

**PEGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU
PADA CAMPURAN ASPAL BETON
PADA SIFAT MARSHALL**

SKRIPSI



Oleh :

WISNU WARDANA

143110702

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU PADA CAMPURAN ASPAL BETON PADA SIFAT MARSHALL

DISUSUN OLEH


WISNU WARDANA
143110702

Diperiksa dan Disetujui oleh :

Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT.
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 21 September 2020

Harmiyati, ST.,M.Si
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 22 September 2020

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU PADA CAMPURAN ASPAL BETON PADA SIFAT MARSHALL


DISUSUN OLEH :

WISNU WARDANA
143110702


Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Tanggal 04 September 2020
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT
Dosen Pembimbing I


Harmiyati, ST., M.Si
Dosen Pembimbing II


Sri Hartati Dewi, ST., MT
Dosen Penguji


Firman Syarif, ST., M.Eng
Dosen Penguji

Pekanbaru, 04 September 2020
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Strata 1), baik di Universitas Islam Riau maupun di Perguruan Tinggi Lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis 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 kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Pekanbaru, 11 September 2020

Yang Bersangkutan Pernyataan

WISNU WARDANA

143110702

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

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 AMPAS TEBU PADA CAMPURAN ASPAL BETON PADA SIFAT MARSHALL**”. 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.

Tulisan ini membahas tentang campuran material perkerasan *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* dengan menggunakan abu ampas tebu sebagai bahan pengisi (*Filler*). Dengan harapan dari hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai pedoman dimasa mendatang dalam penggunaan *Filler* abu ampas tebu.

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, 26 Agustus 2019

WISNU WARDANA
NPM. 143110702

UCAPAN TERIMA KASIH

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah begitu banyaknya melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr. H. Syafrinaldi SH., MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
3. Ibu Drs. Mursyidah, Ssi., MSc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, selaku Wakil Dekan III Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati ST., M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau dan sekaligus sebagai selaku Dosen Pembimbing II.
7. Ibu Sapitri, ST., MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono., MMT., I-PU selaku Dosen Pembimbing I.

9. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT, selaku Dosen Penguji.
10. Bapak Firman Syarif, ST., M.Eng, selaku Dosen Penguji.
11. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
12. Seluruh Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Penghargaan setinggi-tingginya kepada bapak Misral dan ibu Irwahinar selaku orang tua, serta Pandu Pranata, dan Randi Radinata selaku abang dan adik, yang selalu memberikan nasehat-nasehat dan bantuan moril maupun finansial.
14. Buat teman dan sahabat seperjuangan Ray Helm Sempit, Ridwan Anak Kampung Baperan, Adi Rose Lembab, Dzaky Pemalas, Ariadi Bocah, Ingkia NPM Sama, Mulki Umur Pendek, Solihin Sok Ganteng, Bowok Pasrah, Jepri Rahang Goyang, Bg Agus Kaki Pendek, Jeki Baju Hitam Bauk Kali, serta rekan-rekan sipil B dan seluruh Mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2014 Universitas Islam Riau dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima Kasih atas segala bantuannya. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin...

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Pekanbaru, 28 Agustus 2020

Penulis

WISNU WARDANA
NPM.143110702

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR NOTASI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
ABSTRAK.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	4
2.2. Penelitian Sebelumnya	4
2.3. Keaslian Penelitian	6
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1. Perkerasan Jalan	7
3.1.1. Jenis Perkerasan Jalan.....	7
3.1.2. Jenis Perkerasan Lentur	9
3.2. Fungsi Jalan	11
3.3. Aspal.....	12
3.3.1. Jenis-Jenis Aspal	15
3.3.2. Aspal Alam.....	15

3.3.3. Aspal Buatan	15
3.4. Komposisi Aspal	18
3.5. Mutu Aspal	20
3.6. Kadar Aspal Dalam Campuran	21
3.7. Aspal Beton.....	22
3.7.1. Klarifikasi Campuran Aspal Beton	23
3.7.1.1. Berdasarkan Fungsi	23
3.7.1.2. Berdasarkan Metode Pencampuran	23
3.8. Jenis Campuran Panas Aspal Beton	23
3.9. Agregat	25
3.9.1. Berdasarkan Proses Pengolahan	26
3.9.2. Gradasi Agregat.....	27
3.9.3. Pemeriksaan Agregat	28
3.10. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	30
3.11. Abu Ampas Tebu	31
3.12. Analisis Sifat Fisik Agregat Dan Campuran Aspal.....	32
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1. Lokasi Penelitian	34
4.2. Bahan Penelitian.....	34
4.3. Peralatan Penelitian	34
4.4. Tahapan Penelitian	36
4.4.1. Pengujian Material.....	36
4.4.2. Perancangan Proporsi dari Masing-masing Fraksi Agregat	39
4.4.3. Pembuatan Benda Uji	39
4.4.4. Pengujian Marshall Test	40
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1. Hasil Pengujian Material	42
5.1.1. Distribusi Ukuran Butiran Agregat (<i>Analisa Saringan</i>)....	42
5.1.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	

Dan Halus.....	43
5.2. Gradasi Agregat Gabungan.....	43
5.3. Pengujian Aspal.....	45
5.4. Variasi Penentuan Kadar Aspal	46
5.5. Pembuatan Benda Uji	47
5.6. Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	47
5.6.1. Rongga Dalam Mineral Aspal (<i>Void In Mineral Aggregate / VMA</i>)	50
5.6.2. Rongga Terisi Aspal (<i>Void Filled with Asphalt / VFA</i>)	51
5.6.3. Rongga Dalam Campuran (<i>Void In The Mix / VIM</i>).....	52
5.6.4. Stabilitas.....	52
5.6.5. Kelelehan (<i>Flow</i>).....	54
5.6.6. <i>Marshall Quotient</i> (MQ).....	55
5.7. Perbedaan Hasil Peneliti Dengan Penelitian Sebelumnya	55
BAB VI PENUTUP	
6.1. Kesimpulan	59
6.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	

DAFTAR NOTASI

- AB* = Abu Batu
- AC* = *Asphalt Concrete* (Lapisan aspal beton, Laston)
- AAT* = Abu Ampas Tebu
- APP* = Berat jenis apparent gabungan
- B* = Berat piknometer dan berat air (gram)
- Ba* = Berat benda uji dalam air (gram)
- Bj* = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)
- BjAa* = Berat jenis apparent agregat kasar (*coarse aggregate*)
- BjAb* = Berat jenis apparent agregat sedang (*Medium aggregate*)
- BjAc* = Berat jenis apparent abu batu (*fine aggregate*)
- BjAd* = Berat apparent pasir (*Natural Sand*)
- BjUa* = Berat Bulk agregat kasar (*coarse aggregate*)
- BjUb* = Berat Bulk agregat sedang (*Medium aggregate*)
- BjUc* = Berat Bulk abu batu (*fine aggregate*)
- BjUd* = Berat Bulk Pasir (*Natural Sand*)
- 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)
- f* = Isi benda uji (ml)
- g* = Berat isi benda uji (gram/ml)

- i* = Persentase volume aspal (%)
- J* = Persentase volume agregat (%)
- KAO* = Kadar Aspal Optimum
- MQ* = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)
- O* = Nilai Pembacaan Arloji Stabilitas
- P* = Kalibrasi Proving ring
- Pb* = Kadar Aspal awal (%)
- r* = Nilai Kelelehan (mm)
- S* = Nilai stabilitas terpasang (Kg)
- SNI* = Standar Nasional Indonesia
- SSD* = Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)
- T* = Berat jenis aspal
- t* = Temperatur
- U* = Berat jenis *Bulk* gabungan dari total agregat (gram/cm³)
- VFA* = Volume pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat yang terisi oleh aspal , dinyatakan dalam %.
- VIM* = Volume pori dalam beton aspal padat , dinyatakan dalam %.
- VMA* = Volume pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat, dinyatakan dalam %.
- V* = Berat jenis efektif agregat (gram)
- WC* = *Wearing Course* (lapisan aus)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perbedaan Antara Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur	8
Tabel 3.2	Persyaratan Aspal Keras Pen 60.....	16
Tabel 3.3	Contoh Komponen Fraksional Di Indonesia, Beton Aspal Campuran Panas	19
Tabel 3.4	Sifat-sifat Jenis Gradasi	28
Tabel 3.5	Ketentuan <i>Filler</i>	30
Tabel 3.6	Komposisi Kimia Abu Ampas Tebu.....	32
Tabel 4.1	Benda uji untuk penentuan KAO	39
Tabel 4.2.	Benda Uji Dengan KAO 6,3% Pada Abu Ampas Tebu	40
Tabel 5.1	Hasil Perhitungan Gradasi Agregat	42
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	43
Tabel 5.3	Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal.....	44
Tabel 5.4	Hasil Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-BC	44
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Aspal.....	46
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Penetrasi 60-70.....	46
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Marshall	48
Tabel 5.8	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Abu Ampas Tebu pada KAO	49
Tabel 5.9	Perbandingan Hasil Penelitian	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum	22
Gambar 4.1	Alat Pengujian Analisa Saringan	35
Gambar 4.2	Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Sedang.....	37
Gambar 4.3	Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Halus.....	38
Gambar 4.4	Bagan Alir Penelitian	41
Gambar 5.1	Grafik Gradasi Gabungan Agregat untuk Campuran AC-BC.....	45
Gambar 5.2	Diagram Pemilihan Kadar Aspal Optimum	48
Gambar 5.3	Hubungan <i>VMA</i> Dengan <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu	50
Gambar 5.4	Hubungan <i>VFA</i> Dengan <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu	51
Gambar 5.5	Hubungan <i>VIM</i> Dengan <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu.....	52
Gambar 5.6	Hubungan <i>STABILITAS</i> Dengan <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu.....	53
Gambar 5.7	Hubungan <i>FLOW</i> Dengan <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu	54
Gambar 5.8	Hubungan <i>MQ</i> Dengan <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu.....	55

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU PADA CAMPURAN ASPAL BETON PADA SIFAT MARSHALL

WISNU WARDANA

NPM : 143110702

Abstrak

Pada umumnya lapis aspal beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras, agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Material yang umum digunakan sebagai *filler* pada campuran aspal beton yaitu abu batu, semen/pozzolan, dan kapur. Oleh karena itu, peneliti ingin menggunakan bahan alternative lain sebagai pengganti *filler* abu batu yaitu abu ampas tebu. Abu ampas tebu merupakan abu dari hasil pembakaran ampas tebu yang mengandung silica dan dapat mengikat bahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *filler* abu ampas tebu pada campuran AC-BC.

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Marshall Test* dan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2), penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau dengan persentase penggunaan *filler* abu ampas tebu yaitu (100% abu batu), (75% abu batu + 25% abu ampas tebu), (50% abu batu + 50% abu ampas tebu), (25% abu batu + 75% abu ampas tebu), dan (100% abu ampas tebu). Hasil pengujian analisa saringan diperoleh agregat kasar sebesar 30,00%, agregat medium 16,41% , abu batu 46,38% , pasir 7,21% dan variasi kadar aspal 5,0% ; 5,5% ; 6,0% ; 6,5% ; dan 7,0% sehingga didapat nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,3%.

Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan *filler* abu ampas tebu pada campuran AC-BC memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2). Semakin besar persentase campuran *filler* abu ampas tebu, maka nilai VFA semakin tinggi, namun pada nilai VMA, VIM, Stabilitas dan Flow semakin rendah. Untuk nilai MQ mengalami peningkatan dan penurunan yaitu pada variasi (100% abu batu) hingga (50% abu batu + 50% abu ampas tebu) mengalami peningkatan, kembali mengalami penurunan pada variasi (25% abu batu + 75% abu ampas tebu), naik kembali pada variasi (100% abu ampas tebu).

Kata Kunci : *Abu Ampas Tebu, Karakteristik Marshall, Lapisan Pondasi Atas*

THE EFFECT OF ADDING ASH SUGAR CANE ON CONCRETE ASPHALT MIXTURE IN MARSHALL PROPERTIES

WISNU WARDANA

NPM : 143110702

Abstract

In general concrete asphalt layer (Laston) is a coating on road construction consisting of hard asphalt mixture, coarse aggregate, smooth aggregate and filler. The common Material is used as filler in the concrete mixture of stone ash, cement/pozzolan, and lime. Therefore, researchers want to use other alternative materials in lieu of the filler ash of the ashes of sugar cane. The ashes of sugarcane is the ashes of the combustion of sugar cane that contains silica and can bind the ingredients. This research aims to determine the influence of the use of ash filler sugar cane in AC-BC mixture.

This research was conducted using the Marshall Test method and refers to the general specification of Bina Marga 2010 (Revision 2), this research was conducted in Civil Engineering Laboratory of Islamic University of Riau with a percentage of the use of ash filler of sugar cane (100% ash), (75% stone ash + 25% ash sugar cane), (50% of the stone ash + 50% ash sugar cane), (25% of the stone Ash + 75% ash sugar cane) Test result of filter analysis obtained gross aggregate of 30.00%, medium aggregate 16.41%, stone ash 46.38%, sand 7.21% and variation of asphalt content of 5.0%; 5.5%; 6.0%; 6.5%; and 7.0% earned the optimum asphalt level (KAO) value of 6.3%.

Based on the results of this study, the use of sugar cane ash filler in AC-BC mixture meets the general specifications of Bina Marga 2010 (revision 2). The larger the percentage of filler ash of the sugarcane, the higher the value of the VFA, but at the value of VMA, VIM, stability and Flow are getting lower. For the MQ value experienced increase and decrease in the variation (100% ash) to (50% stone ash + 50% ash sugar cane) increased, again decreased in variation (25% of the stone Ash + 75% ash sugar cane), rose back in variation (100% ash sugar cane).

Key words: *Ash of sugar cane, characteristic Marshall, Asphalt Concrete-Binder Course.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu sarana paling penting dalam suatu wilayah. Jalan berfungsi menghubungkan antar daerah satu dengan daerah lainnya untuk berbagai keperluan, baik dalam segi ekonomi, sosial, budaya, pemerintahan, dan sebagainya. Pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat pesat akan memberikan dampak terhadap permintaan akan membangun struktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan. Dalam perencanaan struktur perkerasan jalan perlu adanya pertimbangan-pertimbangan khusus dalam melakukan perencanaan campuran aspal termasuk diantaranya komposisi campuran agregat kasar (*course aggregate*) dan agregat halus (*fine aggregate*) maupun *filler*. Salah satu jenis perkerasan yang digunakan di Indonesia adalah (Laston) campuran lapis aspal beton (Perdana. T, 2016).

Laston adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, 1999). Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 2, lapisan aspal beton (AC), terdiri dari tiga jenis campuran, AC Lapis Aus (AC-WC), AC Lapis Antara (*AC Binder Course, AC-BC*) dan AC Lapis Fondasi (*AC-Base*). Laston AC-BC merupakan lapis yang terletak di bawah lapisan aus (AC-WC) dan di atas lapisan fondasi (AC-Base). Lapis aspal AC-BC terdiri dari campuran aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*).

Persyaratan *filler* menurut Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi 2 harus dalam keadaan kering, bebas dari gumpalan-gumpalan serta lolos ayakan No. 200 (75 Micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Berdasarkan ketentuan tersebut *filler* yang biasa digunakan adalah semen *Portland*, abu kapur atau abu terbang (*fly ash*) pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* (Fajriman, 2018).

Abu ampas tebu merupakan abu dari hasil pembakaran ampas tebu yang mengandung silica (SiO_2) sangat tinggi dan dapat mengikat bahan (Naibabo et al, 2015). Menurut ASTM C 618-86 pozzolan memiliki mutu yang baik apabila jumlah kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Komposisi kimia abu ampas tebu tersebut sudah termasuk kedalam kriteria pozzolan yang distandarkan oleh ASTM C 618-86. Artinya komposisi kimia abu ampas tebu sangat mempengaruhi kualitas dari abu tersebut, perbedaan komposisi ini diakibatkan oleh suhu terkat pembakaran (Karimah dan Wahyudi, 2015)

Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan mencapai 32% dari berat tebu giling, maka diperkirakan sebanyak 40% dari ampas tebu tersebut belum termanfaatkan dengan baik. Data dari P3GI menggugah minat untuk mencari solusi dari permasalahan ampas tebu yang belum dimanfaatkan secara maksimal dengan menggunakan sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian *filler* bahan pengisi campuran aspal beton (Putra. A, 2018)

Didasari oleh uraian yang ada, maka penulis tertarik untuk melakukan pemanfaatan abu ampas tebu sebagai bahan alternative pengganti sebagian filler dalam perkerasan *Asphalte Concrete*. Sehingga dengan pemanfaatan abu ampas tebu sebagai filler dapat menghasilkan kekakuan bahan ikat perkerasan serta dapat digunakan sebagai bahan alternative pengganti abu batu.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan dapat di rumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan abu ampas tebu sebagai *filler* terhadap nilai Stabilitas, *Flow*, *VIM*, *VFA*, *VMA* dan *MQ* pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* terhadap karakteristik Marshall ?
2. Apakah penggunaan abu ampas tebu memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2 ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan melakukan penulisan ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu ampas tebu sebagai *filler* terhadap nilai Stabilitas, *Flow*, *VIM*, *VFA*, *VMA* dan *MQ* pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* terhadap karakteristik Marshall.
2. Untuk mengetahui apakah penggunaan abu ampas tebu memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang akan dicapai dalam skripsi ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan pengetahuan tentang pemanfaatan limbah ampas tebu dengan baik.
2. Dengan penelitian ini bisa memberikan bahan referensi baru kepada mahasiswa teknik sipil, peneliti dan akademisi dalam upaya meningkatkan pengetahuan tentang bahan alternative pada campuran aspal beton.

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. Bahan pengikat menggunakan aspal keras (AC) penetrasi 60/70.
2. Tidak meneliti lebih dalam tentang sifat kimia aspal dan abu ampas tebu
3. Campuran yang diteliti adalah *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*, menggunakan spesifikasi Bina Marga 2010.
4. Pengujian dilakukan dengan metode *Marshall Test*.
5. Komposisi persentase pencampuran *filler* yang digunakan yaitu 100% abu batu, 75% abu batu + 25% abu ampas tebu, 50% abu batu + 50% abu ampas tebu, 25% abu batu + 75% abu ampas tebu, 100% abu ampas tebu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pada bab tinjauan pustaka ini akan membuat suatu uraian yang berisikan beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis. Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penulis melihat penggunaan abu ampas tebu sudah pernah dilakukan pada campuran beton, namun penelitian penggunaan abu ampas tebu sebagai filler belum dilakukan terhadap pengujian campuran aspal beton

2.2. Penelitian Sebelumnya

Beberapa peneliti berikut ini adalah penelitian yang menjadi pendoman dalam penyusunan penelitian ini :

Allyfer (2016), melakukan penelitian dengan judul “*Pengaruh Penggunaan Filler Abu Vulkanik Gunung Sinabung Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-WC*”. Penelitian ini menggunakan metode studi eksperimental dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010. Hasil pengujian analisa saringan diperoleh agregat kasar sebesar 22,12%, agregat medium sebesar 44,77%, abu batu sebesar 23,96% dan pasir sebesar 9,15%, nilai kadar aspal optimum menggunakan abu batu adalah 4,3%. Dari hasil marshall komposisi filler 100% abu batu didapat nilai stabilitas 2273,56 kg. Campuran 75% abu batu+25% abu vulkanik didapat nilai sebesar 1968,67 kg. Campuran 50% abu batu+50% abu vulkanik didapat nilai sebesar 2007,39 kg. Campuran 25% abu batu+75% abu vulkanik didapat nilai sebesar 2245,84 kg. Dan campuran 100% abu vulkanik didapat nilai stabilitas sebesar 1968,67 kg.

Pratama (2015), melakukan penelitian tentang “*Penggunaan Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Bahan Pengganti Filler AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall*”. Pada penelitian ini bahan pengganti yang digunakan adalah material abu vulkanik Gunung Sinabung dan semen Portland. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan mengacu kepada spesifikasi Bina

Marga 2010 (revisi 2) pada komposisi campuran aspal diperoleh agregat kasar 10%, agregat sedang 37%, abu batu 51% dan filler 2%. Dari hasil marshall komposisi filler 100% semen di dapat nilai stabilitas 1292,821 kg. Campuran 75% semen 25% abu vulkanik dengan nilai stabilitas 1309,401 kg. Campuran 50% semen 50% abu vulkanik menghasilkan nilai stabilitas 1310,248 kg. Campuran 25% semen 75% abu vulkanik dengan nilai stabilitas 1308,260 kg, dan campuran 100% abu vulkanik menghasilkan nilai stabilitas 1306,460 kg. Hasil campuran komposisi maksimal didapat dengan campuran 50% semen 50% abu vulkanik.

Nurhazamil (2014), melakukan penelitian tentang “*Kajian Pemakaian Filler Semen, Abu Batu Dan Abu Limbah AMP Terhadap Campuran AC-WC*”. Pada umumnya *filler* pada campuran aspal adalah kapur, abu batu, semen, abu terbang dan bahan lain yang diizinkan oleh Bina Marga. Karena keterbatasan material ini perlu ditemukan alternative baru sebagai bahan pengganti *filler*. Abu limbah AMP adalah salah satu alternative. Mengingat abu limbah AMP memenuhi sebagai syarat *filler* dan dapat bias dimanfaatkan sebagai *filler*. Pada penelltian mengunci kadar aspal optimum dengan menggunakan *filler* abu batu sebesar 5,375%. Nilai pengujian marshall dalam keadaan extrim didapat nilai VIM sebesar 5,37%. Filler 100% limbah AMP nilai MQ sebesar 6,34 Kg/mm. Nilai flow sebesar 3,66 mm pada komposisi filler 50% abu limbah AMP + 50% semen, nilai VMA sebesar 16,51%. Dari hasil yang diperoleh abu limbah AMP memberikan hasil yang baik untuk dijadikan alternative sebagai filler karena memenuhi persyaratan Bina Marga.

Harmiyati (2013), melakukan penelitian tentang “*Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan*”, ampas tebu merupakan limbah yang masih banyak belum termanfaatkan. Sementara itu kebutuhan akan perumahan semakin lama semakin meningkat. Untuk itu diperlukan suatu inovasi baru untuk mewujudkan hunian yang lebih ramah lingkungan dan dengan biaya yang terjangkau. Dengan mengacu pada hal tersebut penelitian ini memakai ampas tebu sebagai pengganti sebagian semen dengan komposisi masing-masing campuran adalah 0% ; 1,25% ; 5% ; dan 10%. Sampel yang dibuat berbentuk kubus dengan jumlah masing-masing komposisi adalah 10

benda uji yang berbentuk kubus ukuran 15x15x15cm. proporsi campuran beton (*job mix design*) dihitung berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 dengan campuran 1m³ betonnya adalah 291,7 kg semen type I produksi PT. Semen Padang, 175 liter air, 617.657kg pasir dari Danau Bingkuang dan 1312.5224kg kerikil dari Danau Bingkuang. Sedangkan untuk komposisi ampas tebu masing-masing didapat 2,308kg. Hasil uji kuat tekan rata-rata beton didapat pada komposisi beton tanpa campuran adalah 25,09 Mpa dan rata-rata kuat tekan optimum pada komposisi campuran 1,25% ampas tebu yaitu 21,97Mpa. Nilai kuat tekan tersebut lebih besar dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 17,5Mpa. Pemanfaatan limbah ampas tebu ini dalam campuran beton ringan merupakan salah satu alternative pemanfaatan limbah yang selama ini banyak terbuang serta dapat meningkatkan efisiensi penghematan semen yang semakin lama harganya semakin tinggi. Dan ini juga dapat menghasilkan beton yang lebih ramah lingkungan (*Eco Beton*).

2.3. Keaslian Penelitian

Penelitian yang akan penulis lakukan yaitu penggunaan abu ampas tebu sebagai filler untuk campuran aspal beton terhadap karakteristik marshall. Dari beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan terdapat perbedaan dengan penelitian ini yaitu peneliti menggunakan variasi pencampuran 100% abu batu, 75% abu batu + 25% abu ampas tebu, 50% abu batu + 50% abu ampas tebu, 25% abu batu + 75% abu ampas tebu, 100% abu ampas tebu. Material yang dipakai dari PT. RIAU MAS BERSAUDARA (RMB) Desa Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar, yang berasal dari Pangkalan Sumatera Barat.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perkerasan Jalan

(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 Perkerasan Jalan

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. Perkerasan lentur (flexible pavement)

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

2. Perkerasan kaku (rigid pavement)

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. Perkerasan komposit (composite pavement)

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	Repatasi 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 temperature	Modulus kekakuan tidak berubah dan timbul tegangan dalam yang besar	Modulus kekakuan berubah dan timbul tegangan dalam yang kecil

3.1.2. Jenis 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 ke 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)
- Lapis 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 perletakkan pondasi jalan.

3.2. Fungsi Jalan

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

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 sistem 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 sistem 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.

3.3. 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.

Aspal atau *bitumen* adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung *sulfur*, *oksigen*, dan *klor*. *Bitumen* atau aspal merupakan campuran hidrokarbon yang tinggi berat molekul. Rasio persentase antara komponen bervariasi, sehubungan dengan asal-usul minyak mentah dan metode destilasi. Bahkan, aspal sudah dikenal dan diketahui sebelum awal eksploitasi ladang minyak sebagai produk asal alam, yang disebut dalam hal ini adalah aspal asli. *Bitunie* adalah produk alami tidak lagi digunakan dalam industri. *Bitumen* diperoleh sebagai produk sampingan dari penyulingan minyak bumi dapat digunakan sebagai atau mengalami proses fisik dan kimia yang mengubah komposisi dalam rangka untuk memberikan sifat tertentu. Operasi yang paling umum adalah proses oksidasi dan pencampuran dengan polimer yang berbeda. Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakteristikan dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, *alfatik* an *aromatc* yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, *oksigen*, belerang, atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya *oksigen* dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium.

Senyawa-senyawa ini sering sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar.(Eater,2015)

Aspal merupakan material pengikat agregat, akrena mempunyai daya lengket yang kuat, kedap air serta mudah dikerjakan. Aspal mempunyai sifat plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat lebih jauh lagi aspal juga bersifat termoplastis yang akan mencair atau lunak jika dipanaskan sampai suatu temperature tertentu sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu membuat campuran aspal dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada saat penyemprotan atau penyiraman untuk perkerasan macadam jika temperaturnya trun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya, umumnya hanya 4-10% bedasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume. (Anasaff,2015).

Salah satu bahan dasar utama dan aspal adalah *hydrocarbon* yang sering disebut sebagai *bitumen*, sehingga aspal juga disebut *bitumen*, *bitumen* adalah zat perekat yang berwarna hitam, bentuknya ada yang keras dan cair, mempunyai sifat lengket yang baik dan tidak larut dalam air. Aspal yang umumnya digunakan pada saat ini adalah aspal yang berasal dari pulau buton.

Aspal minyak yang digunakan, berasal dari residu minyak bumi dinamakan aspal semen, bersifat mengikat campuran agregat dan memberikan lapisan kedap air, tahan terhadap asam, basa dan garam hal ini memberikan hasil yang baik pada campuran aspal jika digunakan sebagai bahan pengikat agregat. Sifat-sifat buruk aspal yang sering terjadi karena pengaruh factor cuaca dan umur adalah kaku dan rapuh. Sehingga pada akhirnya daya *adhesi* agregat dan aspal akan berkurang. Sifat-sifat ini dapat dihindari bila dalam pelaksanaan pembuatan campuran dilakukan sesuai dengan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan serta dengan mempelajari dan memahami sifat-sifat dan campuran aspal yang akan dibuat.

3.3.1. Jenis-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

3.3.2. Aspal Alam

Di Indonesia aspal alam ditemukan di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara yang dikenal dengan nama Aspal Buton (Asbuton). *Bitumen* asbuton berasal dari minyak bumi yang meresapi batu kapur yang porous, kemudian melalui periode waktu yang panjang dan berlangsung secara alami terjadi penguapan fraksi ringan dari minyak, mula-mula gas yang menguap kemudian diikuti oleh *geseline*, *korsene*, *diesel oil* yang akhirnya tinggal *bitumen* dalam batuan kapur. Berdasarkan kadar *biumen* yang kandungannya aspal buton dibedakan dengan kode B10, B13, B16, B20, B25 dan B30 (aspal buton B10 adalah aspal buton dengan kadar *bitumen* rata-rata 10%), (Sukirman, 2003)

3.3.3. Aspal Buatan

Aspal buatan adalah bitumen yang merupakan hasil / residu penyulingan minyak bumi yang mengandung kadar paraffin yang juga rendah dan biaya disebut *paraffin base crude oil*. Aspal buatan ini sering juga disebut sebagai aspal minyak-minyak bumi banyak mengandung gugusan *aromat* dan *skylis* sehingga kadar aspalnya tinggi dan paraffinnya rendah. Aspal buatan terdiri dari berbagai bentuk yaitu padat/ keras, cair, *emulsi*, dan *ter*.

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 (25-30oC)

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 ⁰ C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60-79
2	Titik lembek, ⁰ C	SNI 06-2434-1991	48-58
3	Titik nyala, ⁰ C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4	Daktalitas 25 ⁰ 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

Lanjutan Tabel 3.2

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 adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dan hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian cut back asphalt berbentuk cair berbentuk cair dalam suhu ruang.

Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya aspal cair dapat dibedakan atas, (Sukirman, 2003) :

a. RC (*Rapid Curing Cut Back*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium. *RC* merupakan *Cut Back* yang paling cepat menguap.

b. MC (*Medium Curing*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan cair yang lebih kental dari minyak tanah, yang kecepatan menguapnya sedang.

c. SC (*Slow Curing*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan yang lebih kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan *Cut Back* aspal yang paling lama menguap.

3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang lebih cair dalam aspal emulsi butir-butir aspal akan larut dalam air. Untuk menghindari butiran aspal saling menarik dan membentuk butiran yang besar, maka butiran tersebut diberi muatan listrik. Berdasarkan muatan

yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas :

- a. *Kationik* disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan listrik positif.
- b. *Anionik* disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan listrik negatife.
- c. *Nanionik* merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak menghantarkan listrik.

Yang umum digunakan sebagai bahan perkerasan adalah aspal emulsi anionic dan kationik. Berdasarkan kecepatan pengerasannya aspal dapat dibedakan atas:

- a. *Rapid Selling (RS)*, aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat.
- b. *Medium Setting (MS)*, jenis aspal yang penguapannya sedang
- c. *Slow Setting (SS)*, jenis aspal emulsi yang paling lambat menguap

4. Ter

Ter istilah umum cairan yang diperoleh dari mineral organis seperti kayu atau batu melalui proses pemijitan atau destilasi pada suhu tinggi tanpa zat asam. Sedangkan untuk konstruksi jalan dipergunakan hanya ter yang berasal dan batu bara, karena ter kayu sangat sedikit jumlahnya.

5. Aspal Karet

Aspal karet ini diperoleh dengan cara menambahkan karet pada aspal minyak. Aspal yang dapat digunakan berupa aspal semen, aspal cair atau aspal emulsi, sedangkan karetnya berupa karet butiran, karet padat, atau pun karet cair.

3.4. Komposisi Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat pada aspal campuran panas, mempunyai sifat fisis yang ditentukan oleh komposisi kimia. Unsur *hydrocarbon* yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang berbentuk aspal tersebut. Setiap ini sumber minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltene* dan *maltene*. *Asphaltene*

merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang larut dalam heptanes yang merupakan cairan kental yang terdiri dari *resin* dan *oil*. Resin adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat *adhesi* pada aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan *oil*, berwarna lebih muda merupakan media dan *asphaletene* dan resin, faktorkimia yang mempengaruhi kandungan fisik aspal merupakan dasar pemahaman factor 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	Asphalt Cement Penetrasi 60/70
<i>Asphalt</i>	22,41%
<i>Maltene</i>	-
<i>Basa Nitrogen</i>	24,90%
<i>Accidafin – I (A1)</i>	14,50%
<i>Accidafin – I (A2)</i>	18,97%
<i>Parafin (P)</i>	19,22%

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan juga mempunyai fungsi sebagai berikut ini (Sukirman, 2003) :

1. Sebagai pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat serta antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butiran-butiran agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu.

Dengan fungsi yang demikian, berarti aspal haruslah mempunyai sifat-sifat yang baik. Adapun sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut ini (Sukirman, 2003) :

1. Daya Tahan (*Durabilitas*)

Daya tahan aspal merupakan kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini

merupakan sifat campuran aspal, tergantung agregatnya, campuran agregat dengan aspal serta pelaksanaannya.

2. *Adhesi dan kohesi*

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal, sedangkan *kohesi* adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan Terhadap Temperatur

Karena bersifat termoplastis, maka aspal akan menjadi cair jika dipanaskan dan akan kental atau keras jika temperaturnya diturunkan. Kepekaan aspal untuk berubah sifat akibat perubahan temperature ini dikenal sebagai kepekaan terhadap temperature.

4. Kekerasan Aspal

Proses pencampuran aspal dengan agregat atau pada saat aspal panas disiramkan kepermukaan agregat yang telah dipersiapkan pada proses peleburan, dilakukan pada temperature yang cukup tinggi. Pada saat pelaksanaan akan terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal akan menjadi getas dan akhirnya akan rapuh. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan.

5. Berat Jenis Aspal

Adapun berat jenis aspal bervariasi antara 0,95-1,05gr/cc

3.5. Mutu Aspal

Aspal merupakan bahan utama dalam pembuatan campuran aspal beton, karena itu mutunya harus dikontrol. Mutu aspal ini sangat tergantung pada beberapa hal sebagai berikut (Sukirman, 2003) :

1. Kepadatan atau kekentalan
2. Tingkat keawetan
3. Ketahanan terhadap pelapukan akibat perubahan temperature suhu/cuaca dan ketahanan terhadap air.

Karena sifat aspal sebagai penyelemen, maka aspal digunakan sebagai bahan pengikat agregat dalam pembuatan Jalan Raya. Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga harus tahan terhadap air, dan tahan lama.

Aspal merupakan suatu campuran zat kimia yang kenyal dan karena hal itulah memungkinkan adanya kelenturan yang terkendali pada campuran dengan agregat mineral yang umum. Selain itu aspal yang baik juga mempunyai kekentalan yang tidak mudah terpengaruh oleh perubahan suhu atau udara. Jika terpengaruh oleh keadaan cuaca, akan terjadi kehilangan berat aspal, maka untuk mencegahnya usahakan agar aspal tetap dalam keadaan plastis.

3.6. Kadar Aspal Dalam Campuran

Kadar aspal yaitu persentase berat aspal terhadap campuran agregat yang telah ditentukan. Kadar aspal campuran beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan tersrap masuk ke dalam pori masing-masing butir agregat. Biasanya kadar aspal campuran telah ditetapkan dalam spesifikasi sifat campuran, maka rancangan campuran di laboratorium digunakan kadar aspal tengah. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dan rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran.

Perkiraan awal kadar aspal tengah pada rancangan campuran aspal dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus sebagai berikut (DPU, 2006)

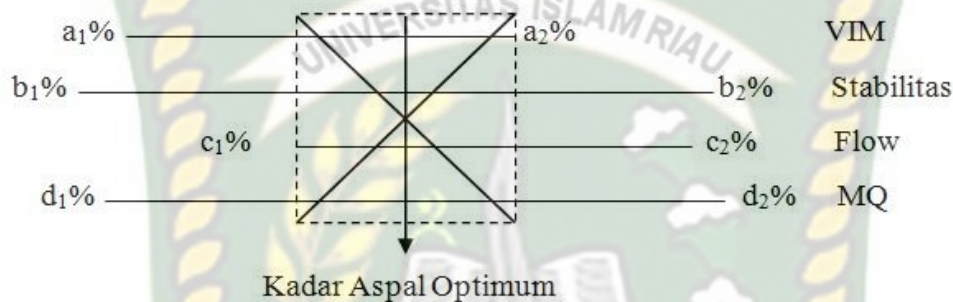
$$P_b = 0.035 (\% CA) + 0.045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + K \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

- P_b = kadar aspal perkiraan %
- CA = persen agregat tertahan saringan No.8
- FA = persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan N0.200
- $Filler$ = persentase agregat minimal 75% lolos saringan No.200
- K = konstanta 0,5-1,0 untuk *laston*
= konstanta 2,0-3,0 untuk *lataston*

Dari perkiraan awal kadar aspal, didapatkan nilai kadar aspal optimum yaitu nilai tengah dan rentang kada aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum (*KAO*) ditentukan setelah pengujian *marshall*, dengan membuat diagram hubungan antara sifat teknis campuran yang paling berpengaruh (*stabilitas, Flow, VMA, VFA, VIM, dan MQ*) dengan persen kadar aspal.

Penentuan kadar aspal optimum ditentukan sesuai dengan persyaratan batasan sifat-sifat teknis campuran, seperti ilustrasi pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum (Sukirman, 1995)

Maka kadar aspal optimum = $\frac{c1+d1}{2}$ (3.2)

3.7. Aspal Beton

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasa lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dapat meningkatkan kecairan yang cukup tinggi daei aspal sehingga diperoleh kemudahan mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dahulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka sering kali disebut sebagai “*Hot Mix*”, pekerjaan pecamouran dilakukan di pabrik pencampuran, kemudia dibawa kelokasi dan diperoleh dihamparkan dengan menggunakan alat penghampar (*paving machine*) sehingga diperoleh lapisan lepas yang seragam dan merata untuk selanjutnya dipadatkan dengan mesin pemadat dan pada akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton (Sukirman, 2003).

3.7.1. Klarifikasi Campuran Aspal Beton

Adapun klarifikasi campuran aspal beton dibagi 2 yaitu :

1. Berdasarkan Fungsi
2. Berdasarkan Metode Pencampuran

3.7.1.1. Berdasarkan Fungsi

Berdasarkan fungsinya aspal beton campuran panas dapat digunakan sebagai berikut (Sukirman, 2003) :

1. Sebagai lapisan permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapisan kedap air yang dapat melindungi lapisan dibawahnya dari rembesan air.
2. Sebagai lapis pondasi atas.
3. Sebagai lapis pembentuk pondasi jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan.

Sesuai fungsinya maka lapis aspal beton atau perkerasan lentur mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis pondasi, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang dipergunakan agak kasar jika dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapisan aus atau lapisan permukaan.

3.7.1.2. Berdasarkan Metode Pencampuran

Berdasarkan metode pencampurannya, aspal beton dapat dibedakan atas (Supranto, 2004) :

1. Aspal beton amerika, yang bersumber kepada *Asphalt Institute*.
2. Aspal beton durabilitas tinggi, yang bersumber pada BS 594 inggris, dan dikembangkan oleh *CQCMU*, Bina Marga, Indonesia.

3.8. Jenis Campuran Panas Aspal Beton

Jenis campuran panas aspal beton yang ada diantaranya (Sukirman, 2003) :

1. *Laston* (lapisan aspal beton) adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. *Laston* dikenal pula dengan nama *AC (Asphalt Concrete)* karakteristik beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal minimum *Laston* 4-6 cm sesuai fungsinya *Laston* mempunyai 3 macam campran yaitu :
 - a. *Laston* sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Concrete)* tebal minimum 4 cm, *Asphalt Concrete – Wearing Concrete* merupakan hasil perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non structural, *AC-WC* dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan.
 - b. *Laston* sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Concrete)* tebal minimum 5 cm. lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan diatas lapisan pondasi (*Base Course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan / regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.
 - c. *Laston* sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)* tebal minimum 6 cm. lapisan ini merupakan perkerasan yang terletak di bawah lapis pengikat (*AC-BC*), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan. Perbedaan terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. *Laston* atas atau lapisan pondasi atas (*AC-Base*) merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapis pondasi (*AC-Base*) mempunyai fungsi memberi

dukungan lapis permukaan mengurangi regangan dan tegangan menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan di bawahnya (*Sub Grade*)

2. *Lataston* (lapisan tipis aspal beton) adalah beton aspal bergradasi senjang. Ditujukan untuk jalan-jalan lalu lintas yang ringan dan sedang, ini sering juga disebut dengan *HRS (Hot Rolled Sheet)* tebal minimum 3 cm.
3. *Latasir* (lapisan tipis aspal pasir) adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak ada atau sulit diperoleh. Lapisan ini mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah.
4. *ATB (Asphalt Treated Base)* adalah lapisan yang khusus di formalasikan untuk meningkatkan keawetan dan kelelehan.

Asphalt Concrete merupakan *hot mix* yang mempunyai agregat bergradasi menerus. *Asphalt concrete* adalah jenis campuran dengan susunan butiran agregat yang di buat dengan tingkat kehati-hatian tinggi, dan ukuran yang besar sampai ukuran yang paling halus, dengan tujuan untuk memperoleh kadar pori yang terkontrol baik, dengan jumlah aspla yang di tambah tergantung dengan kadar pori yang dikehendaki sehubungan dengan kondisi lalu lintas dan iklim yang ada.

Stabilitas campuran ini didapat dan saling mengunci agregat yang di pakai. Semakin banyak aspal yang dipakai maka semakin awet campuran tersebut, tetapi di pihak lain kadar rongga udara dalam campuran padat berkurang. Bila rongga udara dalam campuran padat berkurang. Bila rongga udara (*air void*) melebihi batas minimum, karena ada tambahan pemadatan oleh lalu lintas, maka *air voidnya* menjadi nol. Disini akan terjadi *bleeding*, dalam kondisi demikian aspal tidak berfungsi sebagai bahan pengikat saja, tetapi juga bisa sebagai pelumas, sehingga memperlemah gaya penguncian (*interlocking*).

3.9. Agregat

Agregat dalam campuran aspal berupa batu pecah, kerikil, pasir, atau komposisi material lainnya, baik merupakan hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan/pemecahan) yang merupakan bahan utama konstruksi lapisan keras

jalan dalam mendukung kekuatan (*LASTON No. 13/PT/B/1983 DPU*). Agregat dapat dibedakan berdasarkan beberapa hal. (Sukirman, 1995).

3.9.1. Berdasarkan Proses Pengolahan

Pembagian agregat berdasarkan proses pengolahan dapat berupa agregat alam, agregat yang melalui proses pengolahan, dan agregat buatan.

1. Agregat Alam

Agregat alam adalah agregat yang dapat digunakan langsung sesuai dengan bentuk aslinya atau melalui sedikit pengolahan. Bentuk dari agregat alam ini tergantung dari proses terbentuknya yaitu melalui proses erosi dan degradasi. Aliran sungai yang menyebabkan erosi pada agregat akan mengakibatkan permukaannya menjadi licin dan degradasi yang terjadi erosi dan degradasi. Aliran sungai yang menyebabkan erosi pada agregat akan mengakibatkan permukaannya licin, dan degradasi yang terjadi pada bukit-bukit akan menyebabkan agregat bersudut dan mempunyai permukaan yang kasar. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan adalah kerikil dan pasir.

2. Agregat Yang Melalui Proses Pengolahan

Agregat yang sering ditemui di alam masih banyak yang berbentuk batu gunung dan batu sungai dalam ukuran besar dan perlu dipecahkan sebelum digunakan sebagai agregat dalam konstruksi perkerasan. Tujuan dan pemecahan adalah untuk memperoleh bentuk partikel yang bersudut, diusahakan berbentuk kubus. Partikel kasar yang dihasilkan hendaknya mempunyai permukaan kasar sehingga menghasilkan gesekan yang baik, disamping itu gradasinya juga harus sesuai dengan yang diinginkan. Proses pemecahan agregat sebaiknya dilakukan dengan menggunakan mesin pemecah batu (*crusher stone*) sehingga partikel yang dihasilkan dapat terkontrol.

3. Agregat Buatan

Agregat buatan berupa mineral *filler* atau pengisi (partikel dengan ukuran < 0,075 mm), diperoleh dan hasil sampingan pabrik semen dan mesin pemecah batu.

3.9.2. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai dengan ukuran saringan, diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan saringan dan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan saringan dalam 1 inci panjang. Gradasi atas distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat juga mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam pelaksanaan.

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 sangat
d. Stabilitas dalam keadaan lepas rendah	d. Kuat menahan deformasi	d. 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

3.9.3. 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 beratnbahan yang aus lewat saringan nomor 12 terhadap berat benda uji semula dengan menggunakan mesin *Los Angelas*.

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 $\frac{1}{2}$ " (12,5 mm) dan tertahan saringan $\frac{3}{8}$ " (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).

3.10. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Disamping itu, kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap sifat elastisitas campuran (Rahaditya, 2012). Adapun ketentuan *filler* pada campuran aspal menurut Bina Marga 2010 revisi 1 adalah :

1. Bahan yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*lime stone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan. II-2
2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus megandung bahan yang lolos ayakan No.200 (*75 micron*) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.
3. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat, harus memenuhi gradasi seperti pada tabel 3.5 sebagai berikut :

Tabel 3.5. Ketentuan *Filler*, Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan no.200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

3.11. Abu Ampas Tebu

Tebu (*Saccharum Officinarum*) merupakan tanaman yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula. Umur tanaman ini sejak mulai ditanam hingga panen kurang lebih dalam jangka waktu 8-12 bulan. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah yang beriklim tropis. Proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu akan menghasilkan limbah yang disebut dengan ampas tebu (*bagasse*). Menurut (Suhendrarwati, Suharto, dan Susanawati, 2011), *bagasse* atau ampas tebu adalah zat padat yang didapatkan dari pengolahan tebu pada industri pengolahan gula pasir. Berdasarkan data Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan 32% dari berat tebu giling, diperkirakan sebanyak 40% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan dengan baik. Berdasarkan hasil survey langsung di lapangan, diketahui bahwa dalam 1 hari dari 1 orang penjual air tebu di Kota Pekanbaru dihasilkan lebih kurang 21 kg ampas tebu, rata-rata ampas tebu tersebut tidak dimanfaatkan.

Ampas tebu mempunyai rapat total (bulk density) sekitar 0,125 gr/cm³, kandungan kelembaban (moisture content) sekitar 48%. Menurut Hugot (*Hand Book of cane Sugar Engineering*, 1986), nilai diatas diambil dari penelitian terhadap ampas tebu basah. Ampas tebu basah mempunyai kapasitas kalor dalam jumlah yang besar. Ampas tebu mempunyai berbagai macam kegunaan, di beberapa negara limbah pabrik tersebut untuk keperluan diberbagai bidang industri, misalnya ampas tebu dibuat menjadi plastik, kertas serta dapat dibuat papan partisi. Pada umumnya, pabrik gula di Indonesia memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar bagi pabrik yang bersangkutan, setelah ampas tebu tersebut mengalami pengeringan (Wibowo, dkk. 2006).

Abu pembakaran ampas tebu atau juga disebut abu ampas tebu merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler dengan suhu mencapai 550° - 600°C dan lama pembakaran setiap 4-8 jam dilakukan pengangkutan atau pengeluaran abu dari dalam boiler, karena jika dibiarkan tanpa dibersihkan akan terjadi penumpukan yang akan mengganggu proses pembakaran ampas tebu berikutnya (Hulu, 2018).

Pertimbangan digunakannya limbah abu ampas tebu pada penelitian ini disebabkan karena pengadaannya cukup mudah dan murah sehingga bila ditinjau dari segi ekonomis akan lebih menguntungkan. Komposisi kimia ampas tebu dapat dilihat dari tabel 3.6. sebagai berikut :

Tabel 3.6. Komposisi Kimia Abu Ampas Tebu, (Hulu, 2018)

Senyawa Kimia	Presentase (%)
Silika (SiO ₂)	7,1
Alumunium (Al ₂ O ₃)	1,9
Besi (Fe ₂ O ₃)	7,8
Kapur (CaO)	43,4
Magnesia (MgO)	0,3
Kenza Oksida (K ₂ O)	8,2
Difosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	3,0
Mangan Oksida (MnO)	0,2

3.12. 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 :

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{BK}{Bj - Ba} \quad (3.3)$$

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

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{BK}{Bk - Ba} \quad (3.5)$$

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

Dimana,

Bk = Berat jenis uji kering oven (gram)

Bj = berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gram)

Ba = berat benda uji di dalam air (gram)

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

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

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

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

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

Dimana,

Bk = Berat jenis uji kering oven (gram)

B = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

Bt = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

- c. Berat jenis *bulk* gabungan

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

- d. Berat jenis semu gabungan (*apparent*)

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

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Pada Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, penulis melakukan penelitian pemeriksaan agregat, analisa saringan, berat jenis dan pengujian *Marshall*.

4.2. Bahan Penelitian

Material yang digunakan peneliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar, agregat sedang, agregat halus dan abu batu yang digunakan berasal dari PT. RMB, Kampar.
2. Aspal produksi pertamina dengan penetrasi 60/70 berasal dari PT. Multi Trading Pratama.
3. Abu ampas tebu yang digunakan sebagai pengganti sebagian *filler* berasal dari penggilingan penjual air tebu di berbagai tempat di Kota Pekanbaru.

4.3. Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan peralatan dari Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Peralatan Pengujian Analisa Saringan

Peralatan yang digunakan pada pengujian analisa saringan antara lain :

- a. Saringan satu set dari ukuran saringan 1", 3/4", 1/2", 3/8", No 4, No 8, No 16, No 30, No 50, No 100, No 200.
- b. *Pan* dan *cover* (penutup).
- c. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dari berat benda uji.
- d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- e. Wadah aluminium, kuas dan sikat



Gambar 4.1 Alat Pengujian Analisa Saringan
(Dokumentasi Pribadi)

2. Peralatan Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan bertujuan untuk mendapatkan berat jenis efektif dari campuran aspal. Peralatan yang digunakan dalam pengujian berat jenis pada agregat kasar, agregat sedang, agregat halus adalah sebagai berikut :

- A. Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat kasar dan sedang :
 - a) Timbangan yang dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
 - b) Keranjang kawat.
 - c) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
 - d) Saringan N0. 4 (4,75 mm) dan No. 8 (2,36 mm)
- B. Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat halus :
 - a) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - b) Labu ukur (*piknometer*) 500ml.
 - c) Kerucut kuningan (*cone*) dengan diameter (40 ± 3 mm) dan diameter bagian bawah (90 ± 3 mm) dan tinggi (75 ± 3 mm).
 - d) Batang penumbuk (*tamper*).
 - e) Saringan No 4 (4,75mm).

- f) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- g) Wadah aluminium dan sendok pengaduk.

3. Peralatan Pembuatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- a) 3 buah cetakan benda uji (*Slab Mold*) berbentuk lingkaran.
- b) Alat pengeluar benda uji (*Ekstruder*) dari cetakan mold.
- c) Penumbuk yang memiliki tumbuk rata berbentuk silinder (*Steel roller*).
- d) Silinder cetakan benda uji.
- e) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- f) Landasan pematat.
- g) *Thermometer* untuk menentukan suhu pemanas dan suhu pematat.
- h) Kompor untuk memanasi campuran material.
- i) Wadah/cawan untuk mengaduk.
- j) Sendok pengaduk.
- k) Pisau pengaduk dari baja (spatula)

4.4. Tahapan Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian terbagi atas beberapa tahap yaitu persiapan alat dan bahan, pengujian material, perencanaan campuran aspal beton (mix design), pembuatan benda uji, dan pengujian Marshall Test. Untuk lebih detailnya tahapan penelitian ditampilkan sebagai bagan alir penelitian pada gambar 4.4.

4.4.1. Pengujian Material

Tujuan dari pemeriksaan terhadap material-material yang digunakan untuk pembuatan bahan campuran adalah agar dapat mengetahui sifat-sifat dari 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, agregat sedang (*medium*), agregat halus, dan pasir menggunakan saringan. Analisa saringan agregat adalah 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.

2. Berat jenis

Berat jenis dari suatu agregat adalah perbandingan berat dari suatu volume bahan terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperature 20⁰-25⁰C. Pengujian berat jenis dan penyerapan ini 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 mengacu pada SNI 03-1970-1990, alat yang digunakan pada pengujian ini adalah timbangan manual, saat ingin menggunakan timbangan ini, timbangan harus diseimbangkan terlebih dahulu sebelum menimbang agregat agar hasilnya lebih akurat. Berikut adalah gambar alat pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat sedang, dapat dilihat pada gambar 4.2.



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

b. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus. Standar pengujian dan alat yang digunakan pada pengujian ini mengacu pada SNI 03-1970-1990. Berikut gambar alat pengujian berat jenis agregat halus, dapat dilihat pada gambar 4.3.



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

3. Pengolahan abu ampas tebu

1) Persiapan ampas tebu

Maksud dari persiapan ampas tebu adalah menyiapkan limbah ampas tebu yang diambil dari penggilingan penjual air tebu di berbagai tempat di Kota Pekanbaru.

2) Proses pengeringan ampas tebu sebelum dibakar

Proses pengeringan ampas tebu dilakukan dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari agar mendapatkan hasil kering yang maksimal.

3) Pembakaran ampas tebu

Ampas tebu yang sudah kering setelah dijemur dibawah sinar matahari kemudian dimasukkan ke dalam tong besi untuk memulai proses pembakaran ampas tebu sampai menjadi abu.

4) Penyaringan abu ampas tebu

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

4.4.2. Perancangan Proporsi dari Masing-masing Fraksi Agregat

Sebelum pembuatan benda uji (briket aspal), peneliti terlebih dahulu memperhitungkan jumlah agregat yang dibutuhkan dari masing-masing fraksi agregat. Perancangan 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 berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2)

4.4.3. Pembuatan Benda Uji

Sebelum membuat benda uji, terlebih dahulu diadakan pembuatan rancangan campuran (mix design). Perencanaan rancangan campuran 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 yang akan 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	5%	3 Buah
2	5.5%	3 Buah
3	6%	3 Buah
4	6.5%	3 Buah
5	7%	3 Buah
Jumlah Total		15 Buah

Sumber : Hasil Analisa Penelitian, 2019

Setelah pembuatan benda uji sebanyak 15 buah sudah selesai, selanjutnya dilakukan pengujian marshall sehingga diketahui nilai Kadar Aspal Optimum KAO sebesar 6,3%. Selanjutnya dibuat benda uji dengan kadar aspal optimum pada kadar abu ampas tebu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% sebanyak total 15 buah sampel, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Benda Uji Dengan KAO 6,3% Pada Abu Ampas Tebu

No	Kadar Abu Ampas Tebu	Jumlah Benda Uji
1	0%	3 Buah
2	25%	3 Buah
3	50%	3 Buah
4	75%	3 Buah
5	100%	3 Buah
Jumlah Total		15 Buah

Sumber : Hasil Analisa Penelitian, 2019

4.4.4. Pengujian Marshall Test

Pengujian marshall Test ini bertujuan untuk menentukan nilai Ketahanan (Stabilitas) dan Kelelahan (Flow) campuran aspal beton. Sebelum pengujian marshall test dilakukan, 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.



Gambar 4.4. Bagan Alir Penelitian

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.

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 akan digunakan dan selanjutnya digunakan untuk menentukan penggabungan agregat campuran aspal beton. Hasil perhitungan analisa saringan agregat dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Perhitungan Gradasi Agregat

NOMOR SARINGAN		% LOLOS AGREGAT			
		KASAR (CA)	SEDANG (MA)	ABU BATU (FA)	PASIR (FS)
Inchi	mm				
1'	25	100	100	100	100
3/4"	19	90	100	100	100
1/2"	12.5	32.897	99.714	100	100
3/8"	9.5	18.354	99.213	100	100
NO.4	4.75	1.372	18.387	98.955	99.87
NO.8	2.36	0.972	3.713	79.769	98.618
NO.16	1.18	0.807	1.917	48.939	89.63
NO.30	0.6	0.788	1.66	39.601	73.435
NO.50	0.3	0.724	1.524	26.874	12.225
NO.100	0.15	0.546	1.381	18.246	3.635
NO.200	0.075	0.368	0.808	16.308	2.787

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019.

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

5.1.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan untuk agregat kasar, agregat sedang, abu batu, dan pasir dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 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>)	2,60	2,59	2,61	2,61	min 2,5
2	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	2,63	2,64	2,62	2,63	min 2,5
3	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	2,67	2,71	2,64	2,68	min 2,5
4	Penyerapan	1,14	1,66	0,54	1,05	maks 3,0

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1998), 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 5.2, keempat agregat tersebut telah memenuhi spesifikasi dan layak digunakan, serta dapat digunakan untuk perhitungan pengujian marshall.

5.2. Gradasi Agregat Gabungan

Komposisi campuran AC-BC terdiri dari 4 fraksi yaitu, agregat kasar, agregat sedang, abu batu, dan pasir. Spesifikasi gradasi agregat gabungan ini memakai Spesifikasi Bina Marga Umum 2010 yang dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran					
		Laston (AC)					
ASTM	(mm)	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
		Wc	Bc	Base	Wc	Bc	Base
1	37,5	-	-	100	-	-	100
1	25	-	100	90-100	-	100	90-100
3/4"	19	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
1/2"	12,5	90-100	74-90	61-79	90-100	79-90	55-76
3/8"	9,5	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
No. 4	4,75	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
No. 8	2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
No. 16	1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
No. 30	0,600	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
No. 50	0,300	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
No. 100	0,150	15-19	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
No. 200	0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010

Persentase masing-masing pemakaian agregat diperoleh dengan metode perhitungan matrik. Persentase pemakaian agregat dikalikan dengan % lolos masing-masing agregat, sehingga didapatkan gradasi agregat gabungan. Gradasi agregat gabungan ini harus memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Hasil perhitungan gradasi agregat gabungan dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-BC

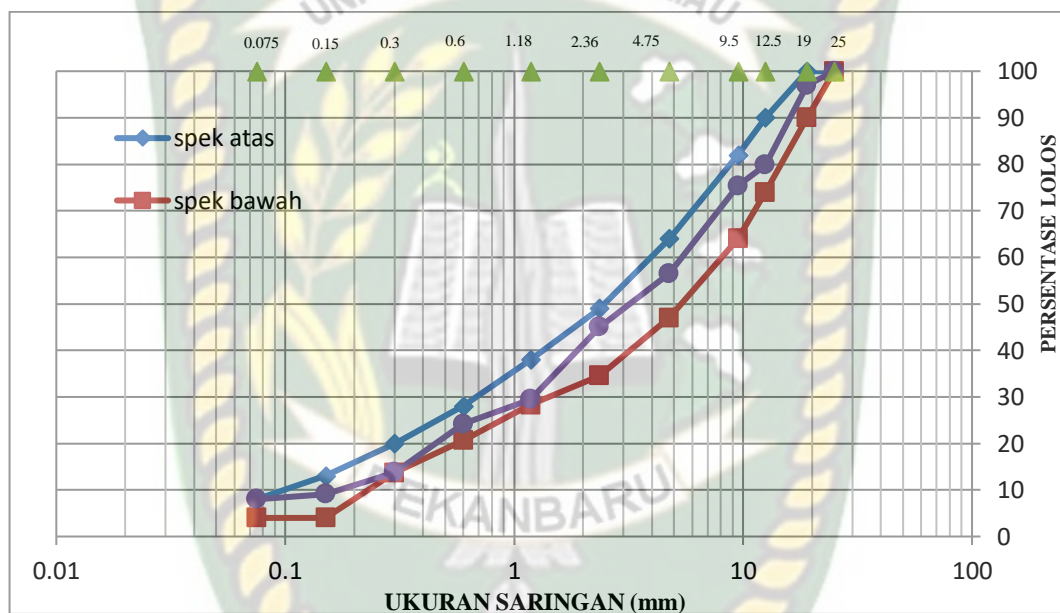
NOMOR SARINGAN		% PEMAKAIAN AGREGAT				GRADASI GAB	SPEK	
		KASAR	SEDANG	ABU BATU	PASIR		% LOLOS	
Inchi	mm	30,00	16,41	46,38	7,21	Min	Max	
1'	25	30,00	16,41	46,38	7,21	100.000	-	100
3/4"	19	27,00	16,41	46,38	7,21	97.000	90	100
1/2"	12,5	9,87	16,36	46,38	7,21	79.882	74	90
3/8"	9,5	5,51	16,28	46,38	7,21	75.377	64	82
NO.4	4,75	0,41	3,02	45,90	7,20	56.519	47	64
NO.8	2,36	0,29	0,61	36,99	7,11	45.000	34,6	49
NO.16	1,18	0,24	0,31	22,44	6,46	29.456	28,3	38
NO.30	0,6	0,23	0,27	18,37	5,29	24.165	20,7	28

Lanjutan Tabel 5.4

NO.50	0,3	0,22	0,25	12,46	0,88	13.809	13,7	20
NO.100	0,15	0,16	0,23	8,46	0,26	9.110	4	13
NO.200	0,075	0,11	0,13	7,56	0,20	8.000	4	8

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan tabel 5.4 didapatkan persen pemakaian agregat kasar (CA) sebesar 30,00%, agregat sedang (MA) sebesar 16,41%, abu batu (FA) sebesar 46,38%, dan pasir (FS) sebesar 7,21%. Dari hasil perhitungannya gradasi agregat gabungan tersebut didapat grafik yang dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Gabungan Agregat untuk Campuran AC-BC

Berdasarkan gambar 5.1 dapat dilihat bahwa garis gradasi gabungan agregat berada tepat diantara garis batas atas dan garis batas bawah, tidak keluar dari garis batas atas dan garis batas bawah, 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 5.5 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 5.5, 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 5.6

Tabel 5.6 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 5.6, 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. Variasi Penentuan 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)

$$100 - 45,00 \text{ (agregat gabungan saringan no 8)} = 55,00 \%$$

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

$$45,00 \text{ (agg saringan no 8)} - 8,00 \text{ (agg saringan no 200)} = 37,00 \%$$

Persen agregat lolos saringan no 200 / bahan pengisi (FF) = 8,00 %

Konstanta (0,5 – 1) untuk Laston dipakai = 0,7

Didapat nilai Pb = 6%

(Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.9)

Dari hasil perhitungan, didapat nilai perkiraan kadar aspal rencana awal (Pb) sebesar 6,%. Sehingga dapat ditentukan variasi kadar aspal campuran yaitu 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% dan 7% terhadap berat total campuran.

5.5. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan setelah Agregat, gradasi agregat, aspal penetrasi 60/70, yang telah memenuhi syarat, maka selanjutnya akan dibuat benda uji yang tiga kelompok yaitu:

1. Benda uji dengan variasi kadar aspal penetrasi 60/70 dalam campuran aspal beton dengan variasi kadar aspal sebesar 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7%. 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 dengan penambahan abu ampas tebu dibuat dengan kadar aspal sebesar 6,3%. Variasi penambahan abu ampas tebu pada benda uji ini sebesar 0% ; 25% ; 50% ; 75% ; 100%, dimana 1 variasi penambahan abu ampas tebu dibuat 3 benda uji. Jadi, total benda uji yang akan dibuat dengan penambahan abu ampas tebu sebanyak 15 buah.

Setelah pembuatan benda uji, dilanjutkan dengan pengujian marshall.

5.6. Hasil Pengujian Marshall

Kadar aspal yang dipakai untuk menentukan KAO pada pengujian marshall ini adalah 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% dan 7% dengan masing masing kadar aspal tersebut dibuat 3 buah sampel aspal beton dengan jumlah total 15 buah sampel aspal beton. Kemudian, dari 15 buah sampel aspal beton yang telah dibuat tersebut akan didapatkan nilai KAO sebesar 6,3%. Hasil pengujian marshall ini meliputi VMA, VFA, VIM, Stabilitas, Flow, dan MQ dapat dilihat pada tabel 5.7.

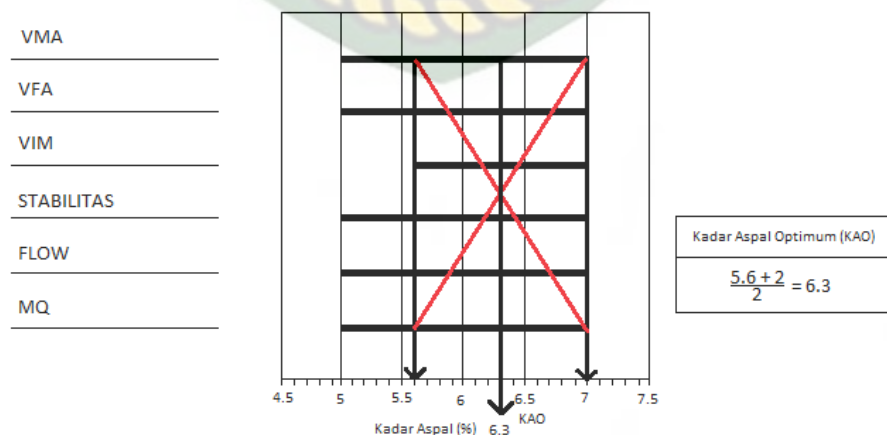
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Marshall

NO	Karakteristik Campuran	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spek
			5%	5,5%	6%	6,5%	7%	
1	VMA	%	16,564	17,364	18,164	18,990	19,384	Min. 14
2	VFA	%	67,762	70,722	73,429	75,726	79,932	Min. 64
3	VIM	%	5,340	5,084	4,826	4,609	3,890	3,5 - 5
4	STABILITAS	Kg	2781.493	2736.465	2558.544	2208.342	2020.398	Min. 800
5	FLOW	Mm	3,04	3,71	3,35	3,86	3,76	Min. 3
6	MQ	Kg/mm	915,969	738,255	763,745	572,604	537,817	Min. 250

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan tabel 5.7 dapat dilihat bahwa, nilai VMA pada kelima variasi kadar aspal telah memenuhi spesifikasi karena nilainya lebih dari 14%. Nilai VFA pada kelima variasi kadar aspal juga telah memenuhi spesifikasi karena nilainya lebih tinggi dari nilai minimumnya yaitu 64%. Nilai VIM yang tidak memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 5% dan 5,5% karena nilai kedua variasi kadar aspal tersebut lebih dari 5%. Nilai stabilitas pada kelima variasi kadar aspal juga telah memenuhi spesifikasi karena nilainya lebih dari 800 kg. Nilai flow telah memenuhi spesifikasi karena nilai minimum dari flow sebesar 3mm. Kelima variasi kadar aspal untuk nilai MQ juga telah memenuhi spesifikasi karena nilainya lebih dari 250 kg.

Setelah menganalisa ke 15 buah sampel aspal beton yang telah dibuat, selanjutnya menghitung nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada gambar 5.2.

**Gambar 5.2** Diagram Pemilihan Kadar Aspal Optimum

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal Optimum} &= \frac{A+B}{2} \\ &= \frac{5,5+7}{2} = 6,3\% \end{aligned}$$

Dari pengujian marshall sebanyak 15 buah sampel aspal beton, maka didapat nilai KAO-nya sebesar 6,3%. Selanjutnya pembuatan benda uji dengan *filler* abu ampas tebu terhadap KAO. Benda uji yang akan dibuat sebanyak 15 buah sampel aspal beton, dimana masing – masing variasi penambahan abu ampas tebu dibuat 3 sampel aspal beton. Berikut hasil pengujian marshall KAO + persentase penambahan abu ampas tebu dapat dilihat pada tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian *Marshall* Abu Ampas Tebu pada KAO

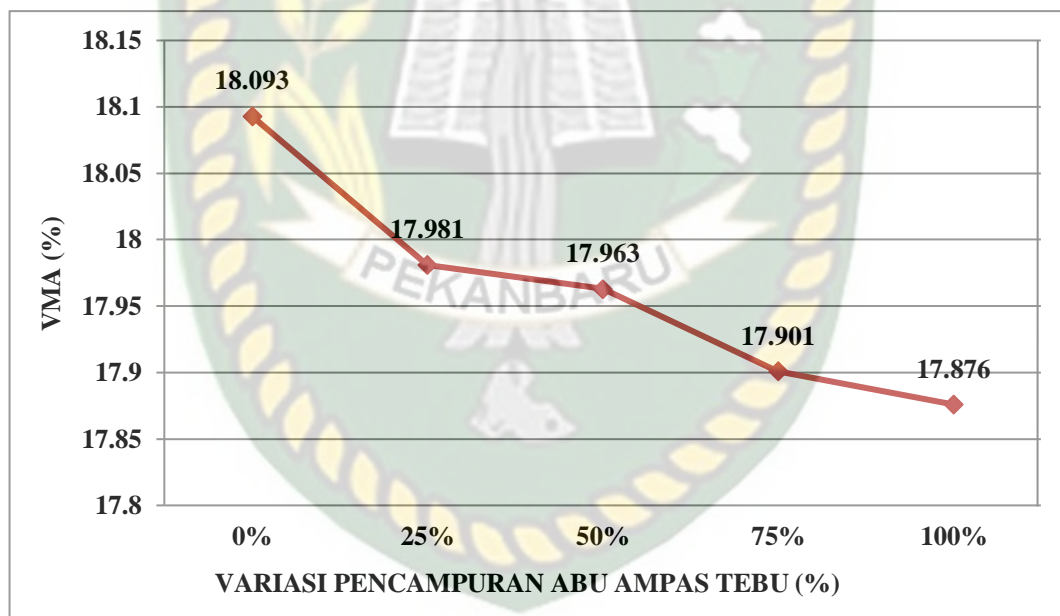
NO	Karakteristik Campuran	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spek.
			0%	25%	50%	75%	100%	
1	VMA	%	18,093	17,981	17,963	17,901	17,876	Min. 14
2	VFA	%	77,799	78,312	78,407	78,740	78,873	Min. 64
3	VIM	%	4,017	3,900	3,879	3,806	3,777	3,5 - 5
4	STABILITAS	Kg	1885.506	1882.507	1854.659	1763.404	1732.129	Min. 800
5	FLOW	mm	3,42	3,34	3,27	3,20	3,09	Min. 3
6	MQ	Kg/mm	551,855	563,625	566,596	550,490	561,165	Min. 250

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan tabel 5.8 dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan persentase abu ampas tebu maka nilai VMA, VIM, Stabilitas, dan Flow mengalami penurunan, sedangkan pada nilai VFA semakin besar persentase penambahan abu ampas tebu maka nilainya semakin tinggi, pada nilai MQ nilainya mengalami kenaikan hingga variasi pencampuran 50% abu ampas tebu, mengalami penurunan pada variasi 75% abu ampas tebu, dan mengalami kenaikan kembali pada variasi 100% abu ampas tebu. Untuk kelima variasi pencampuran penggunaan abu ampas tebu, semua nilai karakteristik marshall telah memenuhi Persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2).

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

VMA (*Void In Mineral Aggregate*) adalah volume pori atau rongga udara di antara partikel agregat dalam campuran yang telah dipadatkan, termasuk pori yang terisi oleh aspal, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran. Nilai Rongga Dalam Mineral Aspal tergantung dari ukuran mineral agregat, bentuk partikel agregat, tekstur permukaan agregat, dan metode pematatannya. Nilai Rongga Dalam Mineral Aspal yang rendah menunjukkan bahwa rongga tertutupi oleh aspal yang akan membuat campuran tidak mudah retak, sebaliknya bila nilai Rongga Dalam Mineral Aspal yang tinggi menunjukkan rongga kurang tertutupi. Dalam spesifikasi Bina Marga 2010, nilai minimal untuk VMA adalah 14%. Berikut adalah grafik hasil pengujian VMA, dapat dilihat pada gambar 5.3.

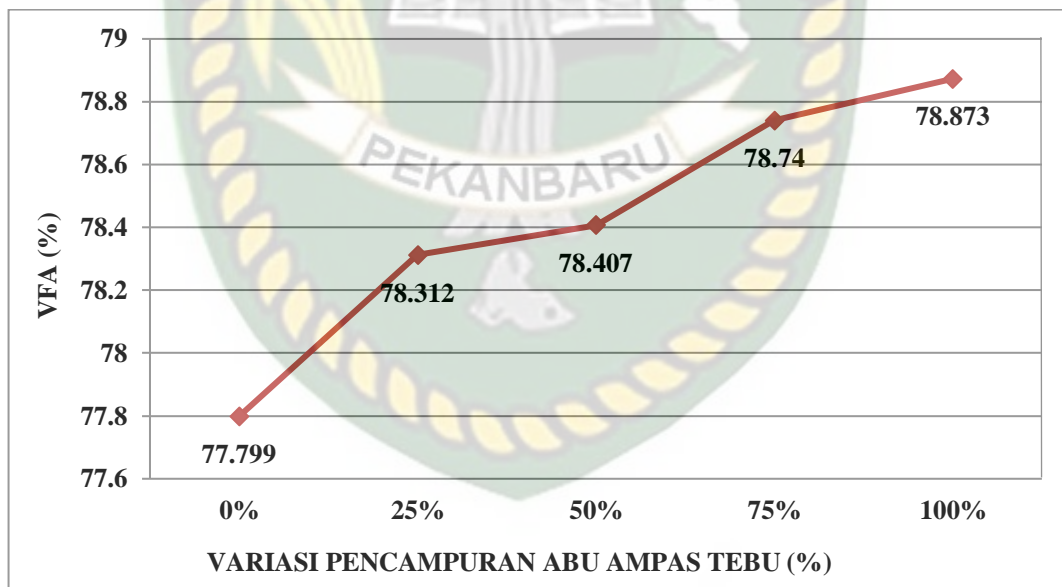


Gambar 5.3 Hubungan *VMA* Dengan *Filler* Abu Ampas Tebu

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan abu ampas tebu, maka nilai Rongga Dalam Mineral Aspal semakin rendah. Hal ini disebabkan karena penambahan variasi pencampuran 100% abu ampas tebu membuat rongga dalam mineral aspal tertutupi / semakin sedikit. Untuk kelima variasi pencampuran nilai Rongga Dalam Mineral telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2).

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. Jika nilai Rongga Terisi Aspal suatu campuran aspal beton terlalu rendah, akan menyebabkan lapisan kurang kedap air dan udara, karena lapisan aspal akan menjadi tipis dan mudah retak bila menerima pembebanan beban dan akhirnya lapisan perkerasan itu tidak akan tahan lama, dan bila nilai Rongga Terisi Aspal terlalu tinggi juga tidak baik karena akan menyebabkan terjadinya *Bleeding*. Dalam spesifikasi Bina Marga 2010, nilai minimal untuk Rongga Terisi Aspal adalah 64%. Berikut adalah grafik hasil pengujian Rongga Terisi Aspal, dapat dilihat pada gambar 5.4.

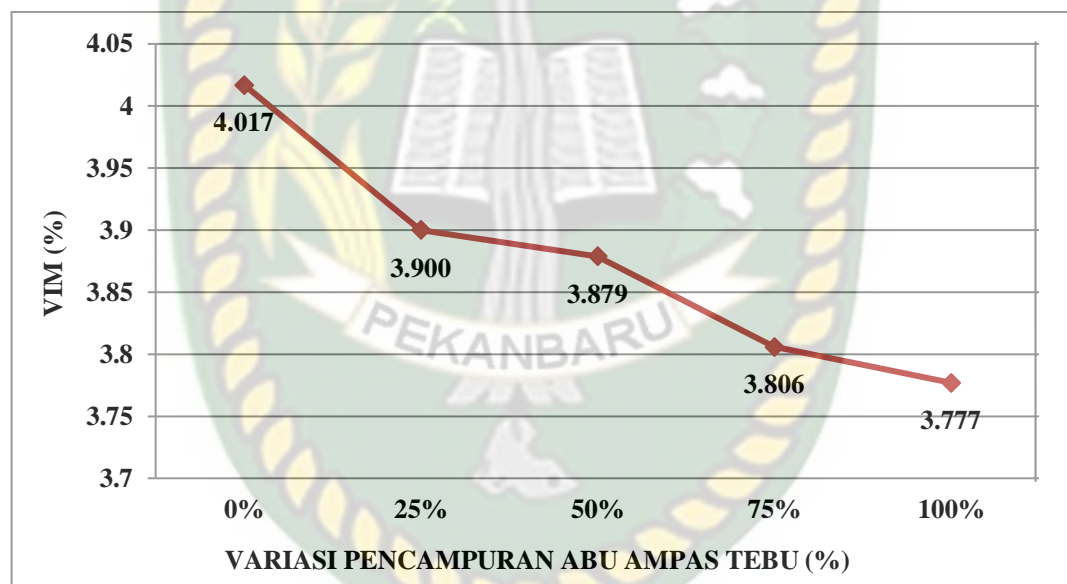


Gambar 5.4 Hubungan VFA Dengan *Filler* Abu Ampas Tebu

Gambar 5.4 menunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan abu ampas tebu, maka nilai Rongga Terisi Aspal semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena penambahan variasi pencampuran 100% abu ampas tebu membuat semakin banyak volume rongga terisi oleh aspal setelah mengalami proses pemadatan.

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

Nilai VIM merupakan volume pori / rongga di antara partikel agregat yang diselimuti aspal dalam campuran yang telah dipadatkan, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran. Nilai Rongga Dalam Campuran yang kecil akan memberikan campuran yang kedap air sehingga akan meningkatkan kemampuan campuran terhadap tahanan gelincir, sedangkan jika nilai Rongga Dalam Campuran yang besar akan mengakibatkan campuran aspal beton menjadi kurang rapat dan mengakibatkan cepat retak. Dalam spesifikasi Bina Marga 2010, nilai minimal untuk Rongga Dalam Campuran sebesar 3,5% dan nilai maksimalnya sebesar 5%. Berikut adalah grafik hasil pengujian VIM, dapat dilihat pada gambar 5.5.

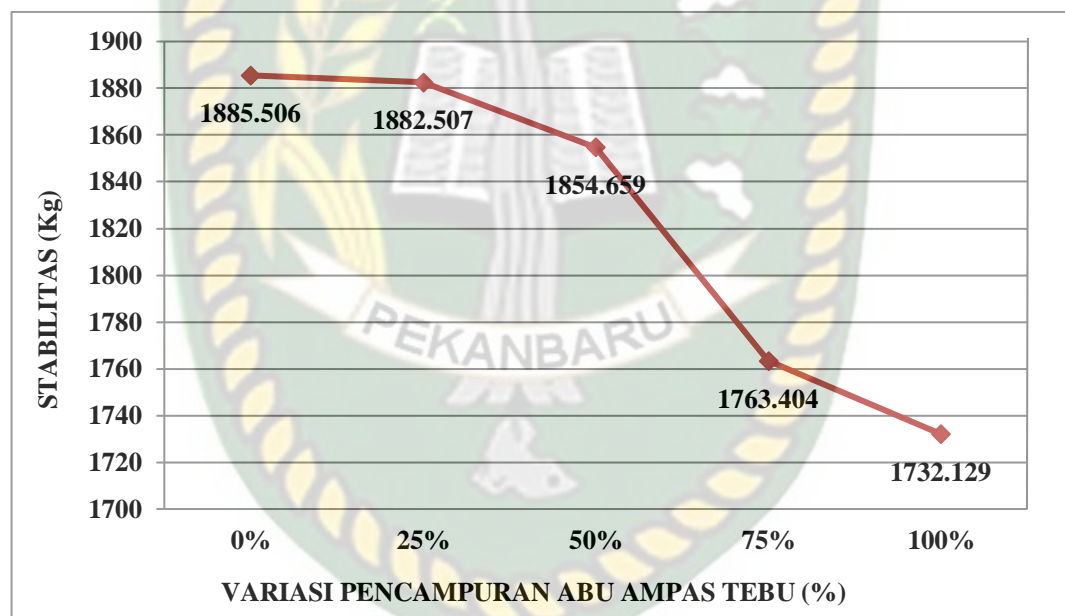


Gambar 5.5 Hubungan *VIM* Dengan *Filler* Abu Ampas Tebu

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa, semakin besar persentase penambahan abu ampas tebu, maka nilai Rongga Dalam Campuran semakin rendah. Hal ini disebabkan karena penambahan variasi pencampuran 100% abu ampas tebu membuat rongga dalam campuran aspal tertutupi / semakin sedikit. Untuk kelima variasi pencampuran penggunaan abu ampas tebu, nilai Rongga Dalam Campuran (Void In The Mix / VIM) telah memenuhi Persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2).

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. Dalam spesifikasi Bina Marga 2010, nilai minimal untuk Stabilitas adalah 800 Kg. Berikut adalah grafik hasil pengujian Stabilitas, dapat dilihat pada gambar 5.6.

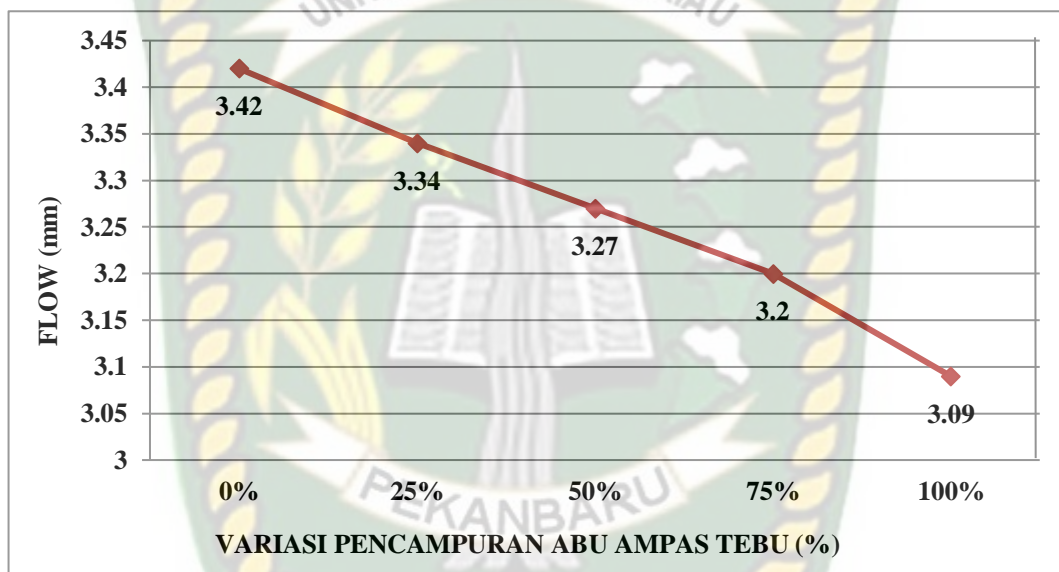


Gambar 5.6 Hubungan *STABILITAS* Dengan *Filler* Abu Ampas Tebu

Gambar 5.6 menunjukkan bahwa, semakin besar persentase penambahan abu ampas tebu, maka nilai stabilitas semakin rendah. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi mengakibatkan campuran aspal beton menjadi terlalu kaku, hal ini berakibat perkerasan menjadi retak bila menerima beban, sedangkan bila nilai Stabilitas terlalu rendah mengakibatkan campuran aspal beton akan mudah mengalami *rutting* (Alur) oleh adanya beban lalu lintas.

5.6.5. Kelelehan (*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. Dalam spesifikasi Bina Marga 2010, nilai minimal untuk Flow adalah 3 mm. Berikut grafik kelelehan (flow) pada gambar 5.7.

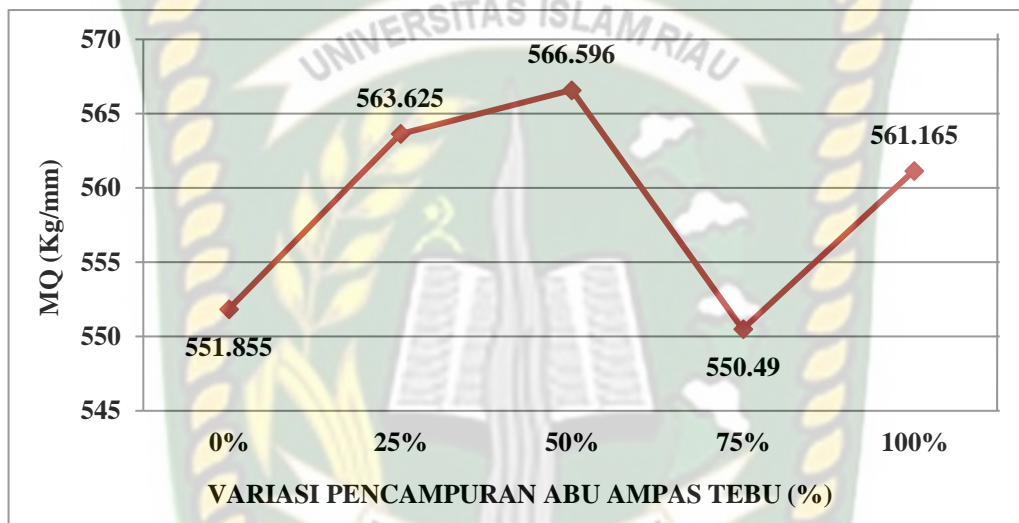


Gambar 5.7 Hubungan *FLOW* Dengan *Filler* Abu Ampas Tebu

Gambar 5.7 menunjukkan bahwa, semakin besar persentase penambahan abu ampas tebu, maka nilai Flow semakin rendah. Untuk kelima variasi pencampuran abu ampas tebu nilai Flow telah memenuhi Persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2). Nilai Flow yang rendah mengakibatkan campuran aspal beton menjadi terlalu kaku, sehingga perkerasan mudah mengalami retak. Sebaliknya bila nilai Flow yang tinggi mengakibatkan campuran aspal beton bersifat plastis, hal ini mengakibatkan lebih mampu mengikuti deformasi (perubahan permukaan) akibat beban lalu lintas.

5.6.6. Marshall Quotient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* MQ dipengaruhi oleh nilai stabilitas, flow, nilai MQ akan memberikan tingkat fleksibilitas campuran yaitu kemampuan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi akibat beban yang bekerja tanpa terjadi perubahan volume dan keretakan. Dalam spesifikasi Bina Marga 2010, nilai minimal untuk *Marshall Quotient* (MQ) adalah 250 Kg/mm. Berikut adalah grafik hasil pengujian MQ, dapat dilihat pada gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hubungan MQ Dengan Filler Abu Ampas Tebu

Gambar 5.8 menunjukkan bahwa, nilai *Marshall Quotient* MQ mengalami kenaikan dari variasi pencampuran 0% abu ampas tebu hingga 50% abu ampas tebu, mengalami penurunan pada campuran 75% abu ampas tebu dan mengalami kenaikan lagi pada campuran 100% abu ampas tebu. Untuk kelima variasi pencampuran nilai *Marshall Quotient* MQ telah memenuhi Persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2). Nilai *Marshall Quotient* MQ terlalu rendah mengakibatkan campuran bersifat plastis dan akan mudah berubah bentuk bila mendapat beban lalu lintas seperti alur dan gelombang, sedangkan bila nilai *Marshall Quotient* MQ terlalu tinggi akan menyebabkan campuran menjadi kaku serta mudah retak dan akhirnya tidak akan bertahan lama.

5.7. Perbedaan Hasil Peneliti Dengan Penelitian Sebelumnya

Perbandingan antara hasil peneliti dengan penelitian sebelumnya terhadap karakteristik marshall dapat dilihat pada tabel 5.9.

Tabel 5.9 Perbandingan Hasil Penelitian

Nama Peneliti	Variasi Komposisi Pencampuran	NILAI					
		VMA	VFA	VIM	STABILITAS	FLOW	MQ
Wisnu Wardana	0%	18,093	77,799	4,017	1885,506	3,42	551,855
	25%	17,981	78,312	3,900	1882,507	3,34	563,625
	50%	17,963	78,407	3,876	1854,659	3,27	566,596
	75%	17,901	78,740	3,806	1763,404	3,20	550,490
	100%	17,876	78,873	3,777	1732,129	3,09	561,165
Robby Allyfer	0%	14,553	65,828	4,97	2273,56	3,00	757,855
	25%	14,361	66,724	4,77	1968,67	2,967	663,564
	50%	14,304	67,036	4,71	2007,39	3,067	654,584
	75%	14,412	66,475	4,83	2245,84	3,30	680,557
	100%	14,395	66,570	4,81	2157,11	3,467	622,244

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

Pada penelitian ini, nilai Rongga Dalam Mineral Aspal tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 18,093%, nilai terendah terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu ampas tebu dengan nilai sebesar 17,876%.

Pada penelitian Allyfer, nilai Rongga Dalam Mineral Aspal tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 14,553%, terus mengalami penurunan hingga campuran 50% abu batu + 50% abu vulkanik dengan nilai 14,304%, pada campuran 25% abu batu + 75% abu vulkanik kembali naik dengan nilai sebesar 14,412%, tetapi pada campuran 100% abu vulkanik kembali mengalami penurunan dengan nilai 14,395%.

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

Pada penelitian ini, nilai Rongga Terisi Aspal tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu ampas tebu yaitu dengan nilai sebesar 78,873%, nilai terendah terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu dengan nilai sebesar 77,799%.

Pada penelitian Allyfer, nilai Rongga Terisi Aspal terendah terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 65,828%, mengalami kenaikan hingga campuran 50% abu batu + 50% abu vulkanik dengan nilai 67,036%, pada campuran 25% abu batu + 75% abu vulkanik mengalami penurunan dengan nilai sebesar 66,475%, tetapi pada campuran 100% abu vulkanik kembali mengalami kenaikan dengan nilai 66,570%.

3. Rongga Dalam Campuran (Void In The Mix / VIM)

Pada penelitian ini, nilai Rongga Dalam Campuran tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 4,017%, nilai terendah terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu ampas tebu dengan nilai sebesar 3,777%.

Pada penelitian Allyfer, nilai Rongga Dalam Campuran tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 4,97%, mengalami penurunan hingga campuran 50% abu batu + 50% abu vulkanik dengan nilai 4,71%, pada campuran 25% abu batu + 75% abu vulkanik mengalami kenaikan lagi dengan nilai sebesar 4,83%, tetapi pada campuran 100% abu vulkanik kembali mengalami penurunan dengan nilai 4,81%.

4. Stabilitas

Pada penelitian ini, nilai Stabilitas tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 1885,506 kg, nilai terendah terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu ampas tebu dengan nilai sebesar 1732,129 kg.

Pada penelitian Allyfer, nilai Stabilitas tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 2273,56kg, mengalami penurunan pada campuran 75% abu batu + 25% abu vulkanik dengan nilai 1968,67 kg, kembali mengalami kenaikan hingga campuran 25% abu batu + 75% abu vulkanik dengan nilai sebesar 2245,84kg, tetapi pada campuran 100% abu vulkanik kembali mengalami penurunan dengan nilai 2157,11 kg.

5. Kelelehan (*Flow*)

Pada penelitian ini, nilai Flow tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 3,42 mm, nilai terendah terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu ampas tebu dengan nilai sebesar 3,09 mm.

Pada penelitian Allyfer, nilai Flow tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu vulkanik yaitu dengan nilai sebesar 3,467 mm, sedangkan nilai terendah terdapat pada campuran 75% abu batu + 25% abu vulkanik dengan nilai 2,967 mm.

6. *Marshall Quotient* (MQ)

Pada penelitian ini, nilai MQ tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu ampas tebu yaitu dengan nilai sebesar 561,165kg/mm, nilai terendah terdapat pada komposisi pencampuran 25% abu batu + 75% ampas tebu dengan nilai sebesar 1732,129 kg/mm.

Pada penelitian Allyfer, nilai MQ tertinggi terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu yaitu dengan nilai sebesar 757,855 kg/mm, mengalami penurunan hingga campuran 50% abu batu + 50% abu vulkanik dengan nilai 654,584 kg/mm, kembali mengalami kenaikan pada campuran 25% abu batu + 75% abu vulkanik dengan nilai sebesar 680,557 kg/mm, tetapi pada campuran 100% abu vulkanik kembali mengalami penurunan dengan nilai 622,244 kg/mm.

Dari hasil data penelitian diatas, terdapat perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang mempengaruhi nilai karakteristik marshall (VMA, VFA, VIM, Flow, Stabilitas, MQ) yaitu pada campuran aspal beton seperti penggunaan material agregat kasar dan agregat halus dari quarry yang berbeda, pemakaian filler, persentase pencampuran gradasi agregat gabungan, dan kadar aspal optimum. Angka kalibrasi pada alat pengujian marshall (*provingring*) pada penelitian ini juga berbeda dengan angka kalibrasi penelitian sebelumnya yang mengakibatkan perbedaan jauh pada nilai Stabilitas.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

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

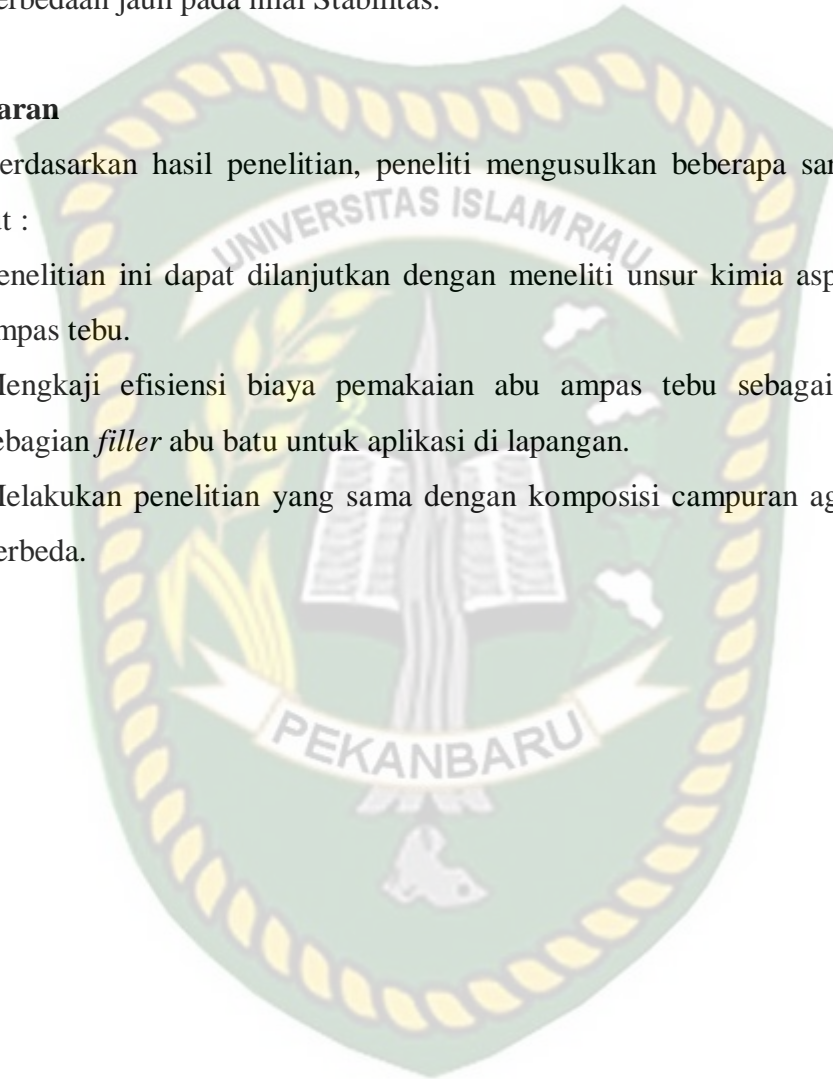
1. Dari hasil penelitian pengaruh penggunaan abu ampas tebu sebagai agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* terhadap sifat *Marshall* dapat dilihat sebagai berikut :
 - a. Semakin besar campuran komposisi *filler* abu ampas tebu, maka nilai VMA, VIM, Stabilitas, Flow semakin rendah. Tapi pada nilai VFA, semakin besar campuran komposisi *filler* abu ampas tebu maka semakin tinggi nilai yang didapat. Pada nilai MQ terjadi peningkatan dari komposisi *filler* 100% abu batu hingga 50% abu batu + 50% abu ampas tebu, mengalami penurunan pada komposisi *filler* 25% abu batu + 75% ampas tebu dan mengalami peningkatan pada komposisi *filler* 100% abu ampas tebu.
 - b. Nilai maksimal dari komposisi pencampuran *filler* abu ampas tebu terdapat pada komposisi pencampuran 100% abu batu dengan nilai sebesar VMA 18,093%, VFA 77,799%, VIM 4,017%, Stabilitas 1885,507 Kg, Flow 3,42 mm, MQ 551,855 kg/mm.
2. Hasil yang didapat dari pengujian *Marshall Test* untuk semua komposisi pencampuran *filler* 100% abu batu, 75% abu batu + 25% abu ampas tebu, 50% abu batu + 50% abu ampas tebu, 25% abu batu + 75% abu ampas tebu, 100% abu ampas tebu, nilainya telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 2.
3. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang mempengaruhi nilai karakteristik marshall (VMA, VFA, VIM, Flow, Stabilitas, MQ) yaitu pada campuran aspal beton seperti penggunaan material agregat kasar dan agregat halus dari quarry yang berbeda, pemakaian filler, persentase

pencampuran gradasi agregat gabungan, dan kadar aspal optimum. Angka kalibrasi pada alat pengujian marshall (*provingring*) pada penelitian ini juga berbeda dengan angka kalibrasi penelitian sebelumnya yang mengakibatkan perbedaan jauh pada nilai Stabilitas.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, peneliti mengusulkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan meneliti unsur kimia aspal dan abu ampas tebu.
2. Mengkaji efisiensi biaya pemakaian abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian *filler* abu batu untuk aplikasi di lapangan.
3. Melakukan penelitian yang sama dengan komposisi campuran agregat yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum Untuk Jalan Dan Jembatan*, Direktorat Bina Marga.
- Harmiyati, 2013, *Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan*, Journal Sainis Vol.13 No.1 (2013)
- Nurhazamil, 2014, *Kajian Pemakaian Filler Semen, Abu Batu Dan Abu Limbah AMP Terhadap Campuran AC-WC*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Pratama, Ari, 2015, *Penggunaan Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Bahan Pengganti Filler AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Pohan, Siti, Aminah 2019, *Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Allyfer, Robby, 2016, *Pengaruh Penggunaan Filler Abu Vulkanik Unung Sinabung Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-WC*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Putra, Afwan, Eka, 2019, *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Substitusi Semen Terhadap Karakteristik Batako*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Sukirman, Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Granit, Jakarta
- Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta