat dibedakan atas:

1. Jalan arteri

Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk yang dibatasi secara efisien. Jalan arteri terdiri dari dua sistim jaringan jalan yaitu:

- a. Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. Dimana, kecepatan rencana lebih besar dari 60 km/jam dan lebar badan jalan lebih besar dari 8 meter.

b. Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Dimana, kecepatan rencana lebih besar dari 30 km/jam dan lebar badan jalan lebih besar dari 8 meter.

2. Jalan kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi. Jalan kolektor terdiri dari dua sistim jaringan jalan yaitu:

- a. Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga. Dimana, kecepatan rencana lebih besar dari 40 km/jam dan lebar badan jalan lebih besar dari 7 meter.
- b. Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Dimana, kecepatan rencana lebih besar dari 20 km/jam dan lebar badan jalan lebih besar dari 7 meter.

3. Jalan lokal

Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi. Jalan lokal terdiri dari dua sistim jaringan jalan yaitu:

- a. Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil atau kota dibawah jenjang ketiga sampai persil. Dimana, kecepatan rencana lebih besar dari 20 km/jam dan lebar badan jalan lebih besar dari 6 meter.

- b. Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, menghubungkan kawasan kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Dimana, kecepatan rencana lebih besar dari 10 km/jam dan lebar badan jalan lebih besar dari 5 meter.

3.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis) (Sukirman, 1999).

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relative mahal.

Aspal merupakan proses lanjutan dari residu hasil destilasi minyak bumi, setiap minyak bumi menghasilkan residu yang terdiri dari bahan dasar aspal yang berbeda. Bahan dasar aspal dapat dibedakan atas:

1. Bahan dasar aspal (*asphaltic base crude oil*)
2. Bahan dasar parafin (*parafin base crude oil*)
3. Bahan dasar campuran (*mixed base crude oil*)

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, yang akan memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

3.2.1 Jenis Aspal

Berdasarkan cara memperolehnya, aspal dapat dibedakan atas:

1. Aspal alam, dapat dibedakan atas:
 - a. Aspal gunung (*rock asphalt*), contoh aspal dari pulau Buton
 - b. Aspal danau (*lake asphalt*), contoh aspal dari Bermudez, Trinidad
2. Aspal buatan, dapat dibedakan atas:
 - a. Aspal minyak, yang merupakan hasil penyulingan dari minyak bumi
 - b. Tar, yang merupakan hasil penyulingan dari batu bara

3.2.1.1 Aspal Buton

Aspal alam yang terdapat di Indonesia dan telah dimanfaatkan adalah aspal dari Pulau Buton. Aspal buton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Kandungan kadar bitumen yang ada pada aspal buton sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Berdasarkan kadar bitumen yang dikandungnya, aspal bitumen dapat dibedakan atas B10, B13, B20, B25, dan B30. Maksud aspal buton B10 adalah aspal buton dengan kadar bitumen rata-rata 10%, begitu juga dengan B13 dan seterusnya.

3.2.1.2 Aspal Minyak (*Petroleum Aspal*)

Sebutan lain dari aspal minyak adalah aspal buatan. Aspal buatan adalah bitumen yang merupakan hasil penyulingan minyak bumi yang mengandung kadar paraffin rendah dan biasa disebut *paraffin base crude oil*. Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas:

1. Aspal Keras

Aspal panas/keras (*Asphalt Cement/AC*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang). Biasanya pada temperatur ruang (25-30°C) yang berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Di

Indonesia, aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya, yaitu:

- a. AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40-50
- b. AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60-70
- c. AC pen 85/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 85-100
- d. AC pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120-150
- e. AC pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200-300

Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan didaerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Aspal semen yang biasa digunakan di Indonesia pada umumnya berpenetrasi antara 60/70 dan 80/100. Aspal keras yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal penetrasi 60, persyaratan aspal keras pen 60 dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Persyaratan Aspal Keras Pen 60 (Revisi SNI 03-1737-1989)

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60-79
2	Titik lembek, °C	SNI 06-2434-1991	48-58
3	Titik nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4	Daktalitas 25°C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6	Kelarutan dalam <i>trichlor ethylene</i> , % berat	RSNI M-04-2004	Min. 99
7	Penurunan berat (dengan TFDT), % berat	SNI 06-2440-1991	Mak. 0,8
8	Penetrasi setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 54
9	Daktalitas setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2432-1991	Min. 50
10	Uji noda aspal a. Standar <i>naptha</i> b. <i>Naptha xylene</i> c. <i>Hephtane xylene</i>	SNI 06-6885-2002	Negatif
Catatan : Apabila uji noda aspal disyaratkan, Direksi Teknis dapat menentukan salah satu pelarut yang akan digunakan.			

2. Aspal Cair

Aspal cair/dingin (*cut back asphalt*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal ini merupakan campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperature ruang.

3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi (*emulsion asphalt*) adalah aspal yang disediakan dalam bentuk emulsi. Dapat digunakan dalam keadaan dingin atau panas dan biasanya aspal emulsi dan aspal cair digunakan pada campuran dingin atau penyemprotan dingin.

3.2.2 Komposisi Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat pada aspal campuran panas, mempunyai sifat fisis yang ditentukan oleh komposisi kimia. Setiap sumber minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltene* dan *maltene*. *Asphaltene* merupakan material yang berwarna hitam atau coklat tua yang larut dalam *heptanes* yang merupakan cairan kental yang terdiri dari *resin* dan *oil*. *Resin* merupakan cairan yang berwarna kuning atau coklat tua, memberikan sifat *adhesi* pada aspal, dan merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan *oil* berwarna lebih muda, merupakan media yang terdiri dari *asphaltene* dan *resin*. Faktor kimia mempengaruhi kandungan fisik aspal dan merupakan dasar pemahaman faktor yang mengontrol kegunaan aspal itu sendiri (Sukirman, 2003). Unsur kimia aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Contoh Komponen Fraksional di Indonesia, Beton Aspal Campuran Panas (Sukirman, 2003)

Unsur Kimia	<i>Asphalt Cement</i> Penetrasi 60/70
<i>Asphalt</i>	22,41%
<i>Maltene</i>	-

Tabel 3.3 Lanjutan

Unsur Kimia	Asphalt Cement Penetrasi 60/70
Basa Nitrogen	24,90%
<i>Accidafin</i> – 1 (A1)	14,50%
<i>Accidafin</i> – 1 (A1)	18,97%
<i>Paraffin</i> (P)	19,225

3.2.3 Mutu Aspal

Mutu aspal harus dikontrol dalam pembuatan campuran aspal dan menurut Sukirman (2003) bahwa mutu aspal sangat bergantung pada kepadatan atau kekentalan, tingkat keawetan, serta ketahanan terhadap pelapukan akibat perubahan temperature suhu/cuaca dan ketahanan terhadap air. Aspal yang baik adalah aspal yang mempunyai kekentalan yang tidak mudah terpengaruh oleh perubahan suhu atau udara. Jika terpengaruh oleh keadaan cuaca, aspal akan kehilangan berat. Agar tidak terjadi kehilangan berat dari aspal, maka untuk mencegahnya diusahakan aspal tetap dalam keadaan plastis.

3.2.4 Kadar Aspal Dalam Campuran

Kadar aspal merupakan persentase berat aspal terhadap campuran agregat yang telah ditentukan. Kadar aspal dalam campuran adalah kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat dan mengisi pori antar agregat. Sebelum menentukan kadar aspal, terlebih dahulu menentukan kadar aspal tengah/perkiraan awal kadar aspal rencana. Kadar aspal tengah adalah nilai tengah dan rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran.

Perkiraan awal kadar aspal tengah dan rancangan campuran aspal dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (RSNI M-01-2003) :

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \quad (3.1)$$

Dimana,

P_b = Perkiraan kadar aspal rencana awal / kadar aspal tengah

CA = Persen agregat tertahan saringan no. 8 / agregat kasar

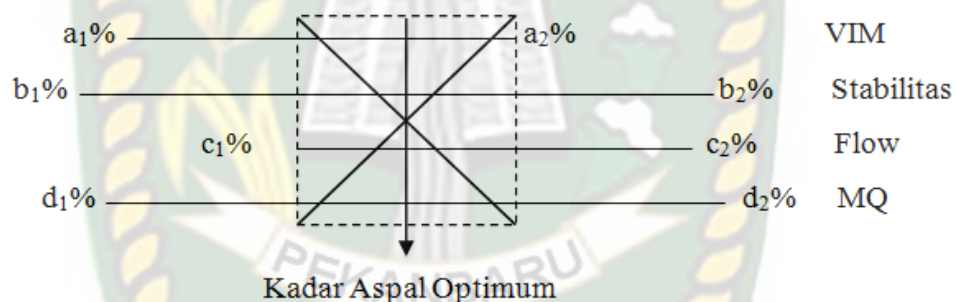
FA = Persen agregat lolos no.8 tertahan 200 / agregat halus

FF = Persen agregat lolos saringan no. 200 / bahan pengisi

Konstanta = Konstanta 0,5 - 1 untuk Laston

Konstanta 1 - 2 untuk Lataston

Dari perkiraan awal kadar aspal, didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). KAO merupakan nilai tengah dan rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. KAO ditentukan setelah pengujian *marshall*, dengan membuat diagram hubungan antara sifat teknis campuran yang berpengaruh (VIM, stabilitas, *flow*, dan MQ) dengan persen kadar aspal dan menggunakan metode pita. Penentuan kadar aspal optimum ditentukan sesuai dengan persyaratan batasan sifat-sifat teknis campuran, seperti ilustrasi pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

Maka, didapat rumus Kadar Aspal Optimum (KAO) = $\frac{a2 + c1}{2}$ (3.2)

3.3 Aspal Beton

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu.

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Campuran aspal beton yang biasa dikenal dengan nama *Hotmix*, dimana material-material pembentuk aspal beton dicampur diinstalasi pencampur pada suhu tertentu,

suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan, suhu pencampuran umumnya antara 45 - 155° C (Sukirman, 2003).

Pemilihan campuran aspal beton sebagai lapisan perkerasan jalan karena campuran aspal beton tersebut digunakan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas berat, tanjakan dan jalan antar daerah.

Jenis aspal beton yang ada di Indonesia saat ini diantaranya :

1. Laston (Lapis Aspal Beton) adalah aspal beton yang bergradasi menerus yang biasa digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*), karakteristik beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal minimum laston 4-6 cm sesuai dengan fungsinya. Laston memiliki 3 macam campuran yaitu:
 - a. Laston sebagai lapis aus, yang biasa dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Mempunyai tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
 - b. Laston sebagai lapis pengikat, yang biasa dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Mempunyai tebal nominal minimum AC-BC adalah 5 cm.
 - c. Laston sebagai lapis pondasi, yang biasa dikenal dengan nama AC-base (*Asphalt Concrete-Base*). Mempunyai tebal nominal minimum AC-base adalah 6 cm.
2. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton) adalah aspal beton bergradasi senjang. Ditunjukkan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan dan sedang. Lataston umumnya disebut juga dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran, yaitu :
 - a. Lataston sebagai lapis aus, yang biasa dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet- Wearing Course*). Mempunyai tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
 - b. Laston sebagai lapis pondasi, yang biasa dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*). Mempunyai tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.

3. Latahir (Lapis Tipis Aspal Pasir) adalah aspal beton untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak sulit diperoleh. Lapisan ini mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Oleh karena itu tidak digunakan untuk daerah lalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latahir bias juga disebut dengan SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*). Sesuai dengan gradasi agregatnya, campuran ini dapat dibedakan atas:

- a. Latahir kelas A, yang biasanya dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal minimum HRSS-A adalah 1,5 cm.
- b. Latahir kelas B, yang biasanya dikenal dengan nama HRSS-B atau SS-B. Tebal nominal minimum HRSS-B adalah 2 cm. gradasi agregat HRSS-B lebih kasar dari HRSS-A.

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal dan fungsi beton aspal. Berdasarkan temperature ketika pencampuran dan pemadatan campuran, beton aspal dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal campuran panas (*hot mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) adalah beton aspal yang material pembentuk dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu ruang sekitar 25°C.

3.4 Aspal Porus

Aspal porus merupakan campuran aspal dengan kadar pasir yang rendah untuk mendapatkan kadar rongga udara yang tinggi. Aspal porus dipergunakan untuk lapisan permukaan jalan dan selalu dihampar di atas lapisan kedap air. Efektif untuk meningkatkan keselamatan lalu-lintas pada musim hujan, mengurangi percikan air dan mempunyai kekesatan permukaan yang baik pada kecepatan tinggi.

Aspal porus adalah jenis perkerasan untuk lapis permukaan yang diletakkan di atas lapisan *base* atau *surface* yang *permeable* dan didominasi oleh agregat kasar (85%) sehingga gradasinya adalah gradasi terbuka (*open graded*) dan berfungsi sebagai drainase di bawah permukaan jalan. Untuk membedakan aliran air lapis perkerasan aspal porus dengan lapis perkerasan aspal padat (Idral, 2016).

Jenis perkerasan aspal porus adalah salah satu teknik pelapisan permukaan jalan yang sangat baik, karena dapat meloloskan air masuk ke lapisan atas (*wearing coarse*) secara vertikal dan horisontal melalui pori-pori udara kapiler atau dengan menggunakan saluran samping dan lapisan perkerasannya sebagai sistem drainase. Aspal porus sangat baik untuk melapisi jalan yaitu sangat efektif untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas jalan raya pada kondisi cuaca yang sangat buruk (hujan deras dan licin) (Hardiman, 2005).

Campuran aspal porus menggunakan gradasi terbuka (*open graded*), sehingga campuran aspal porus disebut juga *open graded asphalt*. Gradasi terbuka terdiri dari agregat kasar yang banyak dan hanya mengandung sedikit agregat halus, sehingga terdapat banyak rongga/ruang. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

Konstruksi perkerasan aspal porus merupakan salah satu alternatif dari perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dengan tujuan memberikan keleluasaan air melakukan penetrasi ke dalam lapisan permukaan atas (*Surface Layer*) secara *Vertikal* dan *Horizontal* serta menyalurkannya dalam sistem drainase perkerasan. Perkerasan aspal porus memiliki banyak keuntungan bagi penggunaan jalan dan lingkungan, seperti fungsi drainase dan menjaga keselamatan serta mengurangi tingkat kebisingan (Sugeng 2003, dalam Ghulam R 2017).

Menurut Diniz (1980), penggunaan aspal porus memiliki keuntungan dan kerugian. Pada umumnya keuntungan menggunakan aspal porus ialah sebagai berikut:

1. Mengurangi genangan air pada permukaan jalan ketika hujan
2. Mengurangi efek percikan dan semprot ketika kendaraan melewati permukaan jalan
3. Mengurangi efek silau dan mengurangi kebisingan
4. Meningkatkan keselamatan berkendara di jalan sehingga meminimalisir intensitas kecelakaan yang tinggi

Sedangkan kerugian menggunakan aspal porus adalah:

1. Durabilitas yang lebih rendah sehingga umurnya lebih pendek
2. Biaya relatif besar, khususnya di daerah perkotaan karena memerlukan drainase dan perawatan khusus
3. Lebih mudah terkontaminasi dengan air tanah

3.5 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik hasil dari alam maupun buatan (Bina Marga 1989). Agregat adalah material berbutir keras dan kompak, yang termasuk didalamnya antara lain batu bulat, batu pecah hasil pemecahan oleh *stone crusher*, abu batu dan pasir.

Agregat merupakan komponen utama dan mempunyai peranan yang sangat penting pada lapisan perkerasan jalan. Agregat menempati proporsi terbesar dalam campuran yang umumnya berkisar antara 90-95% dari berat total campuran. Agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar pada campuran aspal yang akan dibuat sesuai proporsinya dan sesuai dengan rumus perbandingan campuran yang disyaratkan. Agregat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah dan disiapkan dalam ukuran nominal yang sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan. Agregat kasar pada campuran beraspal berfungsi memberikan kekuatan yang pada akhirnya mempengaruhi stabilitas dalam campuran, dengan kondisi saling mengunci (*interlocking*) dari masing-masing partikel

agregat. Agregat kasar mempunyai peranan sebagai pengembang volume, menjadikan campuran lebih ekonomis, meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan (*flow*) dan meningkatkan stabilitas.

2. Agregat halus

Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butiran halus bersifat kekal yang artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Agregat halus merupakan bahan yang bersih, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Jika kadar lumpur agregat halus melebihi 5% (terhadap berat kering), maka agregat halus tersebut harus dicuci.

Menurut Bukhari (2007), agregat berdasarkan pengolahannya dibedakan atas agregat siap pakai dan agregat yang perlu diolah, sedangkan berdasarkan bentuknya, butir agregat dikelompokkan atas agregat berbentuk bulat (*rounded*), agregat berbentuk kubus (*cubical*), agregat berbentuk lonjong (*elongated*), agregat berbentuk pipih (*flaky*), agregat berbentuk tak beraturan (*irregular*). Bentuk butir yang paling baik sebagai perkerasan jalan adalah kubus/bersudut.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Jenis-jenis agregat dibedakan menjadi tiga berdasarkan sumber dari cara mendapatkan agregat tersebut, diantaranya:

1. Agregat Alam (*Natural Aggregates*)

Sesuai dengan namanya, agregat alam adalah agregat yang didapatkan dari alam. Berdasarkan tempat asalnya agregat alam dapat dibedakan atas pitrun yaitu agregat yang diambil dari tempat terbuka di alam dan bakrun yaitu agregat yang berasal dari sungai/endapan sungai. Agregat alam yang biasa digunakan untuk campuran perkerasan jalan adalah pasir dan batu kerikil.

2. Agregat yang telah diproses

Agregat yang telah diproses didapatkan dari eksplorasi agregat alam yang kemudian dipecah dan disaring terlebih dahulu sebelum digunakan. Pada proses pemecahan agregat sebiknya menggunakan mesin pemecah batu (*crusher stone*), sehingga ukuran partikel-partikel yang dihasilkan dapat terkontrol. Berarti gradasi yang diharapkan dapat dicapai sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

3. Agregat Buatan

Agregat buatan adalah agregat dari hasil proses kimia dan fisika sehingga membentuk mineral baru yang meyerupai agregat.

3.5.1 Gradasi Agregat

Bukhari (2007) menyebutkan gradasi adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (*interlocking*). Menurut Sukirman (2003) gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir, kadar aspal dan akan menentukan stabilitas serta kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi dari agregat mempengaruhi *density*, kekuatan dan ekonomi dari suatu struktur perkerasan. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan.

Menurut Sukirman (1999), gradasi agregat dapat dibedakan atas:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, dan berat volume kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*) merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang betimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.
3. Gradasi buruk/jelek (*poorly graded*) merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori (gradasi seragam dan gradasi baik). Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*) merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit sekali. Sering disebut gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis sebelumnya (gradasi seragam dan gradasi baik).

Sifat-sifat yang dimiliki ketiga gradasi dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Sifat-sifat Jenis Gradasi (Sukirman, 1999)

Gradasi Seragam	Gradasi Baik	Gradasi Jelek
a. Kontak antar butir baik	a. Kontak antar butir baik	a. Kontak antar butir jelek
b. Kepadatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi	b. Seragam dan kepadatan tinggi	b. Seragam tetapi kepadatan jelek
c. Stabilitas dalam keadaan terbatas (<i>confined</i>) tinggi	c. Stabilitas tinggi	c. Stabilitas sedang
d. Stabilitas dalam keadaan lepas rendah	d. Kuat menahan deformasi	d. Stabilitas sangat rendah pada keadaan basah
e. Sukar untuk dipadatkan	e. Sukar sampai sedang usaha untuk memadatkan	e. Mudah dipadatkan
f. Mudah diresapi air	f. Tingkat permeabilitas cukup	f. Tingkat permeabilitas rendah
g. Tidak dipengaruhi kadar air	g. Pengaruh variasi kadar air cukup	g. Kurang dipengaruhi oleh variasinya kadar air

Gradasi yang digunakan pada penelitian ini adalah gradasi seragam (*uniform graded*) atau gradasi terbuka (*open graded*). Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil. Sehingga campuran beraspal dengan gradasi ini disebut campuran aspal porus.

Persyaratan gradasi agregat gabungan pada campuran aspal porus ditentukan berdasarkan persyaratan pada tabel 5 *UNHSC Design Specifications for Porous Asphalt Pavement and Infiltration Beds, Rev. October 2009*. Hal ini dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Gabungan Aspal Porus (Tabel 5 UNHSC Rev. October 2009)

Ukuran Saringan (inch/mm)	Persen Lolos (%)
0,75/19	100
0,50/12,5	85-100
0,375/9,5	55-75
No.4/4,75	10-25
No.8/2,36	5-10
No.200/0,075 (#200)	2-4

Dapat dilihat pada tabel 3.5 bahwa prosentase lolos ukuran saringan 0,075 mm pada spesifikasi gradasi agregat gabungan aspal porus sangatlah kecil dengan nilai 2-4%, sehingga membuat rongga antar butiran agregat.

3.5.2 Pemeriksaan Agregat

Menurut Sukirman (1999), agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan material sebagai penyusun dan pemeriksaan material yang memenuhi spesifikasi. Untuk itu,

peneliti terlebih dahulu melakukan serangkaian pengujian untuk mengetahui kualitas agregat yang digunakan seperti sebagai berikut:

1. Analisa Saringan

Perhitungan analisa saringan merupakan persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji. Menurut SNI 03-1968-1990, pengujian analisa saringan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan. Dimana, tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar.

Analisa saringan terdiri dari 2 macam metode yaitu analisa saringan kering dan analisa saringan pencucian (basah). Pada penelitian ini menggunakan cara analisa kering, yaitu sejumlah agregat yang dikeringkan dengan saksama dan beratnya ditimbang, diguncang dengan seperangkat saringan dengan ukuran-ukuran yang dipilih. Saringan tersebut disusun dengan ukuran terbesar di atas. Pengguncangan biasanya dengan cara mekanis.

2. Berat Jenis

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal karena umumnya direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyak pori. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak (Sukirman, 1999). Berdasarkan AASHTO T 85-81, berat jenis terdiri dari 3 jenis yaitu berat jenis *bulk* (*bulk specific gravity*), berat jenis *apparent* (*apparent specific gravity*), dan berat jenis *effective* (*effective specific gravity*).

3. Keausan (abrasi)

Keausan adalah ketahanan agregat terhadap penghancuran akibat pengaruh mekanisme yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat

bahan yang aus lewat saringan nomor 12 terhadap berat benda uji semula dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

4. Kelekatan Aspal terhadap Agregat

Kelekatan aspal terhadap agregat adalah persentase dari perbandingan luas permukaan batuan yang terselimuti aspal terhadap keseluruhan luas permukaan batuan. Benda uji pada pengujian ini adalah agregat yang lolos saringan 1/2" (12,5 mm) dan tertahan saringan 3/8" (9,5 mm).

5. *Sand Equivalent* (SE)

Sand Equivalent (SE) adalah perbandingan antara skala agregat halus/pasir dengan skala lumpur dikali 100%. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar debu atau lumpur ataupun bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus. Dimana, jika ada lumpur akan mengakibatkan kembang susut yang besar dan mempengaruhi lekatan tanah agregat. Nilai *Sand Equivalent* dari partikel agregat yang memenuhi syarat untuk bahan konstruksi perkerasan jalan adalah 50% (Sukirman, 1999).

3.6 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan bagian dari agregat halus atau sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan no. 200. Bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan harus terdiri dari debu batu, abu batu kapur, semen, abu terbang, abu tanur, atau bahan non plastis lainnya. *Filler* yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan.

Disamping ukurannya yang harus relatif halus, bahan *filler* harus memiliki sifat-sifat tertentu seperti bersifat sementasi jika terkena air dan memiliki daya rekat yang tinggi dengan agregat lainnya (Mutohar 2002, dalam Rianto 2007). Diantara bahan-bahan yang memiliki sifat sementasi jika terkena air dan banyak dipakai sebagai bahan *filler* adalah abu batu (*rock ash*), abu terbang (*fly ash*), *gypsum*, *portland cement* (PC), abu genting dan lainnya.

Fungsi dari *filler* dalam campuran aspal dengan agregat adalah mengisi rongga-rongga (*voids*) diantara agregat kasar sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan kerapatan massanya menjadi lebih besar. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan abu batu dengan kadar 0%, 50%, dan 100%.

3.7 Abu Kayu

Kayu merupakan produk alam yang dapat dimanfaatkan untuk bermacam-macam peruntukan, antara lain menjadi perabot rumah tangga dan bahan panel seperti kayu lapis, papan partikel serta papan serat. Abu kayu adalah material (umumnya berupa bubuk) yang tersisa setelah pembakaran kayu atau dengan kalimat lain abu adalah mineral pembentuk abu yang tertinggal setelah lignin dan selulosa habis terbakar (Dumanaw, 1990). Produsen utama abu kayu adalah industry kayu dan pembangkit listrik tenaga biomassa.

Misra (1992) menyatakan bahwa ketika abu kayu bersuhu rendah dipanaskan dengan suhu 1300°C , maka akan kehilangan massa sebesar 22,9-47,8% diamati tergantung pada jenis kayunya. Senyawa utama pada suhu 1300°C adalah CaO dan MgO. Massa K, S, B, Na, dan Cu menurun. Sedangkan Mg, P, Mn, Al, Fe, dan Si tidak berubah dengan suhu relative terhadap Ca yang dianggap konstan. "Umumnya, 6-10% massa kayu yang dibakar menghasilkan abu. Komposisi kayu dipengaruhi oleh jenis kayu yang dibakar. Kondisi pembakaran juga mempengaruhi komposisi abu dan jumlah abu yang tersisa, temperatur yang tinggi akan mengurangi jumlah abu yang dihasilkan".

Sjostrom (1995) menyatakan asal utama abu dari berbagai garam-garam logam, seperti karbonat, fosfat, silikat, dan oksalat. Jumlah komponen logam paling banyak adalah kalsium. Abu kayu mengandung kalsium karbonat sebagai komponen utama yang mewakili 25% sampai 45% massa abu kayu. Jumlah kalium terdapat kurang dari 10% dan fosfat kurang dari 1%. Juga terdapat besi, mangan, seng, tembaga dan beberapa jenis logam lainnya.

Namun, komposisi abu kayu sangat bergantung pada jenis kayu dan kondisi pembakarannya (temperature).

Abu kayu umumnya dibuang ke lahan pembangunan dan sebagai pupuk tanaman, namun kali ini peneliti akan membuat inovasi baru dengan cara menambahkan abu hasil pembakaran kayu sebagai *filler* pada aspal porous. Abu kayu yang digunakan berasal dari hasil pembakaran limbah konstruksi seperti bekisting kayu dan golong-golong, limbah pabrik seperti pembuatan pallet kayu, dan limbah usaha pembuatan kusen serta jendela.

3.8 Karakteristik Marshall

Diana (2004) menyebutkan karakteristik yang diisyaratkan untuk campuran aspal porous adalah kepadatan (*density*), stabilitas dan *flow*, rongga di dalam campuran (*voids in mixture*), *Marshall Quotient (MQ)*, permeabilitas dan keawetan (*durability*).

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik. Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan, dan sebagainya. Sedangkan adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Dan kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

Dari hasil pemadatan campuran agregat berdasarkan spesifikasi gradasi agregat, maka komposisi pemakaian agregat dengan aspal hendaknya dapat menjamin bahwa asumsi-asumsi rencana mengenai kadar aspal efektif (*Asphalt Content*), rongga udara, stabilitas, sampai batasan kelelahan (*flow*) benar-benar terpenuhi sesuai dengan persyaratan atau ketentuan sifat-sifat campuran yang telah ditetapkan. Berikut adalah ketentuan-ketentuan sifat-sifat campuran AC *Wearing Course*, dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Ketentuan Sifat-sifat Campuran AC *Wearing Course* (Dep. Pu, 2006)

Sifat-sifat Campuran (%)		AC-WC
Rongga dalam agregat (VIM) (%)	Min	3,5
	Max	5,5
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15
Rongga terisi aspal (%)	Min	65
Stabilitas Marshall (%)	Min	800
Pelelehan (%)	Min	3
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250

Dalam penelitian ini persyaratan atau ketentuan yang digunakan menggunakan spesifikasi aspal porus yang dikutip dari *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) seperti yang tercantum pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Spesifikasi Aspal Porus (AAPA, 1997)

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Stabilitas Marshall (kg)	Min 500
2	Kelelehan plastis (mm)	2 – 6
3	Kadar rongga udara (%)	10 – 25
4	Kekakuan Marshall (kg/mm)	Maks 400

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal pada penelitian ini dapat diukur dari sifat-sifat Marshall seperti sebagai berikut:

1. VIM

VIM (*Voids In Mix*) merupakan volume pori dalam campuran yang telah dipadatkan atau banyaknya rongga udara yang berada dalam campuran aspal porus. Berdasarkan spesifikasi AAPA 1997 nilai batas VIM untuk aspal porus sebesar 10-25 %. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.

2. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Stabilitas sangat dipengaruhi oleh kadar aspal. Kecenderungan yang terjadi sama dengan kepadatannya dimana aspal pada kadar tertentu menjadi perekat, stabilitas meningkat, tetapi ketika kadarnya lebih dari yang dibutuhkan maka berubah menjadi pelicin, stabilitas menurun. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*ruting*). Berdasarkan spesifikasi AAPA 1997 nilai batas minimum stabilitas marshall untuk aspal porus sebesar 500 kg.

3. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal sampel (briket aspal) yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Berdasarkan spesifikasi AAPA 1997 nilai batas kelelahan plastis untuk aspal porus sebesar 2-6 mm..

4. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan kelelahan (*flow*). Nilai stabilitas yang tinggi dan *flow* yang rendah akan menunjukkan campuran aspal beton yang kaku, sehingga bila menerima

beban akan mudah retak (Rahmadi, 2017). MQ menunjukkan kekakuan campuran, semakin besar nilai MQ maka semakin kaku campuran beraspal. MQ merupakan indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan. Berdasarkan spesifikasi AAPA 1997 nilai batas maksimum *Marshall Quotient* untuk aspal porus sebesar 400 kg/mm.

5. Kepadatan (*Density*)

Kepadatan merupakan perbandingan antara berat kering benda uji dengan berat air pada volume yang sama. *Density* merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran tersebut dipadatkan.

3.9 Analisis Sifat Fisik Agregat dan Campuran Aspal

Data-data yang diperoleh setelah pengujian di laboratorium dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini:

1. Berat Jenis

- a. Berat jenis agregat kasar dengan rumus menurut SNI 03-1969-1990 sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (3.3)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3.4)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (3.5)$$

$$\text{Berat jenis penyerapan} = \left[\frac{B_j - B_k}{B_k} \right] \times 100\% \quad (3.6)$$

Dimana,

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_j = Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gram)

B_a = Berat benda uji di dalam air (gram)

- b. Berat jenis agregat halus dengan rumus menurut SNI 03-1970-1990 sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{B_k}{(B + 500 - B_t)} \quad (3.7)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{500}{(B + 500 - B_t)} \quad (3.8)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \quad (3.9)$$

$$\text{Berat jenis penyerapan} = \left[\frac{500-Bk}{Bk} \right] \times 100\% \quad (3.10)$$

Dimana,

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

c. Berat jenis *bulk* gabungan

$$\text{Bulk} = \frac{100}{\frac{\%Ca}{Bj. Bulk Ca} + \frac{\%Ma}{Bj. Bulk Ma} + \frac{\%Fa}{Bj. Bulk Fa} + \frac{\%Fs}{Bj. Bulk Fs}} \quad (3.11)$$

d. Berat jenis semu gabungan (*apparent*)

$$\text{Apparent} = \frac{100}{\frac{\%Ca}{Bj. semu Ca} + \frac{\%Ma}{Bj. semu Ma} + \frac{\%Fa}{Bj. semu Fa} + \frac{\%Fs}{Bj. semu Fs}} \quad (3.12)$$

e. Berat jenis efektif

$$\text{Efektif} = \frac{Bj. bulk \text{ campuran} + Bj. apparent \text{ campuran}}{2} \quad (3.13)$$

2. Kelelehan (*Flow*)

Nilai kelelehan (*flow*) dapat langsung dibaca pada dial *flow* dan dinyatakan dalam satuan millimeter atau 0,1 inci. *Flow* dapat merupakan indikator terhadap lentur.

3. Stabilitas

Menurut Jauhari (2013), nilai stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan campuran aspal terhadap terjadinya perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*) maupun *bleeding*. Stabilitas dinyatakan dalam satuan kg. Nilai stabilitas didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan *marshall*. Angka ini dikoreksi dengan angka kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan benda uji. Berikut adalah rumus stabilitas:

$$\text{Stability} = O \times E' \times Q \quad (3.14)$$

Dimana,

Stability = Stabilitas *Marshall* (kg)

- O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf)
 E' = Angka kolerasi volume benda uji
 Q = Kalibrasi alat *Marshall*

4. *Marshall Quotient* (MQ)

Perhitungan nilai MQ didasarkan atas rumus:

$$MQ = \frac{S}{r} \quad (3.15)$$

Dimana,

S = Nilai stabilitas terpasang (kg)

r = Nilai kelelehan (mm)

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

5. *Density*

Nilai *density* dihitung dengan rumus:

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.16)$$

$$\text{Dimana, } f = d - e \quad (3.17)$$

c = Berat benda uji sebelum direndam (gram)

d = Berat benda uji jenuh air (gram)

e = Berat benda uji dalam air (gram)

f = Isi benda uji (ml)

g = Berat isi benda uji (gram/ml)

6. *Void In The Mix* (VIM)

VIM adalah nilai prosentase rongga udara yang ada dalam isi terhadap total campuran, didapat dengan rumus sebagai berikut:

$$VIM = 100 - i - j \quad (3.18)$$

Dimana,

i = Prosentase volume aspal

j = Prsentase volume agregat

7. *Void Filled With Asphalt* (VFA)

VFA adalah nilai prosentase rongga terisi aspal efektif, didapat dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{VFA} = i/l \quad (3.19)$$

Dimana,

i = Prosentase volume aspal

l = Prosentase rongga agregat

3.10 *Permeabilitas*

Analisis model resapan campuran aspal porus (*permeabilitas*) dilakukan dengan metode *Falling Head Permeability* (FHP). Uji *permeabilitas* merupakan perbandingan antara banyaknya air yang dapat dialirkan dalam setiap detik. Menurut Diana, dalam Ghulam (2017) permeabilitas horizontal dan vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$K = 2,3 \frac{a.L}{A.t} \cdot \log \frac{h_1}{h_2} \quad (3.20)$$

Dimana,

K = Koefisien permeabilitas air (cm/s)

a = Luas potongan melintang tabung (cm²)

L = Tebal spesimen (cm)

A = Luas potongan melintang specimen (cm²)

t = Waktu yang di butuhkan untuk mengalirkan air dari h_1 ke h_2 (s)

h_1 = Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm) h_1

h_2 = Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm) h_2

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Pada Laboratorium ini penulis melakukan persiapan material, pengujian material atau pemeriksaan agregat, *mix design*, pembuatan benda uji, pengujian Marshall, dan pengujian *permeabilitas*.

4.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar dan abu batu yang digunakan berasal dari *quarry* PT. Hasrat Tata Jaya (HTJ).
2. Agregat sedang (*medium*) yang digunakan berasal dari *quarry* PT. Riau Mas Bersaudara (RMB).
3. Pasir yang digunakan berasal dari *quarry* Teluk Kenidai.
4. Aspal penetrasi 60/70 yang diproduksi oleh PT. Multi Trading Pratama.
5. Abu kayu yang berasal dari hasil pembakaran limbah konstruksi seperti *bekisting* kayu dan golong-golong, limbah pabrik seperti pembuatan pallet kayu, dan limbah usaha pembuatan kusen pintu serta jendela.

4.3 Peralatan Penelitian

Dalam penelitian dibutuhkan peralatan yang mendukung. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peralatan Pengujian Analisa Saringan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian analisa saringan adalah sebagai berikut:

- a. Saringan satu set dari ukuran saringan dari ukuran saringan 1', $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200.

- b. *Pan* dan *cover* (penutup).
- c. Timbangan dengan penelitian 0,1 gram dari berat benda uji.
- d. *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- e. Wadah aluminium, kuas, dan sikat.

2. Peralatan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Sedang

Peralatan yang digunakan pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan sedang adalah sebagai berikut:

- a. Peralatan pengujian agregat kasar
 - 1) Timbangan yang dilengkapi dengan alat penggantung keranjang
 - 2) Keranjang kawat
 - 3) Saringan No.4 dan No.8
 - 4) *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- b. Peralatan pengujian agregat halus
 - 1) Kerucut kuning (*cone*) dengan diameter bagian atas (40+3 mm)
 - 2) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
 - 3) *Picnometer* (labu ukur) 500 mm
 - 4) Saringan No.4
 - 5) *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu
 - 6) Sendok pengaduk dan wadah aluminium

3. Peralatan Pembakaran Kayu

Peralatan yang digunakan pada pembakaran kayu berguna untuk menghasilkan abu kayu adalah sebagai berikut:

- a. Limbah kayu
- b. Wadah/ember cat besi/seng
- c. Tungku
- d. Bahan bakar/minyak tanah
- e. Korek api

4. Peralatan Penyaringan Hasil Pembakaran Kayu

Peralatan yang digunakan pada penyaringan hasil pembakaran kayu adalah sebagai berikut:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Saringan No.50, No.100, dan No.200
- c. Wadah/plastik bening

5. Peralatan Pembuatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan pada pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- a. Sendok pengaduk
- b. *Silinder* cetakan benda uji
- c. Wadah/cawan untuk mengaduk
- d. Pisau pengaduk (*spatula*)
- e. Kompor untuk memanaskan campuran material
- f. *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- g. *Thermometer* logam untuk menentukan suhu pemanasan dan suhu pemadatan
- h. 3 buah cetakan benda uji (*slab mold*) berbentuk lingkaran
- i. Alat pengeluar benda uji (*ekstruder*) dari cetakan mold
- j. Pematik berbentuk *silinder*
- k. Landasan pematik

6. Peralatan Pengujian *Marshall*

Peralatan dalam pengujian *marshall* adalah sebagai berikut:

- a. Mesin tekan lengkap dengan alat pembacanya
- b. Kepala penekan
- c. Cincin penguji
- d. Arloji kelelahan
- e. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- f. Timbangan yang dilengkapi penggantungan benda uji dan bak air

7. Peralatan Pengujian *Permeabilitas*

Peralatan dalam pengujian *permeabilitas* adalah sebagai berikut:

- a. Tabung dari aluminium (berbentuk seperti *mold*)
- b. Stopwatch
- c. Gelas ukur
- d. Siller
- e. Wadah (cawan)
- f. Penggaris

4.4 Tahapan Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian terbagi atas beberapa tahap yaitu persiapan alat dan bahan, pengujian material, perencanaan campuran aspal porus (*mix design*), pembuatan benda uji, pengujian Marshall, dan pengujian *permeabilitas*. Untuk lebih jelasnya tahapan penelitian disajikan sebagai bagan alir penelitian pada gambar 4.4 halaman 48.

4.4.1 Pengujian Material

Fungsi dari pemeriksaan terhadap material-material yang digunakan untuk pembuatan bahan campuran adalah agar dapat diketahui sifat-sifat material tersebut, baik untuk agregat maupun aspal. Pengujian material yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Analisa Saringan

Analisa saringan dilakukan untuk memperoleh gradasi agregat, yaitu agregat kasar, sedang (*medium*), halus, dan pasir dengan menggunakan saringan. Analisa saringan agregat ialah penentuan persentase berat butir agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1968-1990.



Gambar 4.1 Alat Pengujian Analisa Saringan
(Dokumentasi Pribadi)

Gambar 4.1 adalah dokumentasi pribadi peneliti yaitu peralatan yang digunakan ketika pengujian analisa saringan. Peralatan yang digunakan ialah saringan satu set mulai dari ukuran saringan 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200.

2. Berat Jenis

Berat jenis suatu agregat adalah perbandingan berat dari suatu volume bahan terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperature 20^o-25^oC. Pengujian berat jenis dan penyerapan (*absorption*) dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Berat jenis ini digunakan untuk mendapatkan berat jenis efektif dari campuran aspal.

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Agregat Sedang

Pengujian material ini memakai SNI 03-1970-1990. Berikut gambar alat pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat sedang.



Gambar 4.2 Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Sedang
(Dokumentasi Pribadi)

Pada pengujian ini, alat yang digunakan adalah timbangan manual seperti pada gambar 4.2. Ketika menggunakan timbangan ini, timbangan harus diseimbangkan terlebih dahulu sebelum menimbang agregat agar hasilnya akurat.

b. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus. Standar pengujian dan alat yang digunakan mengacu pada SNI 03-1970-1990. Berikut gambar alat pengujian berat jenis agregat halus.



Gambar 4.3 Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Halus
(Dokumentasi Pribadi)

Penimbangan pada pengujian berat jenis agregat halus menggunakan timbangan digital dan untuk mengetahui keadaan kering permukaan jenuhnya dengan cara mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung seperti yang terlihat pada gambar 4.3.

3. Pengujian Kelekatan Aspal Terhadap Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan angka kelekatan agregat terhadap aspal. Selain daya kelekatan dengan aspal dipengaruhi juga oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan batuan yang mengandung silica merupakan agregat yang bersifat *hydrophilic* yaitu agregat yang cenderung menyerap air.

Agregat yang demikian tidak bagus digunakan untuk bahan campuran dengan aspal karena mudah terjadi *striping* yaitu lepasnya lapis aspal . dari agregat karena pengaruh air sehingga ikatan antara aspal dan agregat cukup baik.

4. Pengolahan Abu Kayu

Pengolahan abu kayu dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

a. Persiapan kayu

Maksud dari persiapan kayu adalah menyiapkan limbah kayu yang diambil dari limbah konstruksi, pabrik pembuatan pallet kayu dan limbah usaha pembuatan kusen.

b. Pembakaran kayu

Pembakaran limbah kayu dilakukan dengan menggunakan ember cat besi dan tempat pembakaran kayu yang dialas seng. Awal pembakaran kayu dilakukan dengan bantuan bahan bakar (minyak tanah).

c. Penyaringan kayu

Abu hasil pembakaran disaring dengan saringan No.50, No.100, dan No.200. Tujuan dari penyaringan ini agar abu kayu memiliki tingkat kehalusan yang seragam (abu lolos saringan No.200).

4.4.2 Perancangan Proporsi dari Masing-masing Fraksi Agregat

Sebelum pelaksanaan pembuatan benda uji (briket aspal), peneliti terlebih dahulu memperhitungkan jumlah agregat yang dibutuhkan dari masing-masing fraksi agregat. Rancangan dilakukan berdasarkan gradasi dari masing-masing fraksi agregat yang akan dicampur. Agar mendapatkan proporsi campuran yang optimal, hasil rancangan harus dikoreksi dan dievaluasi terlebih dahulu. Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi terbuka berdasarkan spesifikasi *UNHSC Design Specifications for Porous Asphalt Pavement and Infiltration Beds, Rev. Oct 2009* pada tabel 5 *Porous Asphalt Mix Design Criteria*.

4.4.3 Pembuatan Benda Uji (Briket Aspal)

Sebelum pembuatan benda uji diadakan pembuatan rancangan campur (*mix design*). Perencanaan rancang campur meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan kadar aspal, dan penentuan komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal, dan filler. Pembuatan benda uji (briket aspal) akan dibuat sesuai dengan variasi kadar aspal dan kombinasi *filler* yang telah ditentukan.

Benda uji dibuat sebanyak 15 buah sampel dengan 5 variasi kadar aspal untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Benda uji untuk penentuan KAO

No.	Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
1.	4,0%	3 buah
2.	4,5%	3 buah
3.	5,0%	3 buah
4.	5,5%	3 buah
5.	6,0%	3 buah
Jumlah Total		15 buah

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2018

Setelah pembuatan benda uji sebanyak 15 buah, selanjutnya dilakukan pengujian *marshall* sehingga diketahui nilai KAO. Setelah didapat nilai KAO sebesar 5,5%, maka dibuat benda uji dengan kadar aspal optimum pada kadar abu kayu 0%, 50%, dan 100% terhadap *filler* sebanyak 9 buah sampel dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Benda uji dengan KAO 5,5% pada Abu Kayu

No.	Kadar Abu Kayu	Jumlah Benda Uji
1.	0%	3 buah
2.	50%	3 buah
3.	100%	3 buah
Jumlah Total		9 buah

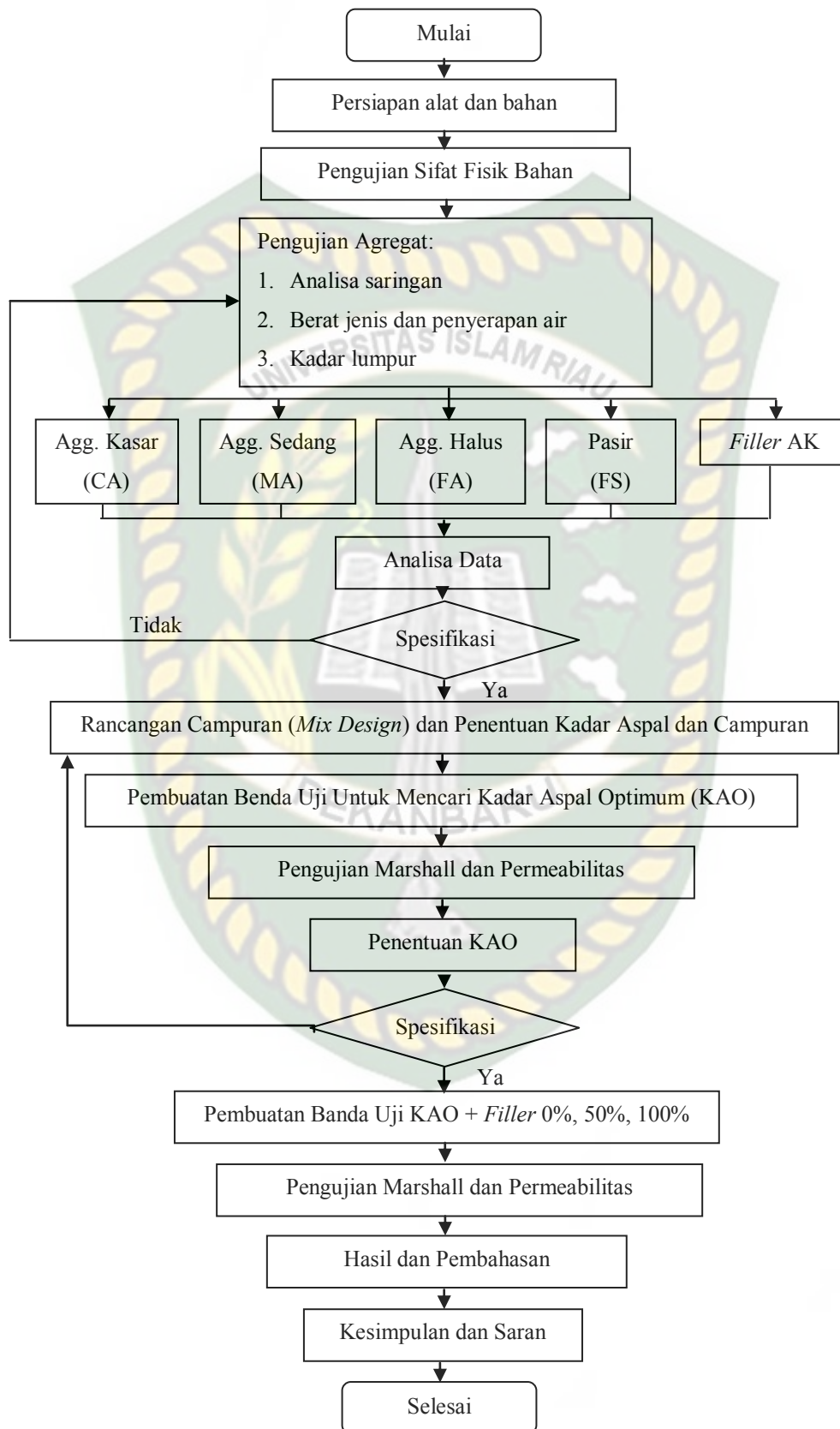
Sumber: Hasil analisa penelitian, 2018

4.4.4 Pengujian Marshall

Pengujian marshall bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (*flow*) suatu campuran beraspal. Sebelum pengujian marshall, terlebih dahulu melakukan penimbangan yang dibutuhkan berkaitan dengan perhitungan sifat volumetrik campuran. Perhitungan parameter aspal pada penelitian ini meliputi VMA, VFA, VIM, stabilitas, *flow*, dan MQ sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

4.4.5 Pengujian Permeabilitas

Metode untuk mengukur besarnya *permeabilitas* yaitu *falling head permeability (FHP)* dimana air di dalam tabung (*stand pipe*) jatuh bebas dengan ketinggian tertentu sampai melewati rongga pada campuran porous asphalt. Metode lain untuk mengukur *permeabilitas* yaitu *constant head permeability (CHP)*, (Takahashi & Part, 1999 dalam Sarwono, 2007). Pada pengujian ini, metode yang digunakan untuk mengukur besarnya permeabilitas yaitu metode *Falling Head Permeability (FHP)* dengan kriteria perencanaan 0,1-0,5 cm/s.



Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian AC Wearing Course

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Material

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi beberapa pengujian yaitu distribusi ukuran butiran agregat atau analisa saringan, berat jenis agregat dan penyerapan, dan berat jenis abu kayu.

5.1.1 Distribusi Ukuran Butiran Agregat (Analisa Saringan)

Distribusi ukuran butiran agregat adalah penentuan persentase berat butiran pada satu set saringan dengan ukuran diameter lubang tertentu. Pemeriksaan analisa saringan ini dimaksudkan untuk mengetahui persentase lolos dari masing-masing agregat yang digunakan dan selanjutnya digunakan sebagai pegangan dalam menentukan penggabungan agregat campuran aspal. Hasil perhitungan analisa saringan agregat dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Gradasi Agregat

NOMOR SARINGAN		% LOLOS AGREGAT			
		KASAR	SEDANG	ABU BATU	PASIR
Inchi	mm	(CA)	(MA)	(FA)	(FS)
1"	25,40	100	100	100	100
3/4"	19,10	100	100	100	100
1/2"	12,70	43,750	97,053	100	100
3/8"	9,50	15,319	72,310	99,447	99,552
No.4	4,75	1,471	15,010	95,023	95,524
No.8	2,38	0,694	5,689	62,120	87,466
No.16	1,18	0,654	5,209	42,949	76,455
No.30	0,60	0,613	5,072	35,392	53,178
No.50	0,30	0,572	4,866	28,479	17,368
No.100	0,15	0,490	4,112	18,986	1,522
No.200	0,075	0,408	3,221	13,456	0,090

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2018

Berdasarkan tabel 5.1, gradasi agregat tersebut digabungkan sehingga gradasi gabungan yang dihasilkan memenuhi spesifikasi gabungan gradasi campuran aspal porus yang di syaratkan, dapat dilihat pada tabel B.5 pada Lampiran B.37.

5.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan baik untuk agregat kasar, agregat sedang, abu batu, dan pasir dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

No	Pengujian	Agregat Kasar (gr/cm ³)	Agregat Sedang (gr/cm ³)	Abu Batu (gr/cm ³)	Pasir (gr/cm ³)	Syarat
1	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,65	2,56	2,54	2,54	Min 2,50
2	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	2,65	2,61	2,55	2,58	Min 2,50
3	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	2,66	2,69	2,58	2,65	Min 2,50
4	Penyerapan (%)	0,16	1,94	0,01	0,02	Maks 3,0

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2018

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1998), persyaratan yang umum digunakan sebagai pedoman, dapat dijelaskan bahwa agregat tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan dan layak digunakan sebagai bahan pencampuran perkerasan aspal, karena syarat berat jenis minimum 2,5 gr/cm³, serta penyerapan tidak lebih dari 3%. Berdasarkan tabel 5.3, keempat agregat tersebut telah memenuhi spesifikasi dan layak digunakan. Serta dapat digunakan untuk perhitungan pengujian marshall.

5.1.3 Pengujian Berat Jenis Abu Kayu (*Filler*)

Asal utama abu dari berbagai garam yang diendapkan dalam dinding-dinding sel dan lumen. Endapan yang khas ialah berbagai garam-garam logam seperti karbonat, fosfat, silikat, dan oksalat. Jumlah komponen logam paling banyak adalah kalsium diikuti kalium dan magnesium (Sjostrom, 1995). Dalam proses pengabuan, bahan-bahan organik yang terkandung dalam kayu akan terbakar sedangkan bahan-bahan anorganik akan tertinggal.

Pada penelitian ini *filler* yang digunakan adalah agregat halus lolos pada saringan No.200. abu yang lolos No.200 merupakan abu terbang (*fly ash*). Warna abu terbang biasanya dari abu-abu sampai abu-abu kehitaman

yang mempunyai berat jenis 2,15 – 2,8 (Aman 1995, dalam Shalahuddin 2010). Karakteristik fisik abu terbang umumnya tergantung pada efisiensi proses pembakaran pada tempat pengolahan dan jenis bahan.

5.2 Gabungan Agregat

Komposisi campuran AC-WC yang terdiri dari 4 fraksi yaitu agregat kasar, sedang, abu batu, dan pasir. Persentase masing-masing pemakaian agregat diperoleh dengan metode matrik. Persentase pemakaian agregat dikalikan dengan % lolos masing-masing agregat, sehingga didapatkan gradasi agregat gabungan. Gradasi agregat gabungan ini harus memenuhi persyaratan atau spesifikasi *UNHSC Design Specifications for Porous Asphalt Pavement and Infiltration Beds, Rev. Oct 2009* seperti yang tercantum pada tabel 5 *Porous Asphalt Mix Design Criteria*. Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 5.2.

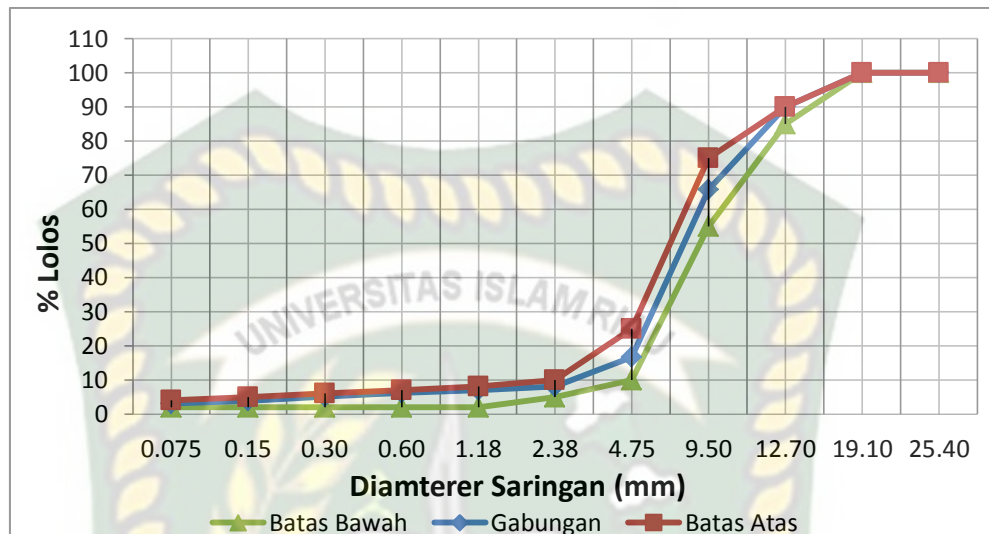
Tabel 5.2 Hasil Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-WC

NOMOR SARINGAN		% PEMAKAIAN AGREGAT				GRADASI GAB.	SPESIFIKASI PORUS	
		Kasar	Sedang	Abu Batu	Pasir		% LOLOS	
Inchi	mm	13,47	82,20	2,19	2,14	100	Min	Max
1"	25,40	13,47	82,20	2,19	2,14		100	-
3/4"	19,10	13,47	82,20	2,19	2,14	100	-	100
1/2"	12,70	5,89	79,78	2,19	2,14	90	85	100
3/8"	9,50	2,06	59,44	2,18	2,13	65,81	55	75
No.4	4,75	0,20	12,34	2,08	2,04	16,66	10	25
No.8	2,38	0,09	4,68	1,36	1,87	8	5	10
No.16	1,18	0,09	4,28	0,94	1,63	6,94	-	-
No.30	0,60	0,08	4,17	0,78	1,14	6,16	-	-
No.50	0,30	0,08	4,00	0,62	0,37	5,07	-	-
No.100	0,15	0,07	3,38	0,42	0,03	3,90	-	-
No.200	0,075	0,06	2,65	0,30	0,00	3	2	4

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2018

Berdasarkan tabel 5.2 didapatkan persen pemakaian agregat kasar (CA) sebesar 13,47%, agregat sedang (MA) sebesar 82,20%, abu batu (FA) sebesar 2,19%, dan pasir (FS) sebesar 2,14%. Spesifikasi batas atas, batas tengah dan batas bawah tabel 5.2 telah memenuhi spesifikasi seperti yang tercantum pada

tabel 5 UNHSC Rev. October 2009 dapat dilihat pada Lampiran B.37. Grafik gradasi gabungan agregat dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Gabungan Agregat untuk Campuran AC-WC

Berdasarkan gambar 5.1 dapat dilihat bahwa gradasi gabungan agregat berada tepat diantara batas atas dan batas bawah, tidak bersinggungan dan artinya gradasi gabungan ini memenuhi spesifikasi.

5.3 Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60-70, dimana hasil pengujian mutu aspal hanya mengambil data sekunder yang dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Pesyaratan Pengujian
1	Penetrasi	0,1	63,24	60 – 70
2	Titik Lembek	°C	49,75	48 – 58
3	Titik Nyala	°C	300	Min.200
4	Daktalitas	Cm	135	Min.100

Sumber: Manggiring, 2006 dalam Nasir, 2011

Berdasarkan tabel 5.4, hasil penelitian Manggiring, 2006 tersebut layak digunakan sebagai bahan campuran perkerasan aspal karena telah memenuhi persyaratan yang ditentukan pada Revisi SNI 03-1737-1989. Sedangkan berat jenis aspal dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Pesyaratan Pengujian
1	Berat Jenis	Gr/cc	1,030	Min. 1,0

Sumber: Laboratorium Teknik Sipil UIR, Pekanbaru

Berdasarkan tabel 5.5, hasil pengujian berat jenis aspal pen 60/70 tersebut telah memenuhi syarat seperti yang tercantum pada Revisi SNI 03-1737-1989. Sehingga aspal pen 60/70 dapat digunakan pada penelitian ini.

5.4 Penentuan Variasi Kadar Aspal

Variasi kadar aspal ditentukan berdasarkan pada kadar aspal awal perkiraan yang merupakan kadar aspal tengah/ideal (Pb). Variasi yang digunakan sebanyak 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%.

Dimana, perhitungan perkiraan kadar aspal rencana awal (Pb) adalah:

Persen agregat tertahan saringan no 8 / agregat kasar (CA) = 92%

Persen agregat lolos no 8 tertahan no 200 / agregat halus (FA) = 5%

Persen agregat lolos saringan no 200 / bahan pengisi (FF) = 3%

Konstanta (0,5 – 1) untuk Laston dipakai = 1

Didapat nilai Pb = 5%

(Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.9)

Dari hasil perhitungan, didapat nilai perkiraan kadar aspal rencana awal (Pb) sebesar 5,0%. Sehingga dapat ditentukan variasi kadar aspal campuran yaitu 4,0% ; 4,5% ; 5,0% ; 5,5% dan 6,0% terhadap berat total campuran.

5.5 Pembuatan Benda Uji

Agregat, gradasi agregat, aspal penetrasi 60/70, dan abu kayu yang telah memenuhi syarat selanjutnya akan dibuat benda uji yang tiga kelompok yaitu:

1. Benda uji dengan variasi kadar aspal pen. 60/70 dalam campuran aspal porus dengan variasi kadar aspal sebesar 4,0% ; 4,5% ; 5,0% ; 5,5% dan 6,0%. Benda uji dibuat sebanyak 15 buah, dimana satu variasi kadar aspal

dibuat 3 buah benda uji, maka 3 x 5 variasi = 15 buah benda uji. Benda uji ini dibuat untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO).

2. Benda uji pada KAO tanpa abu kayu sebanyak 3 buah (0% abu kayu + KAO).
3. Benda uji pada KAO dengan 50% kadar abu kayu sebanyak 3 buah dan 100% kadar abu kayu sebanyak 3 buah terhadap *filler*.

Setelah pembuatan benda uji, dilanjutkan dengan pengujian marshall dan pengujian *permeabilitas*.

5.6 Hasil Pengujian Marshall

Kadar aspal yang dipakai untuk menentukan KAO pada pengujian *marshall* adalah 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% dan 6% dengan jumlah briket ada 15 buah. Setelah didapatkan nilai KAO sebesar 5,5% maka selanjutnya pembuatan benda uji dengan penambahan abu kayu sebanyak 0%, 50% dan 100% abu kayu terhadap berat total campuran *filler* untuk melihat apakah memenuhi persyaratan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997. Hasil pengujian marshall meliputi VMA, VFA, VIM, Stabilitas, *Flow*, dan MQ dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Marshall

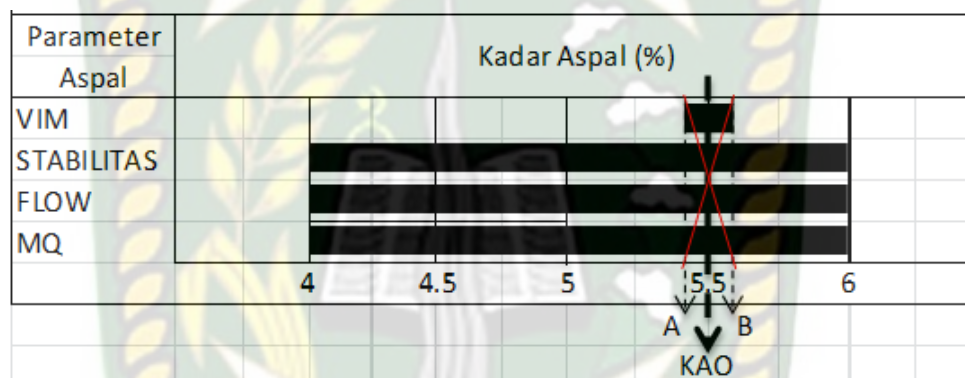
No	Karateristik Campuran	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi AAPA 1997
			4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
1	VMA	%	16,414	18,614	19,656	21,937	20,291	-
2	VFA	%	54,084	52,405	54,723	52,682	63,779	-
3	VIM	%	7,537	8,859	8,900	10,380	7,350	10 - 25
4	STABILITAS	Kg	2.159,555	1.166,819	1.127,038	960,394	872,373	Min. 500
5	FLOW	mm	2,76	3,08	3,34	3,46	3,34	2 - 6
6	MQ	Kg/mm	781,504	378,837	337,773	277,838	261,451	Maks. 400

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2018

Berdasarkan tabel 5.6 dapat dilihat bahwa, nilai VIM yang memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997 hanya pada kadar aspal 5,5% dengan nilai 10,38%. Nilai stabilitas pada kelima variasi kadar aspal telah memenuhi spesifikasi karena nilainya lebih dari 500

kg, dimana nilai tertinggi berada pada kadar aspal 4% dan semakin besar persentase aspal maka nilai stabilitas semakin rendah. Nilai *flow* telah memenuhi spesifikasi karena berada pada rentang 2-6 mm, semakin besar persentase aspal maka nilai *flow* semakin tinggi. Pada kadar aspal 4% nilai MQ tidak memenuhi spesifikasi karena melebihi batas maksimal sebesar 400 kg/mm, namun pada kadar aspal 4,5%-6% nilai MQ memenuhi spesifikasi karena nilai MQ lebih kecil daripada batas maksimal.

Setelah menganalisa ke 15 buah briket aspal, selanjutnya menghitung nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 Diagram Pemilihan Kadar Aspal Optimum

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Aspal Optimum (KAO)} &= \frac{A+B}{2} \\
 &= \frac{5,4\% + 5,6\%}{2} \\
 &= 5,5\%
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukannya pengujian marshall sebanyak 15 buah briket aspal, maka berdasarkan gambar 5.2 didapat nilai KAO-nya sebesar 5,5%. Selanjutnya pembuatan benda uji dengan *filler* abu kayu terhadap KAO. Benda uji yang akan dibuat sebanyak 9 buah briket, dimana 3 briket untuk 0% abu kayu, 3 briket untuk 50% abu kayu dan 50% *filler* abu batu, selanjutnya 3 briket untuk 100% abu kayu terhadap berat total campuran *filler* abu batu. Berikut hasil pengujian marshall KAO + persentase penambahan abu kayu dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian *Marshall* Abu Kayu pada KAO

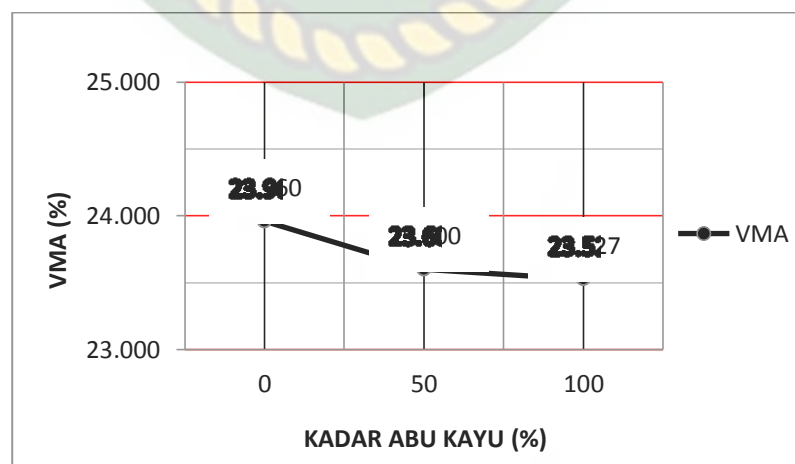
No	Karateristik Campuran	Satuan	Kadar Abu Kayu (%)			Spesifikasi AAPA 1997
			0	50	100	
1	VMA	%	23,960	23,600	23,527	-
2	VFA	%	47,081	48,025	48,220	-
3	VIM	%	12,679	12,109	12,025	10 - 25
4	STABILITAS	Kg	870,807	986,080	1.245,364	Min. 500
5	FLOW	mm	2,71	3,10	3,95	2 - 6
6	MQ	Kg/mm	321,727	318,090	315,548	Maks. 400

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2018

Berdasarkan tabel 5.7 dapat dilihat bahwa penambahan abu kayu memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997. Semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai VIM dan MQ semakin rendah. Tapi nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) akan semakin tinggi.

5.6.1 Rongga Dalam Mineral Aspal (*Void In Mineral Aggregate* / VMA)

VMA (*Void In Mineral Aggregate*) adalah volume pori atau rongga udara yang ada di antara butir-butir agregat dalam campuran aspal padat. Nilai VMA tergantung dari ukuran mineral agregat, bentuk partikel agregat, tekstur permukaan agregat, dan metode pemadatannya. Berikut adalah grafik hasil pengujian VMA, dapat dilihat pada gambar 5.3.

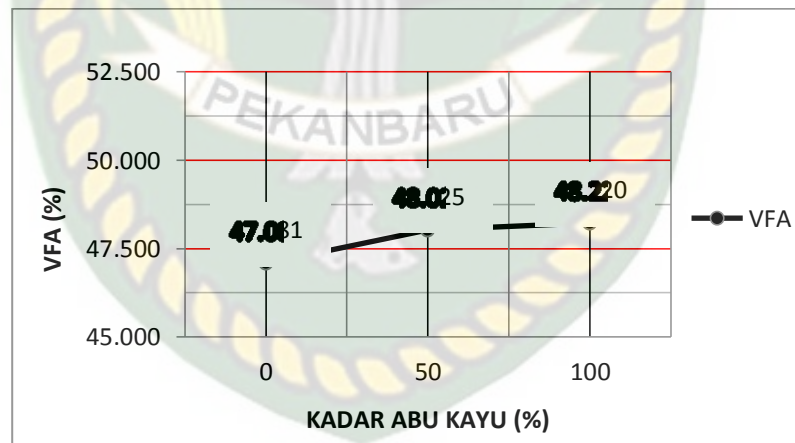


Gambar 5.3 Hubungan VMA dengan Abu Kayu

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai VMA semakin rendah. Untuk kadar abu kayu 0% menghasilkan nilai VMA sebesar 23,960%. Untuk kadar abu kayu sebesar 50% menghasilkan nilai VMA sebesar 23,600%. Dan untuk kadar abu kayu 100% menghasilkan nilai VMA sebesar 23,527%. Nilai VMA terendah pada kadar abu kayu 100% dan nilai tertinggi pada kadar abu kayu 0%.

5.6.2 Rongga Terisi Aspal (*Void Filled with Asphalt* / VFA)

VFA (*Void Filled with Asphalt*) adalah volume pori dari campuran aspal padat yang terisi oleh aspal atau persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, tidak termasuk penyerapan dari aspal. Lapisan aspal yang baik terjadi bila rongga-rongga antara agregat terisi aspal yang cukup, hal tersebut juga dapat menghasilkan campuran perkerasan yang awet. Berikut adalah grafik hasil pengujian VFA, dapat dilihat pada gambar 5.4.

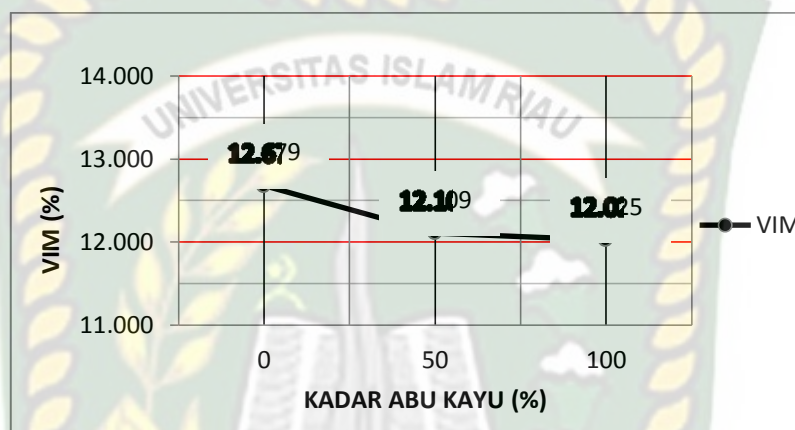


Gambar 5.4 Hubungan VFA dengan Abu Kayu

Gambar 5.4 menunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai VFA semakin tinggi. Untuk kadar abu kayu 0% menghasilkan nilai VFA sebesar 47,081%. Untuk kadar abu kayu 50% menghasilkan nilai VFA sebesar 48,025%. Dan untuk kadar abu kayu 100% menghasilkan nilai VFA sebesar 48,220%. Nilai VFA terendah pada kadar abu kayu 0% dan nilai tertinggi pada kadar abu kayu 100%.

5.6.3 Rongga Dalam Campuran (*Void In The Mix / VIM*)

Nilai VIM merupakan ukuran yang umum dikaitkan dengan kekuatan dari campuran, semakin tinggi nilai VIM maka semakin besar rongga yang ada dalam campuran aspal atau sebaliknya. Berikut adalah grafik hasil pengujian VIM pada kadar aspal optimum 5.5% dengan variasi *filler* abu kayu, dapat dilihat pada gambar 5.5.



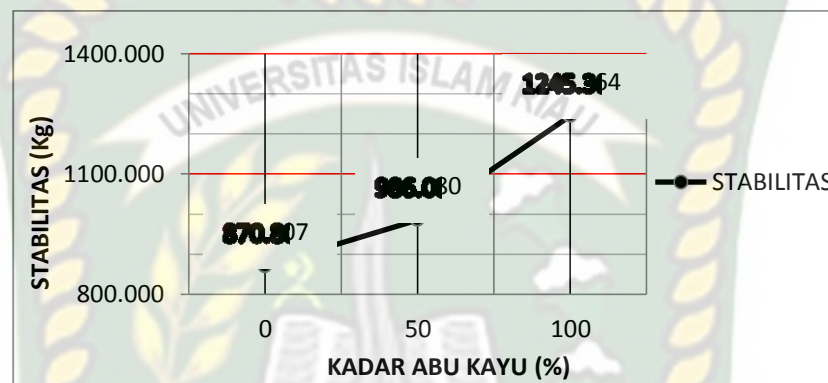
Gambar 5.5 Hubungan VIM dengan Abu Kayu

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa nilai VIM pada penelitian ini memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA)* 1997 dengan batas 10-25%. Semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai VIM semakin rendah. Untuk kadar abu kayu 0% menghasilkan nilai VIM sebesar 12,679%. Untuk kadar abu kayu 50% menghasilkan nilai VIM sebesar 12,109%. Dan untuk kadar abu kayu 100% menghasilkan nilai VIM sebesar 12,025%. Artinya, semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka semakin kecil rongga antar agregat karena telah terisi oleh abu kayu. Nilai VIM terendah pada kadar abu kayu 100% dan nilai tertinggi pada kadar abu kayu 0%.

5.6.4 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan yang menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari

lapisan aspal. Stabilitas sangat dipengaruhi oleh kadar aspal. Kecenderungan yang terjadi sama dengan kepadatannya dimana aspal pada kadar tertentu menjadi perekat, stabilitas meningkat, tetapi ketika kadarnya lebih dari yang dibutuhkan maka berubah menjadi pelican, stabilitas menurun. Pada aspal porus, spesifikasi memberikan batasan minimal 500 kg dan penelitian ini memenuhi spesifikasi tersebut yang dapat dilihat pada gambar 5.6.



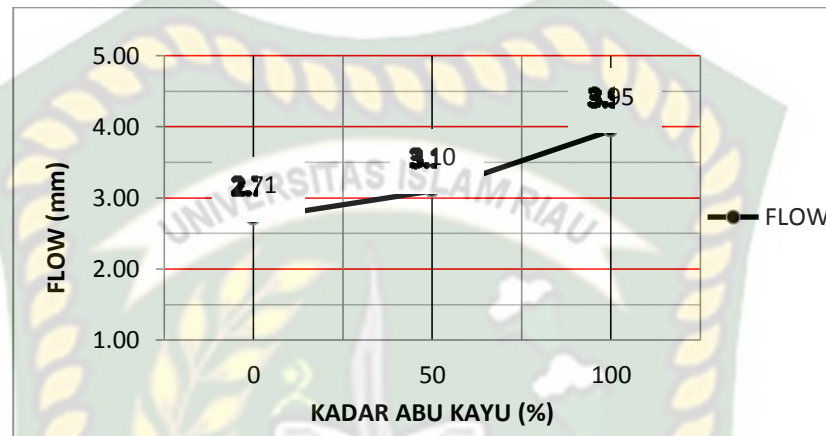
Gambar 5.6 Hubungan Stabilitas dengan Abu Kayu

Gambar 5.6 menunjukkan bahwa nilai stabilitas pada penelitian ini memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997 dengan batas minimum 500 kg. Semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai stabilitas semakin tinggi. Semakin tinggi nilai stabilitasnya maka geseran antar agregat tidak terlalu tinggi, meningkatkan penguncian antar butir partikel, dan semakin tahan terhadap terjadinya perubahan seperti *bleeding* atau alur dan gelombang. Untuk kadar abu kayu 0% menghasilkan nilai stabilitas sebesar 870,807 kg. Untuk kadar abu kayu 50% menghasilkan nilai stabilitas sebesar 986,080 kg. Dan untuk kadar abu kayu 100% menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1.245,364 kg. Nilai stabilitas terendah pada kadar abu kayu 0% dan nilai tertinggi pada kadar abu kayu 100%.

5.6.5 Kelelahan (*Flow*)

Flow merupakan keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi akibat pembebanan sampai batas runtuh, sehingga stabilitas menurun yang

menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal dan viskositas aspal, gradasi, suhu, dan jumlah pemadatan. Berikut grafik kelelahan (*flow*) pada gambar 5.7.



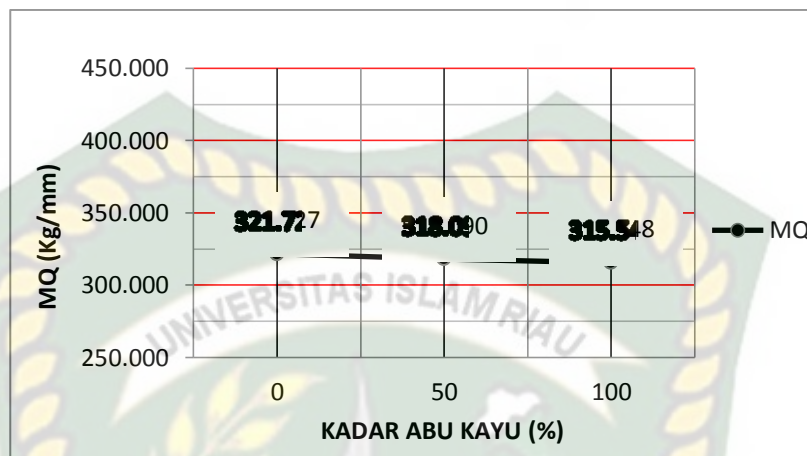
Gambar 5.7 Hubungan Kelelahan dengan Abu Kayu

Gambar 5.7 menunjukkan bahwa nilai *flow* pada penelitian ini memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997 dengan syarat *flow* berada pada rentang nilai 2-6 mm. Semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai *flow* semakin tinggi. Untuk kadar abu kayu 0% menghasilkan nilai *flow* sebesar 2,71 mm. Untuk kadar abu kayu 50% menghasilkan nilai *flow* sebesar 3,10 mm. Dan untuk kadar abu kayu 100% menghasilkan nilai *flow* sebesar 3,95 mm. Nilai *flow* terendah pada kadar abu kayu 0% dan nilai tertinggi pada kadar abu kayu 100%. Nilai *flow* menunjukkan tingkat kelenturan atau kekenyalan campuran. Nilai *flow* yang tinggi menunjukkan kelenturan yang tinggi, sehingga retakan yang timbul karena pembebanan dapat dihindari. Namun sebaliknya, *flow* yang rendah menunjukkan tingkat kelenturan lapisan rendah dan bersifat getas, sehingga mudah mengalami pecah akibat terjadinya pemisahan antar partikel butiran.

5.6.6 Marshall Quotient (MQ)

Nilai MQ dipengaruhi oleh nilai stabilitas, *flow*, dan merupakan indikator potensial terhadap keretakan pada perkerasan. Hasil bagi marshall

merupakan hasil bagi stabilitas dan *flow*. Berikut adalah grafik hasil pengujian MQ, dapat dilihat pada gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hubungan MQ dengan Abu Kayu

Gambar 5.8 menunjukkan bahwa nilai MQ pada penelitian ini memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997 dengan batas maksimal 400 kg/mm. Semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai MQ semakin rendah. Untuk kadar abu kayu 0% menghasilkan nilai MQ sebesar 321,727 kg/mm. Untuk kadar abu kayu 50% menghasilkan nilai MQ sebesar 318,090 kg/mm. Dan untuk kadar abu kayu 100% menghasilkan nilai MQ sebesar 315,548 kg/mm. Nilai MQ terendah pada kadar abu kayu 100% dan nilai tertinggi pada kadar abu kayu 0%. Nilai MQ terendah dapat dikatakan bahwa aspal ini semakin *fleksibel* dan akan cenderung menjadi plastis dan lentur, sehingga mudah berubah bentuk (deformasi) apabila menahan beban lalu lintas tinggi dan berat.

5.7 Hasil Pengujian *Permeabilitas*

Permeabilitas adalah kemampuan media yang porous untuk mengalirkan fluida. Setiap material dengan ruang kosong diantaranya disebut porous, dan apabila ruang kosong itu saling berhubungan maka ia akan memiliki sifat *permeabilitas*. Maka batuan, beton, tanah, dan banyak material lain dapat merupakan material porous dan *permeabel*. Material dengan ruang kosong yang lebih besar biasanya mempunyai angka pori yang lebih besar pula

(Bowles, JE 1986 dalam Sarwono, 2007). Hasil pengujian *permeabilitas* dengan *filler* abu kayu pada KAO dapat dilihat pada tabel 5.8.

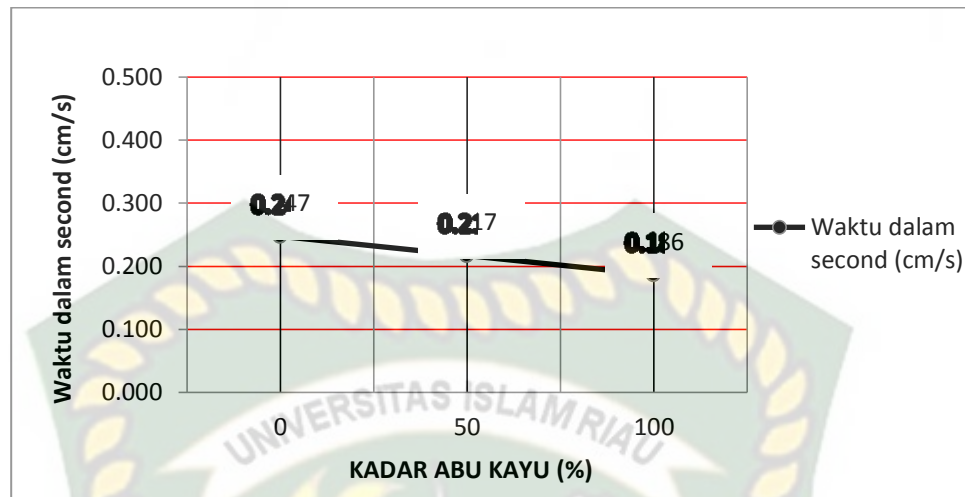
Tabel 5.8 Hasil Pengujian *Permeabilitas*

Hasil Perhitungan <i>Permeabilitas</i> Aspal Porus		
Kadar Abu Kayu (%)	No	Waktu dalam <i>second</i> (cm/s)
0	1	0,236
	2	0,257
	3	0,248
	Rata ²	0,247
50	1	0,321
	2	0,166
	3	0,163
	Rata ²	0,217
100	1	0,204
	2	0,179
	3	0,175
	Rata ²	0,186
Spesifikasi <i>Permeabilitas</i>		0,1 – 0,5 cm/s

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2018

Berdasarkan tabel 5.8, dapat dilihat bahwa pengujian *permeabilitas* ini memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 2004. Semakin besar persentase penambahan kadar abu kayu maka semakin rendah nilai *permeabilitas*nya sehingga semakin lama waktu air mengalir. Diketahui bila nilai *permeabilitas* semakin rendah maka semakin kecilnya rongga dalam campuran, sehingga campuran tidak bersifat porus, demikian sebaliknya. Besar dan kecilnya nilai *permeabilitas* sangat dipengaruhi oleh distribusi dan gradasi agregat yang akan membuat campuran lebih padat.

Pengujian *permeabilitas* dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan perkerasan aspal porus untuk mengalirkan air. *Permeabilitas* campuran aspal porus untuk semua tahapan telah sesuai dengan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 2004 dengan nilai 0,1-0,5 cm/s. Hasil pengujian *permeabilitas* dapat dilihat pada gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hubungan *Permeabilitas* dengan Abu Kayu

Gambar 5.9 menunjukkan bahwa nilai *permeabilitas* pada penelitian ini memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 2004 dengan batas nilai 0,1-0,5 cm/s. Semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai *permeabilitas* semakin rendah. Semakin rendah nilai *permeabilitas*, maka semakin kecil rongga udara dalam campuran sehingga waktu air mengalir dipermukaan akan lebih lama. Penambahan abu kayu ini tidak terlalu berpengaruh besar terhadap campuran aspal porous. Karna mengakibatkan rongga udara semakin kecil. Untuk kadar abu kayu 0% menghasilkan nilai *permeabilitas* sebesar 0,247 cm/s. Untuk kadar abu kayu 50% menghasilkan nilai *permeabilitas* sebesar 0,217 cm/s. Dan untuk kadar abu kayu 100% menghasilkan nilai *permeabilitas* sebesar 0,186 cm/s. Nilai *permeabilitas* terendah pada kadar abu kayu 100% dan nilai tertinggi pada kadar abu kayu 0%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan persentase pemakaian agregat kasar sebesar 13,47%, agregat sedang 82,20%, agregat halus 2,19%, pasir 2,14% dan variasi kadar aspal dengan persentase 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5%, dan 6% maka nilai kadar aspal optimum yang diperoleh pada campuran aspal porus sebesar 5,5%.
2. Penambahan abu kayu pada aspal porus memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997 terhadap karakteristik *marshall* dan AAPA 2004 terhadap *permeabilitas*. Penambahan abu kayu 0%, 50%, dan 100% berpengaruh pada campuran aspal porus. Semakin besar persentase penambahan abu kayu, maka nilai VFA, stabilitas dan *flow* semakin tinggi. Namun pada nilai VMA, VIM, MQ, dan *permeabilitas* semakin rendah. Penambahan abu kayu pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas semakin tinggi akan meningkatkan penguncian antar butir partikel pada perkerasan jalan, sehingga lapis permukaan akan lebih tahan terhadap perubahan (deformasi) seperti *bleeding* dan gelombang. Sedangkan pada *permeabilitas*, nilai *permeabilitas* semakin rendah artinya penambahan abu kayu pada campuran aspal porus ini tidak terlalu berpengaruh secara signifikan karena semakin kecil rongga udara dalam campuran. Penambahan abu kayu pada campuran aspal porus meningkatkan nilai stabilitas yang dapat meningkatkan kemampuan konstruksi jalan dalam menerima beban, namun lapis perkerasan tidak bersifat *permeable* dan mengalirkan air dipermukaan lebih lambat.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, diusulkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian yang sama dengan menggunakan satu jenis kayu dan dengan komposisi campuran agregat yang berbeda.
2. Dalam penelitian selanjutnya disarankan melanjutkan metode pengujian *Cantabro Loss* untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji.
3. Perlu dilakukan pengujian di lapangan untuk mendapatkan hasil yang realistis.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- AAPA, *Australian Asphalt Pavement Association, 1997, Open Graded Asphalt Design Guide*, Australian.
- Bukhari, dkk, 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*, Fakultas Teknik, Universitas Sya Kuala.
- Diana, I.W., 2004, *The Influence of Using Modified Asphalt on Durability of Porous Asphalt*, Laporan Penelitian, Bandar Lampung, Fakultas Teknik, UNILA.
- Diniz, Elvidio V., 1980, *Porous Pavement*, New Mexico.
- Djumari dan Djoko Sarwono, 2009, *Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Lokal Dengan Metode Pemampatan Kering*, Media Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS, Surakarta.
- Dumawan, J.E., 1990, *Mengenal Kayu*, Semarang.
- Ghulam R, Mirza, dkk, 2017, *Nilai Stabilitas Porous Asphalt Menggunakan Material Lokal*, Jurnal Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi.
- Hardiman, 2005, *Pengaruh Pemilihan Gradasi Terhadap Faktor Pelaksanaan Pekerjaan (Workability)*. University Sains Malaysia. Kuala Lumpur.
- Harmadhana, Shinta, 2016, *Kajian Karakteristik Laboratorium Aspal Porus Dengan Menggunakan Crumb Rubber Sebagai Bahan Tambah*, Tugas Akhir, Bidang Studi Transportasi, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hendra A, Raden dan Andri, 2012, *Pengaruh Penambahan Filler Abu Ampas Tebu Pada Campuran Aspal Terhadap Sifat Marshall*, Jurnal Rancang Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi, Medan.
- Idral, Muhammad, 2016, *Kinerja Perkerasan Aspal Porus dengan Penambahan Karet Gondokurgem*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.

Jauhari, Sri Nurul, 2013, Karakteristik Marshall Test Pada Lapisan Perkerasan Aspal Berongga Menggunakan Batu Karang Dan Buton *Natural Asphalt*, Makasar, Skripsi Teknik Sipil Universitas Hasanudin.

Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, 2004, Diktat Pedoman Praktikum Aspal dan Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Laksono, Rifky Arif, 2017, Pengaruh Penambahan *Slag* Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Karakteristik Marshall dan *Permeabilitas* Pada Campuran Panas (*Hot Mix*) Aspal Porus, Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.

Misra, dkk, 1992, *Wood Ash Composition As A Function Of Furnace Temperature*, Department of Mechanical Engineering, University of Wisconsin-Madison, U.S.A.

Nasir, M, 2011, Analisis Penggunaan *Filler* Arang Tempurung dan Abu Tempurung Kelapa Pada Campuran *AC Wearing Course* dan *Binder Course* Terhadap Karakteristik Marshall, Tesis Program Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Rahman, Al, 2014, Penggunaan Abu Limbah Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) pada Campuran Aspal Porus, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang.

Rianto, Ridwan Hadi, 2007, Pengaruh Abu Sekam sebagai Bahan *Filler* Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (*CERB*), Tesis Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.

Saleh, M. Sofyan, dkk, 2014, Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi *Styrofoam* pada Aspal Penetrasi 60/70, Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala.

Sarwono, Djoko, 2007, Pengukuran Sifat Permeabilitas campuran *Porous Asphalt*, Fakultas Teknik, UNS, Surakarta.

Shalahudin, Muhammad, 2010, Respon Limbah Industri Abu Terbang Sisa Pembakaran Kulit Kayu Pada Campuran Beton, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau.

Sjostrom, E., 1995, Kimia Kayu, Edisi Kedua, Gajah Mada Universitas Press, Yogyakarta.

Sukirman, Silvia, 1999, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Granit, Jakarta.

Sukirman, Silvia, 2003, Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Jakarta.

Suprpto, 2004, Bahan dan Struktur Jalan Raya, Edisi Ketiga, Penerbit Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

UNHSC *Design Specifications for Porous Asphalt Pavement and Infiltration Beds*, Rev. October 2009, University of New Hampshire Stormwater Center (UNHSC).

Widhianto, dkk, 2013, Desain Aspal Porus dengan Gradasi Seragam Sebagai Bahan Konstruksi Jalan yang Ramah Lingkungan, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMAKASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	ix
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	4
2.2 Penelitian Sebelumnya	5
2.3 Keaslian Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan	9
3.1.1 Jenis Konstruksi Pekarasan	9
3.1.2 Jenis Lapisan Perkerasan Lentur	11
3.1.3 Fungsi Jalan	13
3.2 Aspal	15
3.2.1 Jenis Aspal	15
3.2.2 Komposisi Aspal	18
3.2.3 Mutu Aspal	19
3.2.4 Kadar Aspal Dalam Campuran	19
3.3 Aspal beton	20
3.4 Aspal Porus	22

3.5	Agregat	23
3.5.1	Gradasi Agregat	25
3.5.2	Pemeriksaan Agregat	28
3.6	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	29
3.7	Abu Kayu	30
3.8	Karakteristik Marshall	31
3.8.1	VIM	33
3.8.2	Stabilitas	33
3.8.3	Kelelehan (<i>Flow</i>)	33
3.8.4	Marshall Quotient (MQ)	34
3.8.5	Kepadatan (<i>Density</i>)	34
3.9	Analisis Sifat Fisik Agregat dan Campuran Aspal	34
3.9.1	Berat Jenis	34
3.9.2	Kelelehan (<i>Flow</i>).....	35
3.9.3	Stabilitas	35
3.9.4	Marshall Quotient (MQ)	36
3.9.5	Kepadatan (<i>Density</i>)	36
3.9.6	<i>Void In The Mix</i> (VIM)	36
3.9.7	<i>Void Filled With Asphalt</i> (VFA)	37
3.9.8	<i>Permeabilitas</i>	37

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1	Lokasi Penelitian	38
4.2	Bahan Penelitian.....	38
4.3	Tahapan Penelitian	38
4.3.1	Pengujian Material	38
4.3.2	Pengujian Kelekatan Aspal Terhadap Agregat	41
4.3.3	Pembuatan Benda Uji (Briket Aspal)	42
4.3.4	Pengujian Marshall	42
4.3.5	Pengujian Permeabilitas	42

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1	Umum	44
-----	------------	----

5.2	Pengujian Material	44	
5.2.1	Distribusi Ukuran Butiran Agregat	44	
5.2.2	Gabungan Agregat	45	
5.2.3	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus	47	
5.2.4	Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i> (Abu Kayu)	47	
5.2.5	Pengujian Aspal	48	
5.2.6	Penentuan Variasi Kadar Aspal	49	
5.2.7	Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	49	
5.2.8	Pengujian Marshall	50	
5.2.9	Pengujian Permeabilitas	52	
5.3	Hasil Pengujian Marshall	53	
5.3.1	Rongga Dalam Mineral Aspal (VMA)	53	
5.3.2	Rongga Terisi Aspal (VFA)	54	
5.3.3	Rongga Dalam Campuran (VIM)	55	
5.3.4	Stabilitas	56	
5.3.5	Kelelehan (<i>Flow</i>).....	57	
5.3.6	Marshall Quotient (MQ)	58	
5.4	Hasil Pengujian Permeabilitas.....	59	
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN			
6.1	Kesimpulan	60	
6.2	Saran.....	60	
DAFTAR PUSTAKA			61
LAMPIRAN A			
LAMPIRAN B			
LAMPIRAN C			
LAMPIRAN D			

DAFTAR NOTASI

- 500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)
- B = Berat piknometer berisi air (gram)
- Ba = Berat benda uji di dalam air (gram)
- Bj = Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gram)
- Bk = Berat benda uji kering oven (gram)
- Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air(gram)
- c = Berat benda uji sebelum direndam (gram)
- d = Berat benda uji jenuh air (gram)
- e = Berat benda uji dalam air (gram)
- E' = Angka kolerasi volume benda uji
- f = Isi benda uji (ml)
- g = Berat isi benda uji (gram/ml)
- i = Prosentase volume aspal
- j = Prsentase volume agregat
- K = Koefisien permeabilitas air (cm/s)
- a = Luas potongan melintang tabung (cm²)
- L = Tebal spesimen (cm)
- A = Luas potongan melintang specimen (cm²)
- t = Waktu yang di butuhkan untuk mengalirkan air dari h1 ke h2 (s)
- h1 = Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm) h1
- h2 = Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm) h2
- l = Prosentase rongga agregat
- MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)
- O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf)
- Q = Kalibrasi alat *Marshall*
- r = Nilai kelelehan (mm)
- S = Nilai stabilitas terpasang (kg)
- Stability* = Stabilitas *Marshall* (kg)