

TUGAS AKHIR

STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL SUNGAI LOMBANAN UNTUK PENGGUNAAN CAMPURAN LAPIS (AC-WC)

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

HERAWATI

45 13 041 093

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
2021**

SURAT PERNYATAAN

KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Herawati
Nomor Stambuk : 45 13 041 093
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : "Karakteristik Material Sungai Lombanan untuk Penggunaan Campuran Lapis (AC-WC)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediadakan / mengalih formatkan, mengelolah dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestisnya.

Makassar, Maret 2021

Yang Menyatakan



(Herawati)

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP

Tugas Akhir :

**"STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL SUNGAI LOMBANAN UNTUK PENGGUNAAN
CAMPURAN LAPIS (AC-WC) "**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : **Herawati**

No. Stambuk : 45 13 041 093

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi
Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir. H. Rahim Nurdin, MT.

(.....)

Pembimbing II : Ir. Tamrin Mallawangeng, MT.

(.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ridwan, ST., M.Si
NIDN : 09 1012 701

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Nurhadijah Yuniarti, ST.MT
NIDN : 09 16068201



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa
Nomor : FT/UNIBOS/III/2021 tertanggal Februari 2021, perihal
Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Jumat / 26 Februari 2021
Nama : Herawati
NIM : 45 13 041 093
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **Studi Karakteristik Material Sungai Lombanan
untuk Penggunaan Campuran Lapis(AC-WC)"**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik
Universitas Bosowa setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian
Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Bosowa.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua / Ex. Officio : Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T. (.....)
Sekretaris / Ex. Officio : Ir. Tamrin Mallawangeng, M.T. (.....)
Anggota : Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. (.....)
Nurhadijah Yuniarti, S.T.,M.T. (.....)

Makassar, 26 Februari 2020

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bosowa


Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN : 09 240676 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Bosowa


Nurhadijah Yuniarti, S.T., M.T.
NIDN : 09 050873 04

KATA PENGANTAR



Dengan penuh kerendahan hati penulis panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang merupakan salah satu persyaratan akademik guna menyelesaikan studi pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

Dalam tulisan ini penulis menyajikan pokok bahasan menyangkut masalah dibidang transportasi, dengan judul :

**“STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL SUNGAI LOMBANAN
UNTUK PENGGUNAAN CAMPURAN LAPIS (AC-WC)”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini adalah berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menghaturkan ucapan terima kasih tak terhingga kepada:

1. Dr. Ridwan, ST, M.Si. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar
2. Nurhadijah Yunianti, ST.MT. selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

3. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT dan Ir. Tamrin Mallawangeng, MT selaku pembimbing I dan II yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh Staf Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
5. Bapak Ir. Miftachul Munir, MT. Selaku Kepala Balai, Bapak Ir. Johanis Djaja, MT. Selaku Kepala Bidang Pembangunan dan Pengujian, Bapak Ir. Akhmad, ST.MT. selaku Kepala Seksi, Bapak Hamzah ST. MT. selaku Kepala Laboratorium telah memberi saya ijin untuk penelitian di Laboratorium Bahan Jalan dan Jembatan BBPJM XIII Makassar, Bapak Samsir ST. Selaku Manejer Teknik Laboratorium dan Husain Usman, ST dan Heriadi Sardi. serta staf Laboratorium Bahan Jalan dan Jembatan BBPJM XIII Makassar yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan sehubungan dengan penelitian ini.
6. Kepada kedua orang tua dan saudaraku , dukungan dan bantuannya, berupa moril maupun materi selama penulis menuntut ilmu di Universitas Bosowa Makassar.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, Khususnya untuk angkatan 2013, dan sahabat-sahabat, yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kesadaran diri dan segala kerendahan hati penulis, menyadari bahwa hanya Allah yang memiliki segala kesempurnaan, sehingga tentu masih banyak lagi rahasia-Nya yang belum tergali dan belum kita ketahui. Oleh karena itu, kami mengharapkan saran-saran dan kritik yang positif demi penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga tulisan yang sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca. Aamiin aamiin YRA.

Makassar, 9 Maret 2021

Penulis



UNIVERSITAS
BOSOWA

Studi Karakteristik Material Sungai Lombanan untuk Penggunaan Campuran Lapis (AC-WC)

Study of Material Characteristics of the Lombanan River for the Use of Mixed Layers (AC-WC)

Herawati^{1*}, Abd. Rahim Nurdin², Tamrin Mallawangeng²

¹Mahasiswa Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Makassar

²Dosen Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Makassar

*Corresponding Author: watiwati196@gmail.com

Abstrak

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Lapis aspal beton atau AC (Asphalt Concrete) merupakan salah satu campuran beraspal dengan kekuatan campuran ditentukan oleh daya ikat (interlocking) antar agregat, bahan pengisi (filler) dan bahan pengikat (asphalt). Daya ikat antar agregat merupakan penyokong utama bagi kekuatan dan performa material pada struktur perkerasan. Ketersediaan agregat yang berkualitas mutlak diperlukan untuk menjamin keberlangsungan pembangunan di sektor konstruksi jalan. Selama ini agregat yang dipakai di Prov. Sul-bar khususnya di kabupaten Mamasa di pasok dari daerah Salu Batu, Mambi, Mirring, Sumarorong. Meskipun agregat yang tersedia masih mencukupi permintaan dimasa saat ini namun belum tentu mencukupi kebutuhan agregat dimasa yang akan datang. Material dari Sungai Lombanan merupakan quarry yang dapat digunakan pada campuran beraspal panas AC-WC karena nilai karakteristik material dan sifat – sifat marshall yang diperoleh dari percobaan dilaboratorium memenuhi ketentuan dalam Spesifikasi Umum 2018 Kementerian PUPR dengan hasil pengujian abrasi diperoleh nilai 33,475%. Karakteristik campuran beraspal yang diperoleh dari percobaan Trial Unerror yang memenuhi seluruh persyaratan dari parameter pengujian campuran beraspal dengan nilai interval antara kadar aspal 0,5%, yaitu kadar aspal 6,0% - 6,5% dengan hasil KAO 6,08 %. 4. Hasil pemeriksaan KAO dengan presentasi nilai IKS dari hasil pengujian indeks kekuatan sisa pada campuran dengan kadar aspal 6,08 %.

Abstract

Asphalt concrete is one type of flexible pavement construction pavement layer. AC or Asphalt Concrete is an asphalt mixture with the strength of the mixture determined by the interlocking power between the aggregates, the filler and the binder (asphalt). The bond strength between aggregates is the main support for the strength and performance of the material in the pavement structure. The availability of quality aggregates is absolutely necessary to ensure the sustainability of development in the road construction sector. So far, the aggregate used in Prov. Sul-bars, especially in Mamasa district, are supplied from the Salu Batu, Mambi, Mirring, Sumarorong areas. Even though the available aggregate is still sufficient for current demand, it is not necessarily sufficient for the aggregate needs in the future. The material from the Lombanan River is a quarry that can be used in AC-WC hot asphalt mixtures because the material characteristic values and marshall properties obtained from laboratory experiments meet the provisions in the 2018 General Specifications of the Ministry of PUPR with the results of abrasion testing obtained a value of 33.475%. The characteristics of the asphalt mixture obtained from the Unerror Trial experiment fulfilled all the requirements of the asphalt mixture test parameters with an interval value between the asphalt content of 0.5%, namely the asphalt content of 6.0% - 6.5% with a 6.08% KAO result. 4. KAO examination results with a presentation of IKS value from the results of the residual strength index test on a mixture with asphalt content of 6.08%.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Pernyataan	ii
Lembar Pengujian Ujian Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Kata Pengantar	v
Abstrak	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Notasi	x
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-4
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	I-5
1.3.1. Tujuan Penelitian	I-5
1.3.2. Manfaat Penelitian	I-5
1.4. Pokok Pembahasan dan Batasan Masalah.....	I-5
1.4.1 Pokok Pembahasan	I-5
1.4.2. Batasan Masalah.....	I-5
1.5. Sistematika Penulisan	I-5
BAB II LANDASAN TEORI	II-1
2.1. Tinjauan Pustaka.....	II -1
2.2. Dasar Teori	II-4

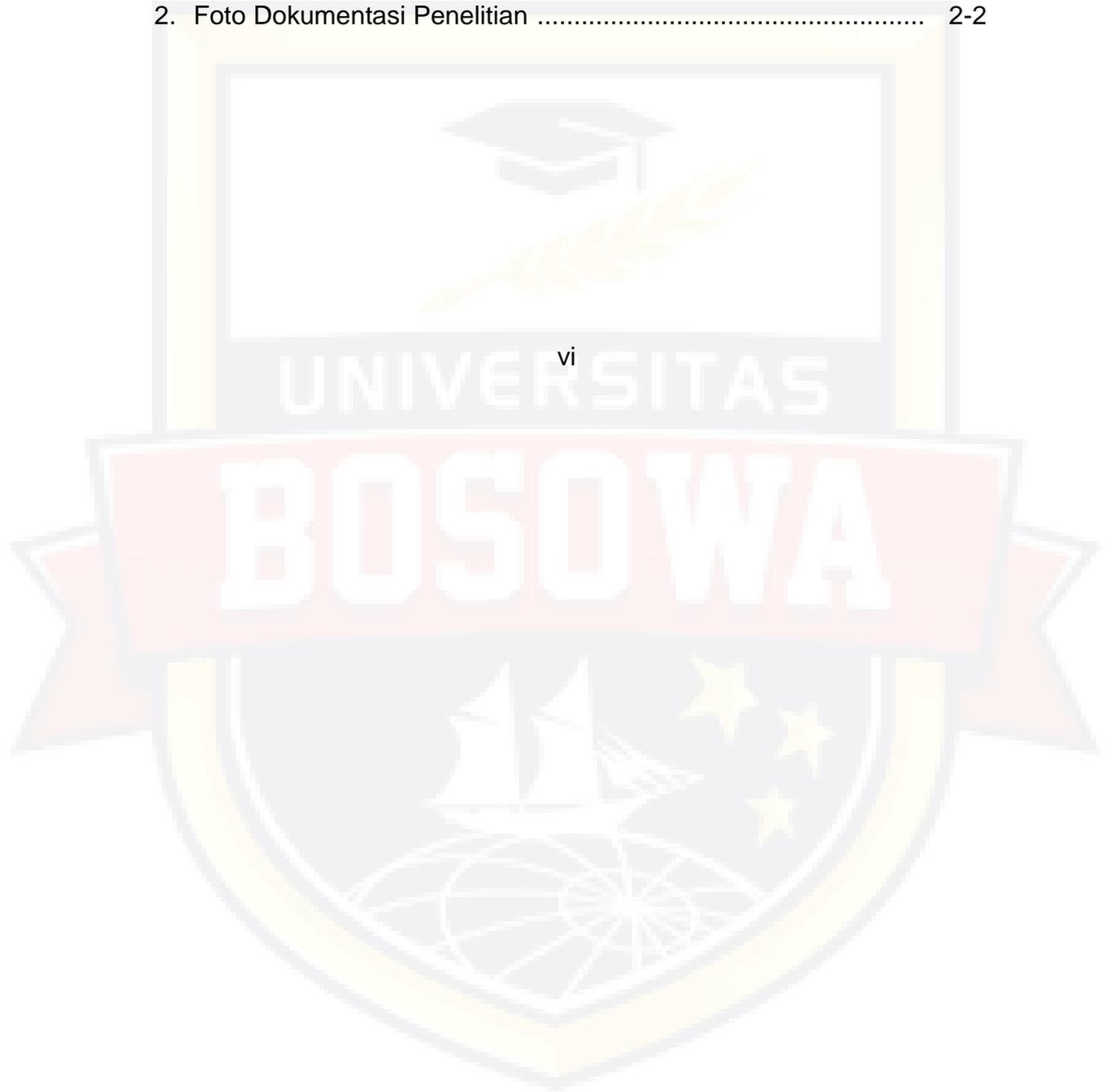
2.2.1. Batu Split	II-4
2.3. Klasifikasi Agregat.....	II-5
2.3.1 Agregat	II-6
2.3.2. Agregat Kasar	II-10
2.3.3. Agregat Halus	II-11
2.4. Gradasi Agregat	II-12
2.5. Ukuran Maksimum Agregat	II-13
2.6. Ketahanan Agregat.....	II-14
2.7. Bentuk dan Tekstur Agregat.....	II-15
2.8. Berat jenis Agregat.....	II-17
2.9. Aspal.....	II-18
2.10. Tes Standar Bahan Aspal.....	II-19
2.10.1. Penetrasi.....	II-20
2.10.2. Titik Lembek.....	II-20
2.10.3. Titik Nyala dan Titik Bakar.....	II-20
2.10.4. Daktilitas	II-21
2.11. Berat Jenis Aspal.....	II-21
2.12.. Kehilangan Berat.....	II-21
2.13. Pengujian Viskositas Aspal.....	II-22
2.14. Jenis Semen Aspal.....	II-22
2.15. Jenis Beton Aspal.....	II-25
2.16. Rancangan Campuran Beton Aspal.....	II-28
2.17. Pengujian Marshall.....	II-29
2.18. Karakteristik Marshall.....	II-30
2.18.1. Stabilitas.....	II-30
2.18.2. Kelelehan.....	II-31

2.19. MQ (Marshall Quentient).....	II-32
2.20. Kerangka Pikir.....	II-33

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1. Diagram Alur Penelitian.....	III-1
3.2. Metode Penelitian.....	III-3
3.3. Tempat Penelitian.....	III-3
3.4. Sumber Material.....	III-3
3.5. Teknik Pengumpulan Data.....	III-4
3.5.1. Data Primer.....	III-4
3.5.2. Data Sekunder.....	III-5
3.6 .Alat Penelitian.....	III-5
3.7. Prosedur Pelaksanaan.....	III-6
3.8. Pengujian Persyaratan Agregat.....	III-7
3.8.1. Berat Jenis Penyerapan Air.....	III-7
3.8.2. Ujian Keausan Agregat.....	III-8
3.9. Rekapitulasi Kebutuhan Benda Uji.....	III-9
3.10. Rancangan Agregat Gabungan	III-9
3.11. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	III-10
3.12 Pengujian Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	III-12
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	IV-1
4.1. Penyajian Data... ..	IV-1
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat.....	IV-1

4.1.2. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, 0,5-1 dan Abu Batu).....	IV-3
4.1.3. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles	IV-5
4.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak.....	IV-6
4.3. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	IV-9
4.3.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb).....	IV-9
4.3.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran.....	IV-10
4.3.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran.....	IV-11
4.4. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum...	IV-12
4.5. Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode Bar-Chart.....	IV-16
4.6. Karakteristik Volumetrik dan Marshall (AC-WC).....	IV-17
4.6.1. Karakteristik Volumetrik Campuran.....	IV-17
4.7. Nilai Empiris Marshall AC-WC.....	IV-23
4.8. Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS.....	IV-27
4.9. Analisa dan Evaluasi Data.....	IV-28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA	xii

LAMPIRAN	xii
1. Data Hasil Pengujian Laboratorium	1-1
2. Foto Dokumentasi Penelitian	2-2



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ketentuan Agregat Kasar	II-10
Tabel 2.2. Ketentuan Agregat Halus	II-11
Tabel 2.3..Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal.....	II-13
Tabel 2.4. Spesifikasi AASHTO untuk Berbagai Nilai Penetrasi Aspal AASHTO 20-70 (1990).....	II-23
Tabel 2.5. Klasifikasi Bina Marga untuk Berbagai Nilai Penetrasi.	II-23
Tabel 2.6. Persyaratan Aspal	II-25
Tabel 2.7. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston (AC)	II-29
Tabel 3.8. Rekapitulasi rencana jumlah kebutuhan benda uji....	III-9
Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran...	IV.1
Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran...	IV-2
Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Ukuran.....	IV-2
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah 1- 2 , 0,5-1 dan Agregat Halus(Abu Batu).....	IV-3
Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar.....	IV-5
Tabel 4.6. Hasil pengujian sifat fisik aspal minyak penetrasi 60/70 ..	IV-6
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Viskositas	IV-7
Tabel 4.8. Hasil Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC	IV-8
Tabel 4.9. Hasil Berat Aspal dan Agregat Pada Campuran Aspal Panas AC-WC.....	IV-11
Tabel 4.10. Hasil Pemeriksaan Berat jenis Dan Penyerapan Agregat.	IV-11

Tabel 4.11. Berat jenis maksimum campuran AC-WC	IV-14
Tabel 4.12. Hasil pengujian Marshall AC – WC	IV-15
Tabel 4.13. Rekapitan Hasil Pengujian Marshall AC – WC.....	IV-16
Tabel 4.14. Hubungan Kadar Aspal Dengan Kepadatan / Density (Berat Isi).....	IV-18
Tabel. 4.15. Sampel hasil uji stabilitas pada temperatur 60 ⁰ C.....	IV-15



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. foto penambangan material sungai	I-3
Gambar 2. Contoh batu split	II-4
Gambar 3. Contoh batu beku(igneous)	II-7
Gambar 4. Contoh Batu Sedimen (Sedimentary Rocks).....	II-8
Gambar 5 Contoh Batu Metamorfik (Metamorfhic Rocks)	II-9
Gambar 6. Contoh Batu Pipih, Lonjong dan Kubikal.....	II-15
Gambar 7. Alat Uji Marshall	II-30
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian	III-2
Gambar 3.2 Mesin Los Angeles	III-6
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara viskositas dan temperatur.....	IV-8
Gambar 4.2. Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC	IV-9
Gambar 4.3. Grafik Berat Isi, VIM,VMA,VFB,Stabilitas,Flow,Rasio L.200 dan KA	IV-15
Gambar 4.4 Grafik Penentuan KAO dengan Metoda Bar-chart	IV-16
Gambar. 4.5. Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan Berat isi.....	IV-18
Gambar 4.6. Grafik Hubungan kadar aspal dengan VMA.....	IV-21
Gambar 4.7. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas	IV-24
Gambar 4.8. Hubungan Kadar Aspal dengan flow	IV-25

DAFTAR NOTASI

AASHTO	=	<i>American Association Of State Highway and Transportation Officials</i>
AC	=	<i>Asphalt Concrete</i>
AC - BC	=	<i>Asphalt Concrete Binder Course</i>
AC - Base	=	<i>Asphalt Concrete Base</i>
AC - WC	=	<i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
ASBUTON	=	Aspal Batu Buton
ASTM	=	<i>American Society For Testing and Materials</i>
Ba	=	Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air
BFT	=	<i>Bitumen Film Thickness</i>
Bj	=	Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh
Bk	=	Berat Benda Uji Kering Oven
cP	=	<i>Centipoise</i>
DMF	=	<i>Design Mix Formula</i>
EVA	=	<i>Ethylene Vinyl Acetate</i>
Filler	=	Berupa Abu batu Bahan Perkerasan Yang Lolos Saringan No. 200
Flow	=	Pelelehan
Ga	=	Berat Jenis Aspal
Gsa	=	Berat Jenis Semu
Gsb	=	Berat Jenis curah dari total Agregat

Gse	= Berat Jenis Efektif
HRS	= <i>Hot Rolled Sheet</i>
HRS - Base	= <i>Hot Rolled Sheet Base</i>
HRS - WC	= <i>Hot Rolled Sheet Wearing Course</i>
HRSS	= <i>Hot Roled sand Sheet</i>
HSMA	= <i>High Stiffnes Modulus Asphalt</i>
JMF	= <i>Job Mix Formula</i>
KAO	= Kadar Aspal Optimum
LATASTON	= Lapisan Tipis Aspal Beton
LATASIR	= Lapisan Tipis Aspal Pasir
LASTON	= Lapisan Aspal Beton
LPA	= Lapis Pondasi Atas
LPB	= Lapis Pondasi Bawah
LTD	= <i>Lapis Tanah Dasar</i>
MC	= <i>Medium Curing Cut Back</i>
MPBJ	= Manual Pemeriksaan Bahan Jalan
MQ	= Marshall Quetiont (kg / mm)
Pa.s	= Pascal sekon
Pb	= Perkiraan Bitumen
Pba	= Penyerapan Aspal
Pen 60/70	= Penetrasi 60/70
RC	= <i>Rapid Curing</i>
RCC	= <i>Residium Catalytic Cracking</i>

SBS	=	<i>Styrene Butadine Styrene</i>
SBR	=	<i>Styrene Butadine Rubber</i>
SC	=	<i>Slow Curing Cut Back</i>
SI	=	Standar Internasional
SIS	=	<i>Styrene Isoprene Styrene</i>
SMA	=	Split Mastic Asphalt
SNI	=	Standar Nasional Indonesia
SS	=	<i>Sand Sheet</i>
SSD	=	<i>Surface Saturated Dry</i>
VFB	=	<i>Voids Filled With Bitumen</i>
VIM	=	<i>Voids In Mixed (%)</i>
VMA	=	<i>Voids In Mineral Agregates (%)</i>
"	=	Ukuran Saringan Dalam Inchi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi merupakan sektor pendahulu dalam perencanaan suatu wilayah selain itu transportasi juga disebut sebagai urat nadi pembangunan, dimana transportasi berperan dalam pertumbuhan dan pembangunan ekonomi wilayah. Pertumbuhan ekonomi akan terlaksana dengan baik apabila ketersediaan prasarana jalan memadai,

Jalan sebagai prasarana transportasi darat banyak digunakan dan dalam perencanaan pembangunan jalan harus memiliki kriteria kuat, awet, aman, nyaman, indah dan ekonomis, namun dalam kenyataannya pembangunan jalan membutuhkan anggaran yang besar hal ini disebabkan karena harga bahan material yang setiap tahun mengalami kenaikan dimana ini mengakibatkan harga bahan dasar yang digunakan untuk membuat perkerasan tersebut meningkat juga. Selain daripada itu persediaan akan sumber alam semakin menipis akibat meningkatnya permintaan agregat untuk konstruksi yang terjadi akhir-akhir tahun ini.

Agregat merupakan material utama penyusun perkerasan, dimana porsinya sebesar 90% - 95% dari berat perkerasan. Proporsi yang sedemikian besar menyebabkan kualitas agregat yang dipakai akan sangat menentukan kinerja perkerasan secara keseluruhan. Apabila

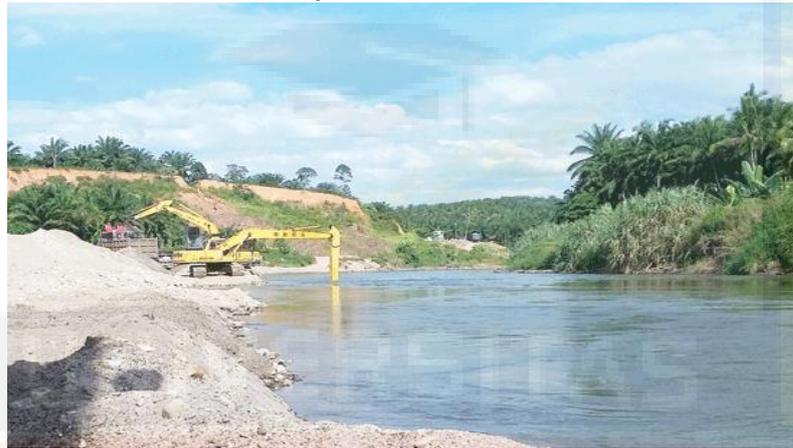
agregat yang dipakai memiliki mutu yang rendah maka bisa dipastikan tingkat ketahanan dan keawetan konstruksi menjadi rendah.

Disisi lain program pemerintah daerah yang menginginkan percepatan pembangunan di Prov. Sul-bar khususnya di sektor infrastruktur jalan dan jembatan dimana kebutuhan akan material batu pecah sangat tinggi, namun sumber pengambilan material sangat terbatas dan deposit material yang tersedia sekarang belum cukup memenuhi kebutuhan tersebut.

Ketersediaan agregat yang berkualitas mutlak diperlukan untuk menjamin keberlangsungan pembangunan di sektor konstruksi jalan. Selama ini agregat yang dipakai di Prov. Sul-bar khususnya di kabupaten Mamasa di pasok dari daerah Salu Batu, Mambi, Mirring, Sumarorong. Meskipun agregat yang tersedia masih mencukupi permintaan dimasa saat ini namun belum tentu mencukupi kebutuhan agregat dimasa yang akan datang'

Memperhatikan masalah tersebut maka penelitian difokuskan untuk mencari alternatif *quarry area* baru yang dapat digunakan pada konstruksi perkerasan aspal khususnya material batu pecah di sekitar wilayah Provinsi Sulbar. salah satu daerah yang menyimpan potensi agregat yang besar adalah Kabupaten Mamasa di mana terdapat Sungai Lombanan yang memiliki kandungan material yang cukup menjanjikan namun hanya di gunakan oleh warga sekitar untuk pembangunan dalam skala kecil. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah material dari

Sungai Lombanan tersebut memenuhi standar kualitas untuk digunakan sebagai agregat perkerasan lentur jalan raya atau tidak.



Gambar 1. foto penambangan material sungai

Kualitas agregat dapat diketahui melalui serangkaian percobaan di Laboratorium. Untuk agregat kasar pengujian yang dapat dilakukan adalah uji abrasi, uji berat jenis, uji penyerapan air serta uji kelekatan aspal. Sementara untuk agregat halus dapat dilakukan pengujian berat jenis dan uji penyerapan air. Dari hasil yang diperoleh kemudian digunakan standar acuan yang berlaku maka akan diketahui sifat agregat tersebut untuk dapat digunakan sebagai agregat perkerasan lentur jalan.

A. Dampak Positif

1. Dapat menyerap tenaga kerja (Yudhistira 2008) dan tumbuhnya kesempatan berusaha masyarakat sekitar (Dyahwanti 2007)
2. Memberikan kontribusi bagi daerah sebagai salah satu sumber Pendapatan Asli Daerah (PAD).

B. Dampak Negatif

1. Pada keseimbangan dan fungsi lingkungan dapat menyebabkan terjadinya pengikisan terhadap humus tanah, terbentuknya lubang-lubang besar dan mengakibatkan erosi (Hasibuan 2006).
2. Sisa pencucian material dapat mengalir masuk ke sungai yang mempengaruhi kualitas air sungai di sekitar lokasi penambangan. (Widyati dan Rostiwati (2010))
3. Terhadap lingkungan abiotik dan biotik misalnya rusaknya lahan pertanian, tebing sungai, jalan serta terganggunya keamanan, kesehatan maupun kelestarian lingkungan.
4. Pengerukan material yang berlebihan pada dasar ataupun meander sungai dapat menyebabkan pola arus alamiah sungai berubah yang mengakibatkan erosi horizontalnya bertambah luas. (Ansori (2005))

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang bisa diteliti sebagai berikut :

1. Bagaimanakah sifat dari agregat Sungai Lombanan
2. Apakah agregat Sungai Lombanan memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam campuran beraspal.
3. Mengetahui nilai Stabilitas, Kelelahan (flow), Marshall Quentien dengan menggunakan 3 variasi kadar aspal yaitu 5.5 %, 6.0 % dan 6.5 %.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian:

1. Mengetahui sifat dari agregat Sungai Lombanan
2. Mengetahui apakah agregat sungai Lombanan dapat memenuhi syarat untuk digunakan sebagai agregat untuk konstruksi perkerasan jalan.

1.3.2. Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan pengetahuan dan pemahaman tentang material Sungai Lombanan sebagai agregat campuran beraspal.
2. Mengetahui sejauh mana penggunaan material Sungai Lombanan sebagai agregat pada konstruksi jalan.

1.4. Pokok Pembahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Pembahasan

1. Karakteristik material sungai lombanan untuk penggunaan campuran lapis (AC-WC)

1.4.2. Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini dibatasi pada hal – hal sebagai berikut :

1. Pengujian hanya sebatas dalam lingkup laboratorium bahan Jalan dan Jembatan BBPJN XIII Makassar.
2. Pengujian hanya di fokuskan untuk mencari data propertis agregat dan nilai Stabilitas,Kelelehan (flow),dan Marshall Quentien dengan 3

variasi kadar aspal yaitu 5.5%, 6.0%, dan 6.5% tanpa mencari nilai KAO (Kadar Aspal Optimum).

3. Gradasi agregat yang digunakan adalah Laston dengan jenis campuran Laston lapis aus AC-WC (Asphalt Concrete- Wearing Course).
4. Standar yang digunakan adalah Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.
5. Sifat – sifat karakteristik material aspal pen 60/70 yang digunakan tidak diteliti langsung oleh penulis. dan data yang digunakan berasal dari Laboratorium tempat penulis meneliti.

1.5. Sistematika Penulisan

- ▶ Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang berurutan sebagai berikut :

- **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

- **BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang teori-teori pendukung mengenai penelitian yang dilakukan.

- **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang bagan alir penelitian, bahan,

lokasi, dan waktu penelitian, metode pengambilan sampel, persiapan bahan campuran dan pembuatan benda uji.

➤ **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang hasil rekapitulasi data, analisa rancangan campuran , hasil pengetesan benda uji serta pembahasan hasil penelitian.

➤ **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup yang memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun fragmen-fragmen. (*Djanasudirdja, 1984*)

Pemilihan material perkerasan jalan yang tepat sesuai dengan karakteristik daerah adalah hal penting dalam pencapaian konsistensi kualitas perkerasan jalan sesuai dengan umur layanan yang direncanakan. Pada perkerasan lentur dengan lapisan permukaan aspal, salah satu material yang berperan penting adalah agregat. Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun bahan buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen (*Sukirman, S 2003*).

Berdasarkan proses pengolahannya, agregat digolongkan menjadi dua jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Pada umumnya, konstruksi perkerasan lentur di Indonesia menggunakan agregat buatan yang dihasilkan melalui industri pemecah batu yang memiliki permukaan kasar dan bersudut digunakan pada campuran beraspal merupakan langkah tepat untuk memperoleh kondisi lapisan perkerasan yang baik.

Namun realita yang sering dijumpai di lapangan adalah dibutuhkan sumber daya yang sangat tinggi untuk mewujudkan penggunaan agregat buatan sebagai material pada campuran beraspal secara utuh. Hal ini disebabkan karena biaya yang besar dalam proses pengolahan dan pengangkutan ke lokasi proyek. **(Syahputra, 2013)**

Selain itu agregat memiliki beberapa peranan penting pada campuran beraspal diantaranya sebagai penyumbang kekuatan struktural terbesar pada campuran, mengurangi susut perkerasan, dan mempengaruhi kualitas perkerasan. Selain itu untuk struktur perkerasan jalan khususnya untuk campuran beraspal (AC-WC) agregat yang digunakan harus cukup kuat agar tidak mudah pecah, harus memiliki sifat penyerapan agregat yang baik dan kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap dan menahan film aspal. Agregat *hidrophobik* (tidak menyukai air) adalah agregat memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi, contoh dari agregat ini adalah batu kapur (batu gamping) dan dolomit. Sedang perbaikan sifat penyerapan agregat dapat dilakukan dengan penambahan semen atau kapur pada agregat. Dari kedua bahan tambah ini, pemakaian kapur lebih dianjurkan bila agregat tersebut akan digunakan sebagai bahan pembentuk campuran beraspal. **(Departemen Pekerjaan Umum, 2007)**

Karakteristik *morfologi* agregat kasar ternyata mempunyai hubungan erat dengan kekuatan perkerasan beraspal. Agregat berbentuk *cubical* memiliki ketahanan terhadap *rutting* dan memiliki friksi internal

tertinggi apabila dibandingkan dengan bentuk agregat yang lain. Semakin banyak bentuk agregat *cubical* dalam campuran, semakin tinggi nilai PI. Sementara agregat dalam bentuk pipih dalam perkerasan beraspal memiliki tingkat kepadatan yang rendah dan sangat rentan terhadap perubahan bentuk akibat geser (**Chen, et. Al, 2005**)

Pentingnya bentuk partikel agregat pada perilaku mekanik juga dikenal dengan baik. Pada aspal beton, bentuk agregat mempengaruhi daya tahan, kinerja, tahanan geser, kuat tarik, kekakuan, respon kelelahan dan kadar aspal optimum campuran. Perhitungan yang benar terhadap penyimpangan geometric agregat penting dilakukan untuk memahami pengaruhnya terhadap kinerja perkerasan dan untuk memilih agregat untuk menghasilkan perkerasan dengan kualitas yang memadai. (**International Journal of Civil and Structural Engineering, vol:1 No:2,2010**)

Banyak penelitian telah menyimpulkan bahwa performa agregat tidak dapat dihubungkan dengan pengujian tunggal mekanik atau kimiawi, akan tetapi kombinasi pengujian. (**Fookes et al., 1998; Kandhal and Parker 1998; Little et al., 2001**)

Kandhal and Parker (1998) melakukan pengujian laboratorium terhadap agregat terkait dengan kinerja aspal beton. Mereka menyimpulkan bahwa deformasi permanen, *raveling*, *popouts*, *pothole*, retak *fatigue* dan tahanan gesek semua dipengaruhi oleh sifat agregat. Mereka mengidentifikasi Sembilan tes agregat yang dapat terkait dengan

Hot Mix Asphalt Concrete (HMAC), empat dari tes adalah untuk agregat halus saja. Lima tes mereka merekomendasikan untuk agregat kasar meliputi:

1. Analisis saringan berpengaruh terhadap kerusakan deformasi permanen dan retak *fatigue*.
2. *Uncompacted void content* berpengaruh terhadap kerusakan deformasi permanen dan retak *fatigue*.
3. *Bentuk* partikel dalam agregat kasar berpengaruh terhadap kerusakan deformasi permanen dan retak *fatigue*.
4. *Micro Deval (MD) Test* berpengaruh terhadap kerusakan *raveling*, *popouts* dan *pothole*.
5. *Magnesium sulfate Soundness Test* berpengaruh terhadap kerusakan *raveling*, *popouts* dan *pothole*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Batu Split

Batu Split adalah batu yang berasal dari letusan gunung berapi atau batu yang ada di aliran sungai.



Gambar 2. Contoh batu split

Batu jenis ini diperoleh dengan cara membelah atau memecah batu yang berukuran besar menjadi batu berukuran kecil-kecil atau biasa yang disebut kerikil. Fungsi dari batu split ini adalah sebagai bahan campuran beton, konstruksi pada jalan, dan sebagai komponen dari rek kereta api.

2.3. Klasifikasi Agregat

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral Dan Batubara Pasal 2 ayat 2, pengelompokan bahan pertambangan mineral dan batubara terdiri dari lima golongan:

- a. Mineral radioaktif meliputi radium, thorium, uranium, monasit, dan bahan galian radioaktif lainnya;
- b. Mineral logam meliputi litium, berilium, magnesium, kalium, kalsium, emas, tembaga, perak, timbal, seng timah, nikel, mangan, platina, bismunt, molybdenum, bauksit, air raksa, wolfram, titanium, barit, vanadium, kromit, antimony, kobalt, tantalum, cadmium, gallium indium, yttrium, magnetit, besi, galena, alumina, niobium, neodymium, hafnium, scandium, aluminium, palladium, rhodium, osmium, ruthenium, iridium, selenium, teluride, strontium, germanium. Dan zenotin;
- c. Mineral bukan logam meliputi intan, korondium, grafit, arsen, pasir kuarsa, fleerspart, kriolit, yodium, brom, klor, belerang, fosfat, halit, talk, asbes, mika, magnesit, yarosit, oker, fluorit, ballclay, fireclay, zeolite, kaolit, feldspar, bentonit, gipsium, dolomit, kalsit,

rijang, pirofilit, kuarsit, zircon, wolastonit, tawas, batu kuarsa, perlit, garam batu, clay, dan batu gamping untuk semen;

- d. Batuan meliputi pumice, tras, toseki, obsidian, marmer, perlit, tanah diatomic, tanah serap(fullersearch), slanet, granit, granodiorit, andesit, gabro, peridotit, basalt, trakhit, leosit, tanah liat, tanah urug, batu apung, opal, kalsedon, chert, Kristal kuarsa, jasper, kripsoprase, kayu terkersikan, garnet, giok, agat, diorite, topas, batu gunung *quarry* besar, kerikil galian dari bukit, kerikil sungai, batu kali, kerikil sungai ayak tanpa pasir, pasir urug, pasir pasang, kerikil berpasir alami(sirtu), urukan tanah setempat, tanah merah (laterit), batu gamping, onik, pasir laut, dan pasir yang tidak mengandung unsur mineral logam atau unsur mineral bukan logam dalam jumlah yang berarti di tinjau dari segi ekonomi pertambangan; Dan
- e. Batubara meliputi bitumen padat, batuan aspal, batubara, dan gambut.

Berdasarkan peraturan di atas, material Desa Data Kabupaten Pinrang termasuk ke dalam mineral golongan(d) yaitu mineral berbentuk batuan. Hal ini dikarenakan pada material Desa data terdapat batu kali, kerikil berpasir alami (sirtu), pasir.

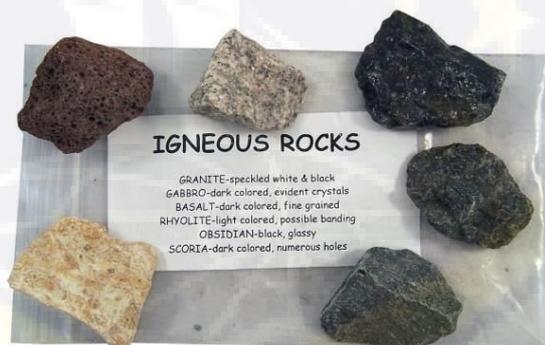
2.3.1. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan

yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun fragmen- fragmen. (*Djanasudirdja, 1984*)

Berdasarkan proses kejadiannya agregat dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu :

- a. **Agregat beku (*igneous rock*)**, adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku luar (*extrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar dari permukaan bumi saat gunung meletus dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku menjadi batuan. Agregat beku dalam (*intrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang tidak sempat keluar ke permukaan bumi kemudian mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan di dalam bumi, dapat ditemui dipermukaan bumi akibat proses erosi atau pergerakan kulit bumi.

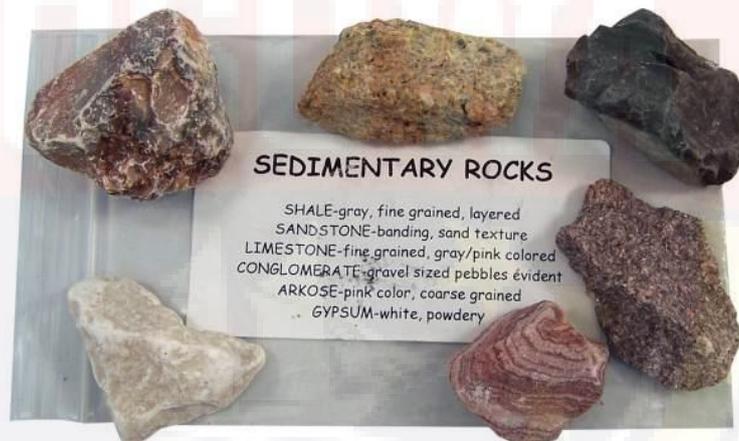


Gambar 3. Contoh batu beku(igneous)

- b. **Agregat sedimen (*sedimentsy rock*)**, yang merupakan agregat yang dapat berasal dari campuran partikel material, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan

pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. Berdasarkan proses terbentuknya agregat sedimen dibedakan atas:

- Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses mekanik, seperti breksi, konglomerat, batu pasir dan batu lempung, banyak mengandung silika.
- Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses organis, seperti batu gamping, batu bara dan opal.
- Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses kimia, seperti batu gamping, garam, gips dan filit.



Gambar 4. Contoh Batu Sedimen (Sedimentary Rocks)

- c. **Agregat metamorfik (*metamorphic rock*)**, adalah agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas agregat metamorf yang masih seperti marmer, kwarsit dan agregat metamorf berfoliasi berlapis seperti batu sabak, filit dan sekis.



Gambar 5 Contoh Batu Metamorfik (Metamorphic Rocks)

Berdasarkan pengolahannya, agregat dibedakan atas agregat siap pakai dan agregat perlu diolah (Sukirman S, 2003). Agregat siap pakai dapat dipakai sebagai material perkerasan jalan tanpa atau dengan sedikit proses pengolahan. Bentuk agregat ini ditentukan oleh proses alam erosi dan degradasi yang dialaminya, sehingga bentuknya dapat bulat permukaan licin karena pengaruh erosi, dan juga kasar bersudut oleh degradasi. Jenis agregat siap pakai yang digunakan sebagai material perkerasan adalah kerikil dan pasir. Sementara agregat yang perlu diolah ditemui dalam bentuk massif, sehingga masih perlu dilakukan pemecahan terlebih dahulu. Agregat jenis ini lebih baik sebagai material perkerasan karena bidang pecahan, ukuran, serta tekstur sesuai yang diinginkan.

Tetapi untuk memilih suatu agregat yang akan digunakan untuk material perkerasan jalan tidak hanya dilihat dari karakteristik agregatnya saja. Lebih luas lagi, pemilihan agregat meliputi juga mengenai ketersediaan agregat, kemudahan mendapatkannya, harga dan jenis gradasi agregat yang digunakan.

Persyaratan untuk agregat, menurut Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI untuk Campuran Beraspal Panas, Kementerian Pekerjaan Umum Spesifikasi 2018, adalah sebagai berikut :

2.3.2. Agregat kasar

Agregat kasar untuk pengujian properties adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm), yaitu harus terdiri dari batu pecah dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya serta memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 1 berikut

Tabel 1. Ketentuan agregat kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (Soundness)	Natrium	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	Magnesium		Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks. 6 %
		500 putaran	Maks. 30 %
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619:2012	95/90 *)
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10 %
Material Lolos Ayakan No. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %

Sumber :Kementerian Pekerjaan Umum (Spek 2018)

Catatan :

*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Agregat kasar harus mempunyai ketahanan yang cukup terhadap abrasi, terutama untuk pengguna agregat sebagai lapis aus atau permukaan perkerasan. Agregat harus awet, mempunyai kekekalan bentuk dan mempunyai muka bidang pecah (*angularitas*) yang cukup untuk memberikan daya dukung atau stabilitas kepada campuran beraspal. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih berat dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih (Pennsylvania DoT's Test Method No.621).

2.3.3. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm). Agregat halus atau pasir alam yang bersih, keras dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50 %
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Mks.10 %

Sumber :Kementerian Pekerjaan Umum (Spek 2018)

Agregat halus berfungsi untuk menambah stabilitas dari campuran dengan memperkuat sifat saling mengunci (*interlocking*) dari agregat kasar. Selain itu agregat halus juga berfungsi untuk mengurangi rongga udara dalam campuran dan menaikkan luas permukaan dari agregat

sehingga akan menaikkan kadar aspal. Kadar aspal yang cukup tinggi akan membuat campuran menjadi lebih awet (*durable*).

2.4. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butiran agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi dinyatakan dalam persentase kumulatif partikel yang lebih kecil atau lebih besar dari ukuran bukaan saringan tertentu.

Fraksi agregat kasar untuk rencana campuran beraspal adalah yang tertahan ayakan no.8 (2.36 mm)

Dalam perkerasan, gradasi agregat merupakan salah satu faktor penentu kinerja perkerasan tersebut. Setiap jenis perkerasan jalan memiliki gradasi agregat tertentu sesuai dengan spesifikasi material perkerasan jalan atau yang ditetapkan oleh badan yang berwenang. Gradasi agregat yang digunakan adalah Laston dengan jenis campuran lapis aus (AC-WC) yang berpedoman kepada Spesifikasi Baru Campuran Aspal Panas Kementerian Pekerjaan Umum 2018

Tabel 3. Amplop Gradasi Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber :Kementerian Pekerjaan Umum (2018)

Pada campuran asphalt concrete yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat.

2.5. Ukuran Maksimum Agregat

Semua lapisan perkerasan lentur membutuhkan agregat yang terdistribusi dari besar sampai kecil. Semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang digunakan maka semakin banyak variasi ukuran agregat dari besar sampai kecil yang diperlukan. Batasan ukuran maksimum yang digunakan dibatasi oleh tebal lapisan yang diharapkan. Ukuran maksimum butir agregat dinyatakan dengan:

- a. Ukuran maksimum agregat, yaitu menunjukkan ukuran saringan terkecil dimana agregat yang lolos saringan sebanyak 100%.
- b. Ukuran nominal maksimum agregat, menunjukkan ukuran saringan terbesar dimana agregat yang tertahan saringan tersebut sebanyak tidak lebih dari 10%.

2.6. Ketahanan Agregat

Pada campuran perkerasan, agregat akan mengalami proses tambahan seperti pemecahan, pelapukan akibat cuaca, baik ketika campuran sedang dibuat, saat pemadatan maupun saat telah menerima beban lalu lintas. Agregat harus mempunyai daya tahan yang cukup terhadap pemecahan (*crushing*), penurunan mutu (*degradation*) dan penguraian (*disintegration*). Kekerasan agregat dinilai dengan menggunakan pengujian abrasi Los Angeles. Secara garis besar pengujian ini

dilakukan dengan mencari prosentase keausan akibat pengaruh gesekan relatif antara agregat dengan bola- bola baja selama pengujian berlangsung. Keausan agregat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut: (SNI 2417:2008)

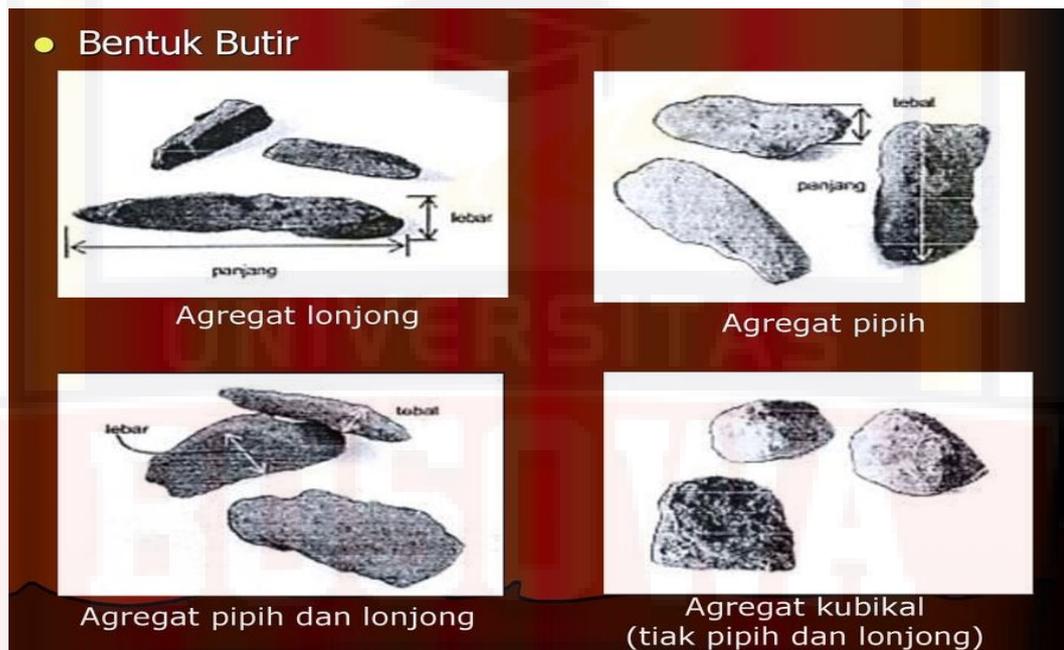
$$Keausan = \frac{Ala - la}{Ala} \times 100 \%$$

dengan: Ala = berat benda uji semula, dinyatakan dalam gram

la = berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70mm), dinyatakan dalam gram

2.7. Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk dan tekstur agregat sangat mempengaruhi stabilitas perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Bentuk- bentuk partikel agregat antara lain sebagai berikut :



Gambar 6. Contoh Batu Pipih, Lonjong dan Kubikal

a. Bulat (*rounded*)

Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya penguncian (*interlocking*) yang lebih kecil dan mudah tergelincir.

b. Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai- sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya $>1,8$ kali diameter rata- rata. Indeks kelonjongan (*elongated index*) adalah perbandingan dalam persen dari berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat *interlocking* hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

c. Cubical

Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas karena berbentuk bidang rata sehingga memberi daya *interlock* yang lebih besar. Agregat berbentuk kubus ini paling baik untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan.

d. Pipih (*flaky*)

Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari batuan yang bersangkutan yang apabila dipecah cenderung berbentuk pipih. Agregat dikatakan pipih jika lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata- rata. Agregat yang berbentuk pipih mudah pecah pada saat pencampuran, pemadatan ataupun akibat beban lalu lintas. Oleh karena itu banyaknya agregat pipih ini dibatasi. Indeks kepipihan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut: (RSNI T-01-2005)

$$\text{Flakiness Index} = \frac{f_i}{f_i - Bf_i} \times 100 \%$$

dengan: Afi = material lolos

Bfi = material tertahan

e. Tak beraturan (*Irregular*)

Partikel agregat yang tidak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan di atas.

2.8. Berat jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dengan berat volume air. Berat jenis agregat (*specific gravity*) terdiri dari:

a. Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*)

Berat jenis *bulk* adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat. Perhitungan berat jenis dan penyerapan air adalah sebagai berikut: (SNI 1969:2008)

$$\text{Berat jenis } \textit{bulk} = \frac{A_b}{B_b - C_b}$$

dengan: A_b = berat benda uji kering oven (gram),

B_b = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram),

C_b = berat benda uji di air (gram).

b. Berat jenis kering permukaan (*surface saturated dry*)

Berat jenis kering permukaan adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan.

Dengan kata lain merupakan berat kering agregat ditambah berat air yang meresap ke dalam pori agregat dan seluruh volume agregat.

Perhitungan berat jenis kering permukaan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut: (SNI 1969:2008)

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{Bb}{Bb - Cb}$$

dengan: Bb = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram),

Cb = berat benda uji di air (gram).

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

Berat jenis semu adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang tidak diresapi oleh air. Perhitungan berat jenis semu dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut: (SNI 1969:2008)

$$\text{Berat jenis apparent} = \frac{Ab}{Ab - Cb}$$

dengan: Ab = berat benda uji kering oven (gram),,

Cb = berat benda uji di air (gram).

2.9. Aspal

Aspal adalah suatu material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat sementasi, aspal terbuat dari suatu rantai hydrocarbon dan turunannya, umumnya merupakan residu dari hasil penyulingan minyak mentah pada keadaan hampa udara yang pada temperatur normal bersifat padat sampai ke semi padat, mempunyai sifat tidak mudah menguap dan secara berangsur – angsur melunak bila dipanaskan.

Fungsi aspal dalam perkerasan beraspal adalah sebagai bahan pengikat agar agregat tidak lepas dan tidak mudah terabrasi akibat lalu lintas. Selain itu aspal juga berfungsi sebagai lapis kedap yang melindungi agregat dan material lain di bawahnya dari pengaruh air. Agar aspal dapat berfungsi seperti yang diharapkan maka secara umum aspal pada perkerasan jalan diantaranya harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Aspal homogen atau tidak terlalu bervariasi.
- b. Aspal tidak peka terhadap perubahan suhu di lapangan.
- c. Aspal harus memberikan lapisan yang elastis atau tidak getas sehingga perkerasan tidak mudah retak.
- d. Aspal aman saat pengerjaan terutama dari bahaya kebakaran.
- e. Aspal tidak cepat rapuh atau lapuk akibat penuaan.
- f. Aspal mempunyai adhesi yang baik terhadap agregat yang dilapisi.
- g. Aspal mudah dikerjakan
- h. Aspal sesuai dengan kondisi daerah yang bersangkutan
- i. Aspal harus dapat melapisi agregat dan mengisi rongga antar agregat sehingga perkerasan cukup kedap terhadap air.
- j. Aspal memberikan kinerja yang baik terhadap campuran beraspal.

2.10. Tes Standar Bahan Aspal

Tes standar bahan aspal adalah tes baku untuk menggolongkan aspal pada jenis atau kelas (*grade*) tertentu untuk memudahkan mengenal sifat-sifat dasarnya dan menetapkan cara kerja atau jenis konstruksi yang paling sesuai dalam rangka mengurangi resiko

kegagalan.

2.10.1. Penetrasi

Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu. Pengujian penetrasi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal.

Berdasarkan nilai penetrasinya, semen aspal dibagi menjadi lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300.

2.10.2. Titik Lembek

Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu/angka titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C dengan cara ring dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu.

2.10.3. Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Tujuan dari pengujian titik nyala aspal adalah untuk menentukan batas temperatur tertinggi di mana aspal mulai menyala sehingga menjaga keselamatan agar pada waktu pemanasan aspal tidak mudah terjadi kebakaran.

2.10.4. Daktilitas

Daktilitas aspal adalah nilai keelastisitasan aspal, yang diukur dari jarak terpanjang, apabila diantara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25°C dan dengan kecepatan 50 mm/menit (SNI 06-2432-1991). Jarak minimal benang aspal hasil tarikan adalah minimal 100 cm.

Maksud pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada temperatur dan kecepatan tarik tertentu. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui bahan aspal mengandung bahan lain yang tidak menyatu dengan aspal, karena bila ada bahan asing yang lain maka benang aspal hasil tarikan mesin tidak akan mencapai panjang 100 cm.

2.11. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25°C atau 15,6°C. Pengujian ini ditujukan untuk memperoleh nilai berat jenis aspal keras dengan menggunakan rumus berat jenis hasil pengujian. Batasan minimal yang dicantumkan dalam spesifikasi ini mensyaratkan berat jenis diatas 1,0 gram/cc kalau terlalu ringan berarti bahan aspal tersebut kekurangan *asphaltene*.

2.12. Kehilangan Berat

Kehilangan berat adalah selisih sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Maksud dari pemeriksaan ini untuk

mencegah pasokan bahan aspal yang terlalu banyak mengandung minyak-minyak ringan yang kalau dipanaskan lama (pada tes ini sampel dipanaskan 163°C selama 5 jam sebagai simulasi) terlalu banyak yang menguap sehingga aspal akan kering dan sulit dikerjakan (kental dan getas).

2.13. Pengujian Viskositas Aspal

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai viskositas aspal untuk menentukan suhu pencampuran dan pemadatan campuran beraspal panas. Pengujian viskositas sering kali didasarkan pada laju aliran dapat dengan mudah dilakukan pada suhu yang tinggi seperti temperature 60⁰C (140⁰F). Koefisien viskositas adalah perbandingan antara tegangan geser yang diberikan dengan laju geser. Nilai koefisien ini adalah suatu ukuran ketahanan terhadap pengaliran cairan. Satuan viskositas dalam standar internasional (SI) adalah pascal sekon (Pa.s). satuan viskositas dalam sistem centimeter gram sekon (cgs) adalah poise (dyreis/cm²) dan nilai setara dengan 0,1 pascal sekon (Pa.s). biasanya satuan viskositas dinyatakan dalam centipoise (cP), dimana 1 cP sama dengan 1 milipascal sekon (mPa.s).

2.14. Jenis Semen Aspal

Agregat halus juga harus memenuhi persyaratan-persyaratan semen aspal dapat dibedakan berdasarkan nilai penetrasi atau viskositasnya. Berdasarkan nilai penetrasinya, AASHTO membagi semen aspal kedalam 5 kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70,

aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Spesifikasi dari masing-masing kelompok aspal tersebut seperti pada Tabel 4

Tabel 4 Spesifikasi AASHTO untuk Berbagai Nilai Penetrasi Aspal, AASHTO 20-70 (1990)

Jenis aspal (sesuai penetrasi)	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Penetrasi (25°C, 100 _{gr} , 5 det)	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Titik nyala, cleaveland °C	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 220	≥ 180
Daktalitas (25°C, 5cm/men, cm)	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100
Solubilitas dlm CC14, %	≥ 99	≥ 99	≥ 99	≥ 99	≥ 99
TFOT, 3.2mm, 5jam, 163°C					
Kehilangan berat, %	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1	≤ 1,3	≤ 1,5
Penetrasi setelah kehilangan berat	≥ 58	≥ 54	≥ 50	≥ 46	≥ 40
Daktalitas setelah kehilangan berat, (25°C, 5 cm/men, cm)		≥ 50	≥ 75	≥ 100	≥ 100

Sumber : Beton Aspal Campuran Panas, Sukirman, 2003: 45

Di Indonesia, aspal yang umum digunakan untuk perkerasan jalan adalah aspal pen 60/70 dan aspal pen 85/100. Persyaratan kualitas aspal yang umum digunakan di Indonesia seperti pada Tabel 2.5

Tabel 5 Klasifikasi Bina Marga untuk Berbagai Nilai Penetrasi Aspal

Jenis Pengujian	Jenis Aspal sesuai penetrasi	
	60	80
Penetrasi (25°C, 100 gr, 5 detik)	60 – 79	80 – 99
Daktalitas (25°C, 5 cm/men, cm)	≥ 100	≥ 100
Titik nyala, cleaveland	≥ 200	≥ 225
Solubilitas dalam CCl ₄ , %	≥ 99	≥ 99
TFOT, 3,2 mm, 5 jam, 163°C	-	-
Kehilangan berat %	≤ 0,4	≤ 0,6
Penetrasi setelah kehilangan berat, % semula	≥ 75	≥ 75
Berat jenis (25°C)	≥ 1	≥ 1

Sumber : Beton Aspal Campuran Panas, Sukirman, 2003: 4

Karakteristik aspal yang diinginkan tersebut melatar belakangi adanya spesifikasi dan jenis pengujian aspal yang diperlukan. Misalnya, agar diketahui ke homogenan aspal maka harus dilakukan pengambilan contoh aspal dalam kemasan drum, atau zak. Untuk menjamin agar aspal tidak peka terhadap perubahan suhu di lapangan maka perlu dilakukan pengujian penetrasi dan titik lembek. Agar aspal dapat memberikan lapisan yang elastis dan tidak getas sehingga perkerasan tidak mudah retak, maka perlu dilakukan pengujian daktilitas. Pengujian titik nyala diperlukan untuk menjamin aspal cukup aman dari bahaya kebakaran saat pengerjaan.

Dalam penelitian ini kami menggunakan aspal pen 60/70 karena jenis aspal ini yang sering dipakai dalam campuran beraspal dan data uji propertis aspal yang penulis dapatkan dari laboratorium BBPJK XIII MAKASSAR, dengan kata lain penulis tidak perlu lagi melakukan pengujian aspal untuk mencari data propertis karena sudah ada data valid dari laboratorium tempat penulis meneliti.

Jadi dengan demikian maka untuk menjamin agar aspal yang digunakan memiliki karakteristik yang sesuai dengan yang diinginkan maka sebelum digunakan, aspal tersebut terlebih dahulu harus diuji dengan tata cara yang sesuai standard dan hasil pengujian sifat – sifat aspal harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Untuk persyaratan aspal keras pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 6.

No.	Jenis Pengujian	Metode	Syarat
1.	Penetrasi, 25°C; 100 gr; 5 dtk; 0,1 mm	SNI-06-2456-1991	60 - 79
2.	Titik Lembek, °C	SNI-06-2434-1991	48 - 58
3.	Titik Nyala, °C	SNI-06-2433-1991	Min.200
4.	Daktilitas 25°C,5 cm per menit	SNI-06-2432-1991	Min. 100
5.	Berat Jenis	SNI-06-2441-1991	Min. 1.0
6.	Kelarutan Dalam Trichloroethele, %	RSNI M-04-2004	Min. 99
7.	Kehilangan Berat , %	SNI-06-2440-1991	Max. 0.8
8.	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	SNI-06-2456-1991	Min. 54
9.	Daktilitas Setelah Kehilangan Berat	SNI-06-2432-1991	Min. 50

Sumber : Pengantar Rekayasa jalan Sub Jurusan Rekayasa TransportasiJurusanTeknik Sipil Institut Teknologi Bandung.

2.15.Jenis Beton Aspal

Jenis beton aspal yang ada di Indonesia saat ini adalah :

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 aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:
 - a. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.

- b. Laston sebagai lapis pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Tebal nominal minimum AC-BC adalah 5 cm.
 - c. Laston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*). Tebal minimum AC-Base adalah 6 cm.
2. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:
- a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
 - b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.
3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir biasa juga disebut SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*). Sesuai gradasi agregatnya, campuran latasir dapat dibedakan atas:

- a. Latasir kelas A, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 1,5 cm
 - b. Latasir kelas B, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 2 cm. Gradasi agregat HRSS-B lebih kasar.
4. Lapis perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap campuran beton aspal tersebut ditambahkan huruf L. Jadi ada jenis campuran AC-WC (L), AC-BC(L), AC-Base (L).
5. SMA (*Split Mastic Asphalt*), adalah beton aspal bergradasi terbuka dengan selimut aspal yang tebal. Bahan ini mempergunakan bahan tambahan berupa fiber selulosa yang berfungsi untuk menstabilisasikan kadar aspal yang tinggi. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Ada 3 jenis SMA, yaitu:
- a. SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3 cm
 - b. SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2 – 4 cm
 - c. SMA 0/11 dengan tebal perkerasan 3 – 5 cm
6. HSMA (*High Stiffnes Modulus Asphalt*), adalah beton aspal yang mempergunakan aspal berpenetrasi rendah yaitu 30/40. Lapis terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas berat.

2.16. Rancangan Campuran Beton Aspal

Campuran beton aspal adalah campuran antara agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Agregat terutama diperoleh dari tempat terdekat dari lokasi yang akan menggunakannya.

Saat ini metode rancangan campuran yang paling baik digunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan mempergunakan alat marshall. Metode rancangan berdasarkan pengujian empiris terdiri dari 4 tahap yaitu:

1. Menguji sifat agregat dan aspal yang akan dipergunakan sebagai bahan dasar campuran.
2. Rancangan campuran di laboratorium yang menghasilkan rumus campuran rancangan. Rumus campuran rancangan ini dikenal dengan nama DMF (*Design Mix Formula*). DMF ini harus disetujui oleh direksi pekerjaan sebelum dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.
3. Kalibrasi hasil rancangan campuran ke instalasi pencampuran yang akan digunakan.
4. Berdasarkan hasil kedua tahap di atas, dilakukan percobaan produksi di instalasi pencampuran, dilanjutkan dengan penghamparan dan pemadatan dari hasil campuran percobaan. Percobaan produksi paling sedikit dilakukan sebanyak 50 ton campuran. Seluruh pekerjaan menggunakan seluruh peralatan yang akan digunakan dalam prosedur pemadatan yang direncanakan. Kendali mutu dengan melakukan kontrol kualitas untuk setiap tahap produksi. DMF dapat disetujui

menjadi rumus perbandingan campuran (JMF = Job Mix Formula) jika percobaan pencampuran di instalasi pencampuran dan penghamparan memenuhi semua persyaratan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 7 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽¹⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 ⁽¹⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 ⁽¹⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽³⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membatal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2		

Sumber : Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Tahun 2010 (Revisi 3 Divisi 6 hal. 43-44)

2.17. Pengujian *Marshall*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di dalam kriteria perencanaan.

Marshall Test, adalah tes wajib untuk beton aspal, untuk mengetahui dan memenuhi sifat beton aspal sesuai dengan yang kita harapkan. Dari tes Marshall akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi batuan yang telah direncanakan,

yang akan menghasilkan kuat tekan optimum (disebut sebagai stabilitas Marshall, atau disebut juga sebagai *Static Stability test*, dinyatakan dalam (kg) dari selinder beton aspal (benda uji), yang telah direndam satu jam pada suhu 60°C.



Gambar 7. Alat Uji Marshall

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm).

Agregat yang digunakan untuk membuat benda uji Marshall tidak boleh melebihi 25 mm (=1 inci), jika digunakan agregat lebih besar dari 25 mm sampai dengan 38 mm (=1,5 inci), maka haruslah dilakukan modifikasi.

2.18. Karakteristik *Marshall*

2.18.1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa

mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan. Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami alur, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

2.18.2. Kelelehan (*Flow*)

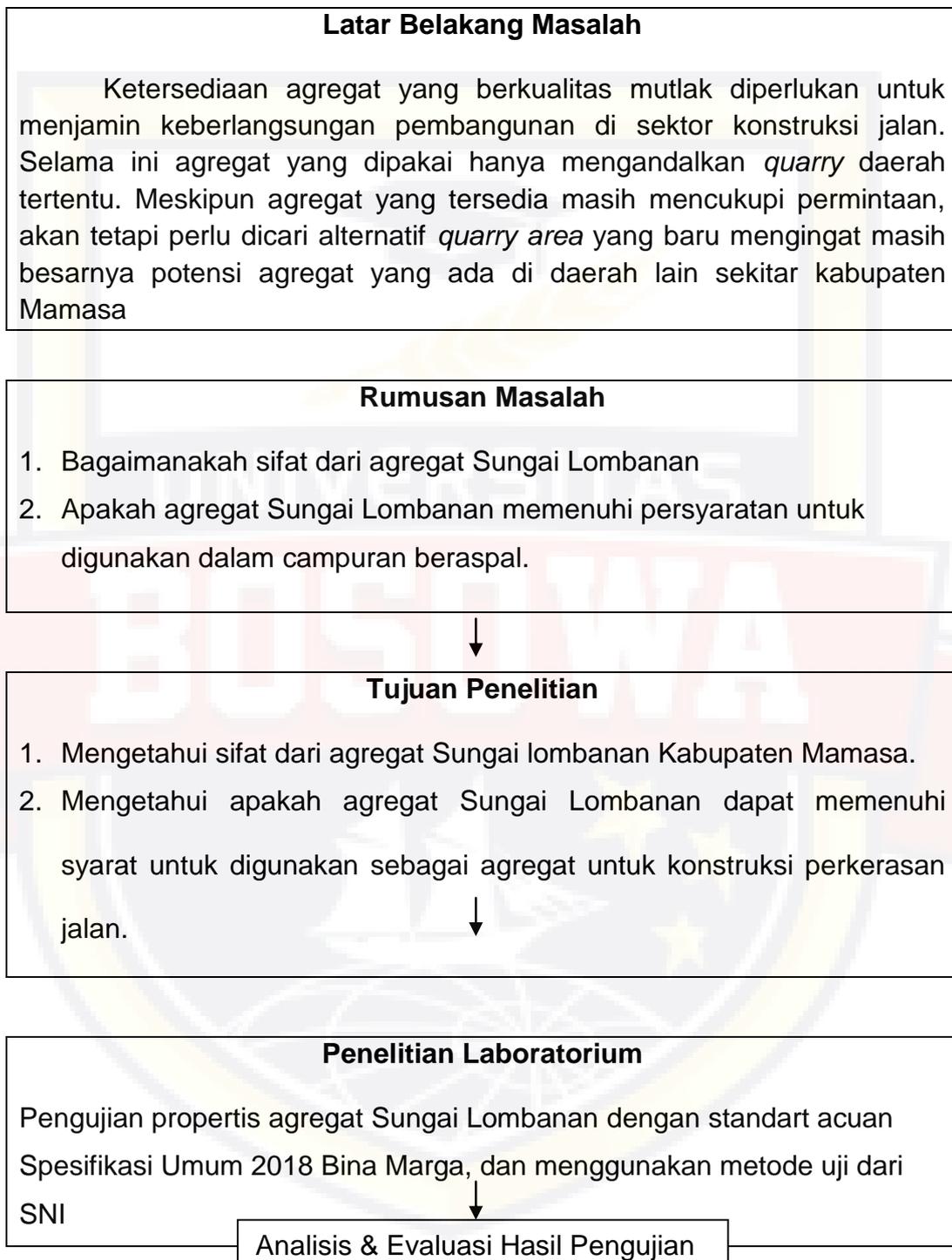
Kelelehan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, *VIM* dan *VFA*. Nilai *VIM* yang besar menyebabkan berkurangnya penguncian antar agregat campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai *VFA*

yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur.

2.19. MQ (Marshall Quotient)

Marshall quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas (kekuatan campuran menahan deformasi atau perubahan bentuk) dengan *flow* (kelelahan atau besarnya deformasi yang terjadi pada campuran).

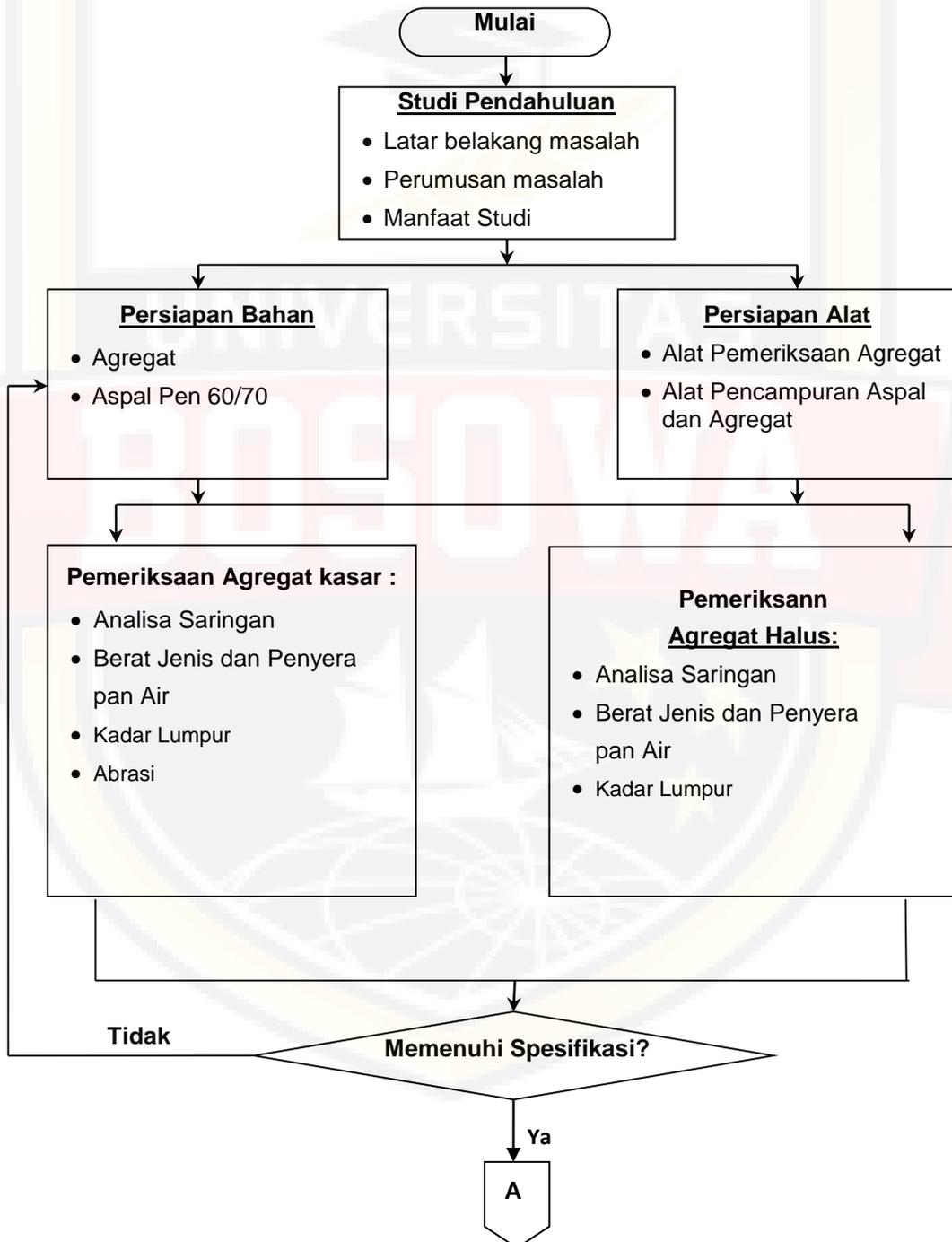
2.20. Kerangka Pikir



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alur Penelitian





Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

3.2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Persyaratan dan prosedur yang dipakai mengacu kepada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Bina Marga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat – sifat agregat yang berasal dari Sungai Lombanan , Desa Lombanan, Kab.Mamasa dan juga untuk mengetahui nilai Stabilitas,Kelelahan, dan Marshall Quentien menggunakan jenis campuran beraspal Laston (AC-WC) dengan 5 variasi kadar aspal yaitu 5,5.5 %, 6.0 %, 6.5 %.7%

3.3. Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian yang merupakan pengujian agregat dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional XIII Makassar.

3.4. Sumber Material

a. Agregat

Agregat yang digunakan berasal dari Sungai Lombanan yang pecah secara manual menjadi batu split 1-2, 0,5-1, dan abu batu untuk kemudian diteliti dan digunakan dalam campuran beraspal Laston lapis Aus AC-WC.

b. Aspal

Aspal yang digunakan sebagai bahan perekat yaitu aspal pen 60/70. Dimana kita ketahui jenis aspal ini yang umum digunakan dalam campuran beraspal di Indonesia. Namun penulis tidak meneliti propertis aspal, sehingga bahan dan data hasil uji propertis aspal penulis ambil dari Laboratorium tempat penulis meneliti yang kemudian digunakan dalam penelitian ini.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Sumber data diperoleh dari hasil penelitian sebagai data primer dan data sekunder diperoleh dari sumber-sumber lain yang merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Data-data tersebut antara lain:

3.5.1. Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada.

Data-data yang termasuk sebagai data primer adalah :

1. Pemeriksaan Analisis Saringan
2. Pemeriksaan berat jenis agregat
3. Pemeriksaan daya penyerapan air agregat
4. Pemeriksaan abrasi Los Angeles
5. Pemeriksaan Angularitas Kasar dan Halus

6. Pemeriksaan kepipihan agregat

3.5.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah penggunaan data dari sumber-sumber lain, dimana data tersebut tidak dikumpulkan langsung oleh penulis. Dalam banyak hal peneliti menggunakan data sekunder apa adanya. Data sekunder didapat dari Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional XIII Makassar.

3.6. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat diambil dari *quarry* Sungai Lombanan , Desa Lombanan, Kab.Mamasa
2. Alat pembagi contoh agregat (Spliter)
3. Satu set saringan (sieve) standar ASTM dan mesin getarnya
4. Alat untuk menguji berat jenis semu dan berat jenis bulk
5. Alat pemeriksaan keausan dengan mesin abrasi
6. Alat pengujian setara pasir
7. Alat pemeriksaan gumpalan lempung / butiran mudah pecah
8. Alat pengujian angularitas halus dan kasar
9. Alat pemeriksaan kepipihan dan kelonjongan agregat
10. Oven
11. Alat penunjang seperti sendok, sarung tangan dan kain lap



Gambar 3.2 Mesin Los Angeles

3.7. Prosedur Pelaksanaan

Dalam melakukan penelitian ini kita akan melewati tahap – tahap pelaksanaan pengujian untuk mendapatkan hasil pengujian atau data yang presisi, sehingga kita dapat mengetahui apakah agregat tersebut memenuhi syarat keberterimaannya.

3.8. Pengujian Persyaratan Agregat

Pengujian terhadap agregat meliputi :

3.8.1. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tahap pengujiannya sebagai berikut :

1. Mengambil kerikil sebanyak ± 3000 gram kemudian mencucinya dengan air.
2. Mengeringkan kerikil dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
3. Mendinginkan hingga mencapai suhu kamar.
4. Memasukkan kerikil ke dalam *container* dan direndam dalam air selama 24 jam.
5. Menimbang *container* dan kerikil dalam keadaan terendam air.
6. Mengangkat kerikil kemudian mengelap permukaannya.
7. Menimbang kerikil dalam kondisi SSD.
8. Menimbang *container*
9. Menghitung berat agregat dalam air.

Berat jenis dihitung dengan membagi berat kering dari agregat dengan berat yang setara dengan volume air. Penyerapan air dinyatakan sebagai persentase air yang terserap ke dalam agregat yang didapat dengan mengurangi berat kering permukaan dengan berat kering kemudian membaginya dengan berat kering lalu dikalikan 100 persen.

3.8.2. Uji Keausan Agregat

Uji keausan dilakukan dengan menggunakan alat Los Angeles.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Mencuci agregat kasar sampai bersih kemudian mengeringkan dalam oven dengan suhu 110 °C selama 24 jam.
2. Mengambil kebutuhan benda uji dengan ketentuan :
 - Mengayak sampel hingga lolos ayakan 19,5 mm dan tertampung di ayakan 12,5 mm sebanyak 5000 gr.
 - Mengayak sampel hingga lolos ayakan 12,5 mm dan tertampung di ayakan 9,5 mm sebanyak 5000 gr.
3. Mengambil agregat yang lolos ayakan 19,5 mm dan 12,5 mm masing- masing 2500 gram.
4. Memasukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles bersama dengan bola baja.
5. Mengatur perputaran mesin Los Angeles sebanyak 500 kali lalu
6. menghidupkan mesin.
7. Mengeluarkan agregat dari mesin Los Angeles lalu menyaring dengan ayakan 2 mm.
8. Menimbang benda uji yang tertampung pada ayakan 2 mm. Besarnya prosentase keausan didapat dengan membandingkan antara berat agregat yang hancur melalui abrasi mesin Los Angeles dengan berat agregat mula- mula, kemudian mengalikan dengan 100 persen.

3.9. Rekapitulasi Kebutuhan Benda Uji

Dalam melaksanakan penelitian ini jumlah benda uji yang diperlukan adalah sebagai berikut :

Tabel 8.Rekapitulasi rencana jumlah kebutuhan benda uji

Kadar	Jumlah benda uji
Aspal	Metode Marshall
5.5 %	3
6.0 %	3
6.5 %	3
Jumlah Benda Uji	9

3.10. Rancangan Agregat Gabungan

Perancangan agregat gabungan adalah penentuan proporsi masing-masing gradasi agregat kemudian digabung dalam satu campuran. Merancang proporsi campuran dapat dilakukan dengan metode grafis diagonal.

Langkah-langkah perancangan proporsi campuran adalah sebagai berikut

1. Mengetahui persyaratan gradasi yang diminta.
2. Buatlah empat persegi panjang pada kertas grafik dengan ukuran 10x20 cm, atau ukuran lain dengan perbandingan 1:2
3. Sumbu vertical (Y) digunakan untuk menunjukkan persen lolos saringan.

4. Garis diagonal dari empat persegi panjang menjadi garis gradasi tengah untuk spesifikasi agregat campuran yang diinginkan.
5. Masukkan prosentase lolos saringan masing-masing material kedalam grafik tersebut
6. Untuk menentukan prosentase batu pecah 2-3, dilihat dari jarak antara grafik gradasi batu pecah 1-2 terhadap tepi atas yang mana nilainya harus sama dengan nilai batu pecah 2-3.
7. Setelah didapatkan garis yang sama maka tariklah garis bantu vertical sampai memotong diagonal yang kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal kekanan yang menunjukkan batas besarnya nilai persentase komposisi campuran batu pecah 2-3.
8. Dengan cara yang sama pada No.6 dan No.7 didapat nilai prosentase komposisi campuran untuk spilt 1-2, batu pecah 0,5-1 dan abu batu. Setelah diperoleh proporsi dari setiap jenis gradasi agregat dibuat suatu table hasil analisa gabungan agregat, dimana prosentase masing-masing gradasi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan prosentase lolos untuk masing-masing nomor saringan lalu dikontrol apakah gradasi hasil gabungan tersebut memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

3.11. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

- a. Peralatan :
 1. Timbangan
 2. Panci

3. Cetakan benda uji yang diameter 10 cm (4") dan tinggi 7.5 cm (3") lengkap dengan plat alas dan leher sambung

4. Alat penumbuk lengkap dengan pedestal yang mempunyai permukaan tumbuk rata terbentuk selinder dengan berat 4.536 kg, dan tinggi jatuh bebas 45.7 cm (18")

5. Spatula

6. Termometer

b. Prosedur kerja :

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan prosentase agregat yang didapat.

2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb)

Rumus umum untuk menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) pada campuran adalah :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%F) + \text{Konstanta.}$$

Dimana :

Pb = Perkiraan *bitument* (kadar aspal)

CA = Gradasi penggabungan saringan no 1 dikurang saringan no 8

FA = Gradasi penggabungan saringan no 8 dikurang saringan no 200

F = Agregat halus yang lolos saringan No. 200

K = Nilai konstanta 0,5 - 1,0

3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan prosentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan panis sampai suhu 165°C
5. Angkat, aspal minyak sesuai persentase gabungan aduk sampai rata lalu timbang.
6. Tuangkan aspal minyak penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam panis dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 131°C (sesuai hasil viskositas) lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

3.12. Pengujian Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

a. Tujuan:

Untuk menentukan Stabilitas, kelehan (flow), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB) dan *marshall quotient* campuran aspal beton.

b. Prosedur kerja :

1. Simpan benda uji dalam bak perendam selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendam

sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

3. Pasang segmen diatas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
4. Pasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukan diatas salah satu barang penuntun dan diatur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
5. Kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji sebelum pembebanan diberikan.
6. Atur jam arloji tekan pada kedudukan angka nol.
7. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji, tekan dan catat pembebanan maksimum atau stabilitas yang dicapai.
8. Catat nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.
9. Ulangi percobaan diatas dengan tumbukan yaitu : 2x75.

Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter *marshall*, Secara garis besar kadar aspal optimum biasanya memenuhi criteria :

- a. Kadar aspal yang memberikan stabilitas maksimal.

- b. Kadar aspal yang memberikan berat isi maksimal.
- c. Kadar aspal yang memberikan kadar rongga udara Minimum.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus dari Sungai Lombanan Desa Lombanan Kab. Mamasa, dengan bahan pengikat aspal minyak pen 60/70. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan persyaratan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2018

Berikut hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam table 4.1., 4.2., 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran Butiran 1 – 2 cm (SNI ASTM C 136 : 2012)

ANALISA SARINGAN									
MATERIAL	: 1 -2 (Lombanan)								
NO	CONTOH I = 4951.9 Gram				RATA-RATA	CONTOH II = 4951.9 Gram			
	BERAT	KUMILATIF				BERAT	KUMILATIF		
SARINGAN	TERTAHAN	BERAT	%	%	% LEWAT	TERTAHAN	BERAT	%	%
	MASING2	TERTAHAN	TERTAHAN	LEWAT		MASING2	TERTAHAN	TERTAHAN	LEWAT
2"	0	0	0	100	100	0	0	0	100
1 1/2"	0	0	0	100	100	0	0	0	100
1"	0	0	0	100	100	0	0	0	100
3/4"	37.4	37.4	0.8	99.2	99	37.4	37.4	0.8	99.2
1/2"	1781.6	1819.0	36.73	63.27	63.27	1781.6	1819.0	36.73	63.27
3/8"	1598.5	3417.5	69.01	30.99	30.99	1598.5	3417.5	69.01	30.99
No. 4	1491.7	4909.2	99.14	0.86	0.86	1491.7	4909.2	99.14	0.86
No. 8	42.7	4951.9	100	0	0	42.7	4951.9	100	0
No.10									
No. 16									
No. 30									
No. 40									
No. 50									
No. 100									
No. 200									
Pan									

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran Butiran 0,5 – 1 cm (SNI ASTM C 136 : 2012)

ANALISA SARINGAN											
MATERIAL	: 0,5-1 (Lombanan)										
NO	CONTOH I =		2007.1		Gram	RATA-RATA	CONTOH II =		2007.1		Gram
	BERAT	KUMILATIF					BERAT	KUMILATIF			
SARINGAN	TERTAHAN	BERAT	%	%	% LEWAT	TERTAHAN	BERAT	%	%		
	MASING2	TERTAHAN	TERTAHAN	LEWAT		MASING2	TERTAHAN	TERTAHAN	LEWAT		
2"	0	0	0	100	100	0	0	0	100		
1 1/2"	0	0	0	100	100	0	0	0	100		
1"	0	0	0	100	100	0	0	0	100		
3/4"	0	0	0	100	100	0	0	0	100		
1/2"	0	0	0	100	100	0	0	0	100		
3/8"	120.4	120.4	6.00	94.00	94.00	120.4	120.4	6.00	94.00		
No. 4	1202.6	1323	65.92	34.08	34.08	1202.6	1323	65.92	34.08		
No. 8	550.6	1873.6	93.35	6.65	6.65	550.6	1873.6	93.35	6.65		
No.10	86.2	1959.8	97.64	2.36	2.36	86.2	1959.8	97.64	2.36		
No. 16	47.3	2007.1	100	0	0.00	47.3	2007.1	100	0		
No. 30											
No. 40											
No. 50											
No. 100											
No. 200											
Pan											

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Ukuran Butiran 0 – 0,5 cm (SNI ASTM C 136 : 2012)

ANALISA SARINGAN											
MATERIAL	: ABU BATU (Lombanan)										
NO	CONTOH I =		1041.5		Gram	RATA-RATA	CONTOH II =		1041.5		Gram
	BERAT	KUMILATIF					BERAT	KUMILATIF			
SARINGAN	TERTAHAN	BERAT	%	%	% LEWAT	TERTAHAN	BERAT	%	%		
	MASING2	TERTAHAN	TERTAHAN	LEWAT		MASING2	TERTAHAN	TERTAHAN	LEWAT		
2"	0	0	0	100	100	0	0.0	0.00	100.00		
1 1/2"	0	0	0	100	100	0	0.0	0.00	100.00		
1"	0	0	0	100	100	0	0.0	0.00	100.00		
3/4"	0	0	0	100	100	0	0.0	0.00	100.00		
1/2"	0	0	0.00	100.00	100	0	0.0	0.00	100.00		
3/8"	0	0.0	0.00	100.00	100.0	0.0	0.0	0.00	100.00		
No. 4	34.5	34.5	3.31	96.69	96.65	35.2	35.2	3.38	96.62		
No. 8	312.2	346.7	33.29	66.71	66.30	320.0	355.2	34.10	65.90		
No.10	51.3	398	38.21	61.79	61.49	48.9	404.1	38.80	61.20		
No. 16	144.6	542.6	52.10	47.90	47.77	141.3	545.4	52.37	47.63		
No. 30	136.4	679	65.19	34.81	34.50	140.0	685.4	65.81	34.19		
No.40	57.5	736.5	70.72	29.28	28.95	58.0	743.4	71.38	28.62		
No. 50	53.8	790.3	75.88	24.12	23.98	49.9	793.3	76.17	23.83		
No. 100	90.1	880.4	84.53	15.47	15.20	92.6	885.9	85.06	14.94		
No. 200	84.3	964.7	92.63	7.37	7.11	84.3	970.2	93.15	6.85		
Pan	76.8	1041.5	100	0	0	71.3	1041.5	100	0		

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

4.1.2. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, 0,5-1 dan Abu Batu)

Metode Pengujian : SNI 1969-2008

Rumus:

- Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*) $= \frac{B_k}{B_j - B_a}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) $= \frac{B_j}{B_k - B_a}$
- Berat jenis semu (*Appernt Specific Gravity*) $= \frac{B_k}{B_k - B_a}$
- Penyerapan (*Absorption*) $= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (*SSD*)

B_a = Berat benda uji di dalam air

Pengujian agregat dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat fisik atau karakteristik agregat kasar dan agregat halus, dapat dilihat pada Tabel 4.4, dimana agregat yang digunakan memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam spesifikasi.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah 1- 2 , 0,5-1 dan Agregat Halus(Abu Batu)

No.	Pengujian	Persyaratan Spesifikasi		Hasil Pengujian Agregat
		Min.	Maks.	
Agregat Kasar (1-2)				
1.	Penyerapan (%)	-	3,0	1,807
2.	a. Berat jenis bulk	2,5	-	2,555
	b. Berat jenis SSD	2,5	-	2,601
	c. Berat jenis semu	2,5	-	2,679
3.	Abrasi (%)	-	40	33,745
4.	Partikel pipih dan Lonjong (%)		10	1,74%

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

No.	Pengujian	Persyaratan Spesifikasi		Hasil Pengujian Agregat
		Min.	Maks.	
Agregat Kasar (0,5-1)				
1.	Penyerapan (%)	-	3,0	1.917
2.	a. Berat jenis bulk	2,5	-	2.525
	b. Berat jenis SSD	2,5	-	2.573
	c. Berat jenis semu	2,5	-	2.653
Agregat Halus (Abu Batu)				
1.	Penyerapan (%)	-	3,0	2,456
2.	a. Berat jenis bulk	2,5	-	2,504
	b. Berat jenis SSD	2,5	-	2,565
	c. Berat jenis semu	2,5	-	2,668

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Dari hasil pengujian sifat-sifat fisik atau karakteristik agregat kasar dan agregat halus yang di gunakan dalam campuran seperti terlihat pada tabe 4.4. menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan Kementerian Pekerjaan Umum 2018

Pengujian berat jenis agregat dilakukan pada setiap bagian agregat kasar dan agregat halus. Nilai - nilai berat jenis (*bullk*) yang di peroleh untuk agregat kasar (1-2) adalah 2,555, agregat kasar (0,5-1) adalah 2,525 dan agregat halus (abu batu) yaitu 2,504. Nilai ini memenuhi persyaratan berat jenis (*bullk specific gravity*) agregat kasar dan halus minumum 2,5 untuk uji penyerapan air nilai yang diperoleh untuk agregat kasar (1-2) adalah 1,807 %, agregat kasar (0,5-1) adalah 1,917 % dan agregat halus (abu batu) yaitu 2,456 % dapat memenuhi persyaratan spesifikasi agregat maksimum 3 %

Berat jenis yang kecil akan mempunyai volumen yang besar sehingga dengan berat yang sama akan membutuhkan aspal yang banyak. Agregat hendaknya sedikit berpori agar dapat meyelimuti agregat dengan baik dan tidak diresap kedalam pori agregat, sehingga terbentuklah ikatan mekanis antara film aspal dan butiran batu. Agregat berpori banyak akan menyerap aspal dan memerlukan waktu yang lama pengeringan yang lama serta temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan agregat yang mempunyai penyerapan yang rendah.

4.1.3. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles

Metode Pengujian : SNI 2417-2008

Material : Batu Split

Sumber : Sungai Lomaban,Desa Lomaban

Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Sampel	
Lolos	Tertahan	I	II
1 1/2"	1"	1250	1250
1"	3/4"	1250	1250
3/4"	1/2"	1250	1250
1/2"	3/8"	1250	1250

Sampel	I		II	
Berat Sebelum (w1)	5000.1	Gram	5000.1	Gram
Berat Setelah diayak No 12	3315.1	Gram	3315.1	Gram
Berat Kering Oven (w2)	1685	Gram	1685	Gram
Keausan = $(w1-w2)/w1 \times 100\%$	33.70	%	33.70	%
Total	33.745 %			

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Kekerasan dari agregat kasar diperoleh dengan pengujian abrasi diukur dengan mesin Abrasi Los Angeles lihat pada tabel 4.6. nilai yang diperoleh adalah 33.745 %. Nilai ini memenuhi spesifikasi Kementerian

Pekerjaan Umum, Maksimum 40 %. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa agregat kasar ini mempunyai keausan yang cukup kuat sehingga tidak mudah pecah selama pemadatan atau akibat pengaruh beban lalu lintas.

4.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

Aspal minyak yang digunakan adalah aspal minyak penetrasi 60/70. Untuk mengetahui karakteristik aspal yang digunakan dalam campuran beraspal dilakukan pengujian fisik pada kondisi asli dan kondisi setelah kehilangan berat akibat pemanasan. Hasil pengujian tersebut diperlihatkan pada tabel 4.7. yang menunjukkan bahwa aspal yang digunakan dalam penelitian memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

Tabel 4.6. Hasil pengujian sifat fisik aspal minyak penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1.	Penetrasi pada 25 °C; 100 gr; 5 dtk	63,2	60-70	0,1 mm
2.	Titik lembek	49,0	46-54	°C
3.	Daktilitas pada 25 °C	>148.5	Min.100	cm
4.	Berat jenis	1,031	Min.1,0	-
5.	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃	99,422	Min.99	% berat

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018

Untuk mengetahui temperatur pencampuran dan pemadatan, dilakukan pengujian viskositas terhadap aspal. Pengujian viskositas dilakukan dengan alat *Saybolt Furol* pada temperatur 100°C dan 160°C Temperatur pencampuran ditentukan pada saat aspal mempunyai nilai

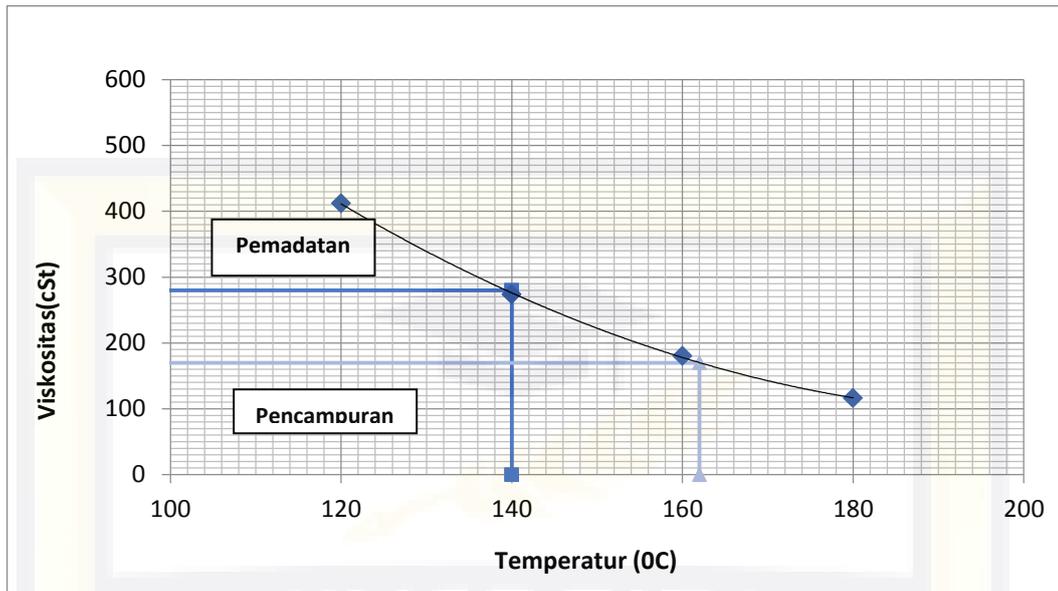
viskositas aspal sebesar 170 ± 20 cSt, sedangkan temperatur pemadatan ditentukan pada nilai viskositas aspal sebesar 280 ± 30 cSt.

Data diperoleh kemudian diplot dalam grafik semi logaritmik hubungan antara viskositas dan temperatur. Dari grafik ini kemudian ditentukan temperatur pencampuran dan pemadatan untuk kebutuhan pembuatan campuran beraspal. Temperatur pencampuran adalah temperatur pada viskositas 170 ± 20 cSt. Dari grafik tersebut hasil yang diperoleh untuk temperatur pencampuran adalah 160°C dan 140°C untuk temperatur pemadatan. Secara lengkap mengenai penentuan temperatur pemadatan dan pencampuran di lihat pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Viskositas

Temperatur $^{\circ}\text{C}$	Waktu Detik	Viskositas (cSt)
120°C	208	412
140°C	127	274
160°C	88	180
180°C	56	116

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018



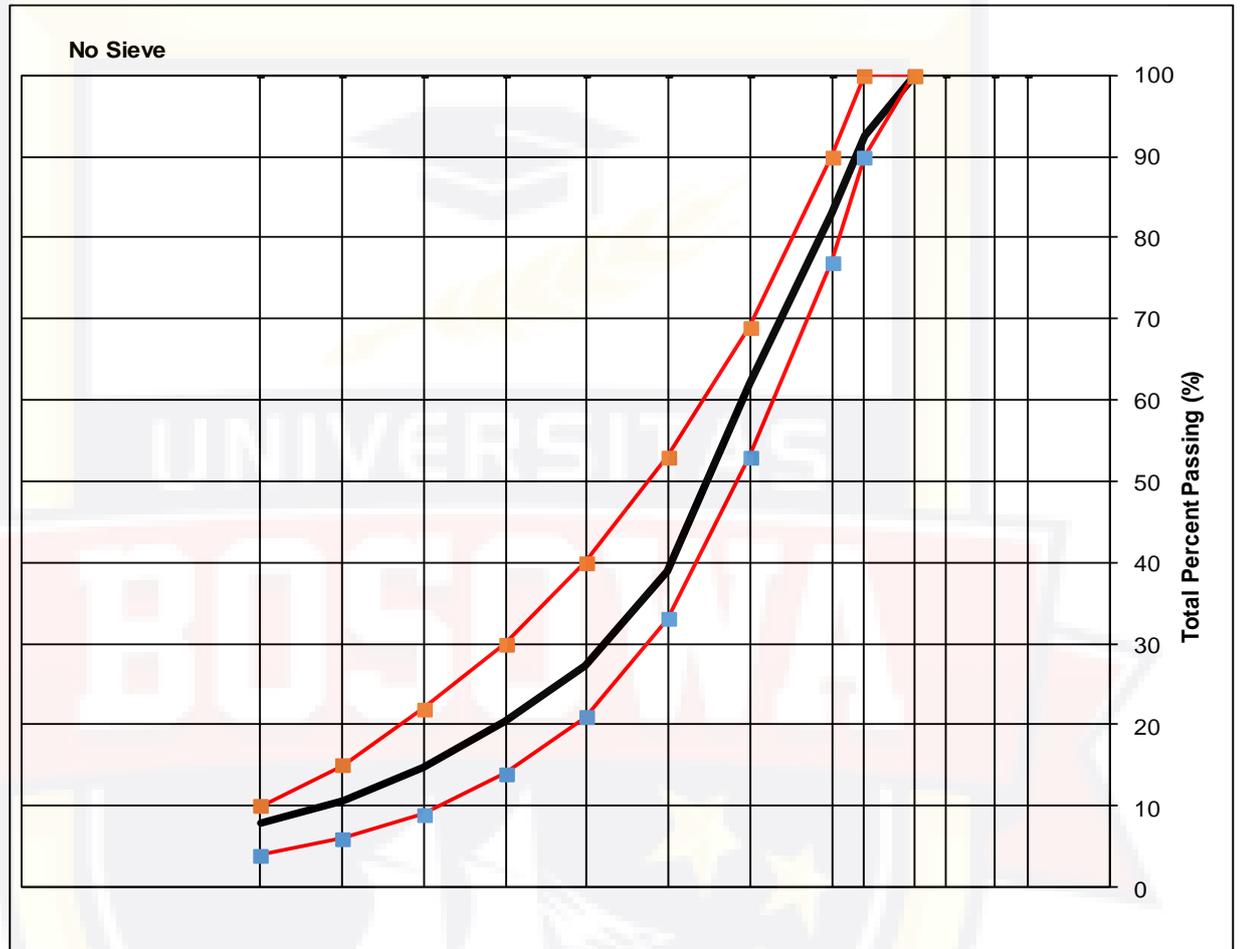
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara viskositas dan temperatur
 Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

➤ Tabel 4.8. Hasil Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

No Saringan										Total	Spesification	
		1-2	0,5-1	ABU BATU	FILLER	1-2	0,5-1	A. BATU	FILLER	Combined	Gradasi	
		C	D	E	F	20	25	53	2	Gradation	MAX	MIN
2"	50.000	100.00	100.00	100.00	100	20	25	53	2	100	-	-
1 1/2"	37.500	100.00	100.00	100.00	100	20	25	53	2	100	-	-
1"	25.000	100.00	100.00	100.00	100	20	25	53	2	100	-	-
3/4"	19.000	99.24	100.00	100.00	100	20	25	53	2	100	100	100
1/2"	12.500	63.27	100.00	100.00	100	12.65	25	53	2	92.65	100	90
3/8"	9.500	30.99	94.00	100.00	100	6.20	23.50	53.00	2	85	90	77
No. 4	4.750	0.86	34.08	96.65	100	0.17	8.52	51.23	2	62	69	53
No. 8	2.360	0.00	6.65	66.30	100	0	1.66	35.14	2	39	53	33
N6.10	2.000	0.00	2.36	61.49	100	0	0.59	32.59	2	35	-	-
No. 16	1.180	0	0.00	47.77	100	0	0	25.32	2	27	40	21
No. 30	0.600	0	0	34.50	100	0	0	18.28	2	20	30	14
No.40	0.425	0	0	28.95	100	0	0	15.35	2	17	-	-
No. 50	0.300	0	0	23.98	100	0	0	12.71	2	15	22	9
No. 100	0.150	0	0	15.20	100	0	0	8.06	2	10	15	6
No. 200	0.075	0	0	7.11	98.42	0	0	3.77	2	5.74	10	4

Sumber: Hasil Analisis Data

Gambar 4.2. Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC
 (Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2018)



Sumber: Hasil Analisis Data

4.3. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.3.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

- Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (59,71) + 0.045 (6,27) + 0.18 (6,95) + 0,75
 \end{aligned}$$

$$= 5,55\% \rightarrow 6\%$$

Keterangan :

Agregat Kasar = 1" - # No. 4	Agregat Halus = #No 4 - # No 200
= 100 - 59,71	= 59,71 - 6,27
= 40,29	= 53,42
Filler = #200	
= 6,27	

Kadar aspal yang didapatkan adalah 6%, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0.5% maka nilai tersebut adalah 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5%; 7%.

4.3.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

Setelah mendapatkan persentase masing-masing fraksi agregat dan aspal, maka ditentukan berat material untuk rancangan campuran dengan kapasitas *mold* yang ada.

Perhitungan untuk campuran aspal panas AC - WC dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada lampiran.

Selanjutnya untuk berat aspal dan berat agregat pada masing-masing kadar aspal dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.9. Hasil Berat Aspal dan Agregat Pada Campuran Aspal Panas AC-WC

kadar aspal	5	5.5	6	6.5	7
agregat	95	94.5	94	93.5	93
3/4	0	0	0	0	0
1/2	82.0	81.6	81.2	80.7	80.3
3/8	111.1	110.5	109.9	109.3	108.7
4	239.1	237.8	236.6	235.3	234.0
Lolos 4	685.0	681.4	677.8	674.2	670.6
Filler	22.8	22.7	22.6	22.4	22.3
Aspal	60.0	66.0	72.0	78.0	84.0
Total	1200	1200	1200	1200	1200

Sumber: Hasil Analisis Data

4.3.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat serta berat jenis aspal diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.10. Hasil Pemeriksaan Berat jenis Dan Penyerapan Agregat

NO	Material	Komposisi Campuran	Berat jenis bulk	Berat jenis Semu	Penyerapan	Rasio Komposisi dengan Bj bulk Agg.
		A	B	C	D	E (A/B)
1	Batu Pecah 1 - 2	20	2,555	2,617	1,807	7.827
2	Batu Pecah 0,5 - 1	25	2,525	2,589	1,917	9.902
3	Abu batu	53	2,504	2,586	2,456	21.167
4	Filler	2	3.140			0.637
5	Aspal		1,031			

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Spesifikasi 2018

- Untuk Berat Jenis Gabungan agregat :

$$Gsb = 100 / (E1 + E2 + E3 + E4)$$

$$Gsb = 100 / (7.827 + 9.902 + 21.167 + 0.637)$$

$$Gsb = 2.530$$

Tabel 4.11. Berat jenis maksimum campuran AC-WC

GMM	
MATERIAL	: Campuran Aspal Panas (AC-WC)
A	Nomor picnometer
B	Berat picnometer
C	Berat picnometer+air penuh
D	Berat picnometer+campuran
E	Berat campuran
F	Berat picnometer+campuran+air
G	Volume campuran
H	GMM

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

4.4. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) dilakukan pengujian pada campuran dengan metode Marshall yang selanjutnya akan digunakan untuk pengujian perendaman *marshall* atau IKS (Indeks Kekuatan Sisa).

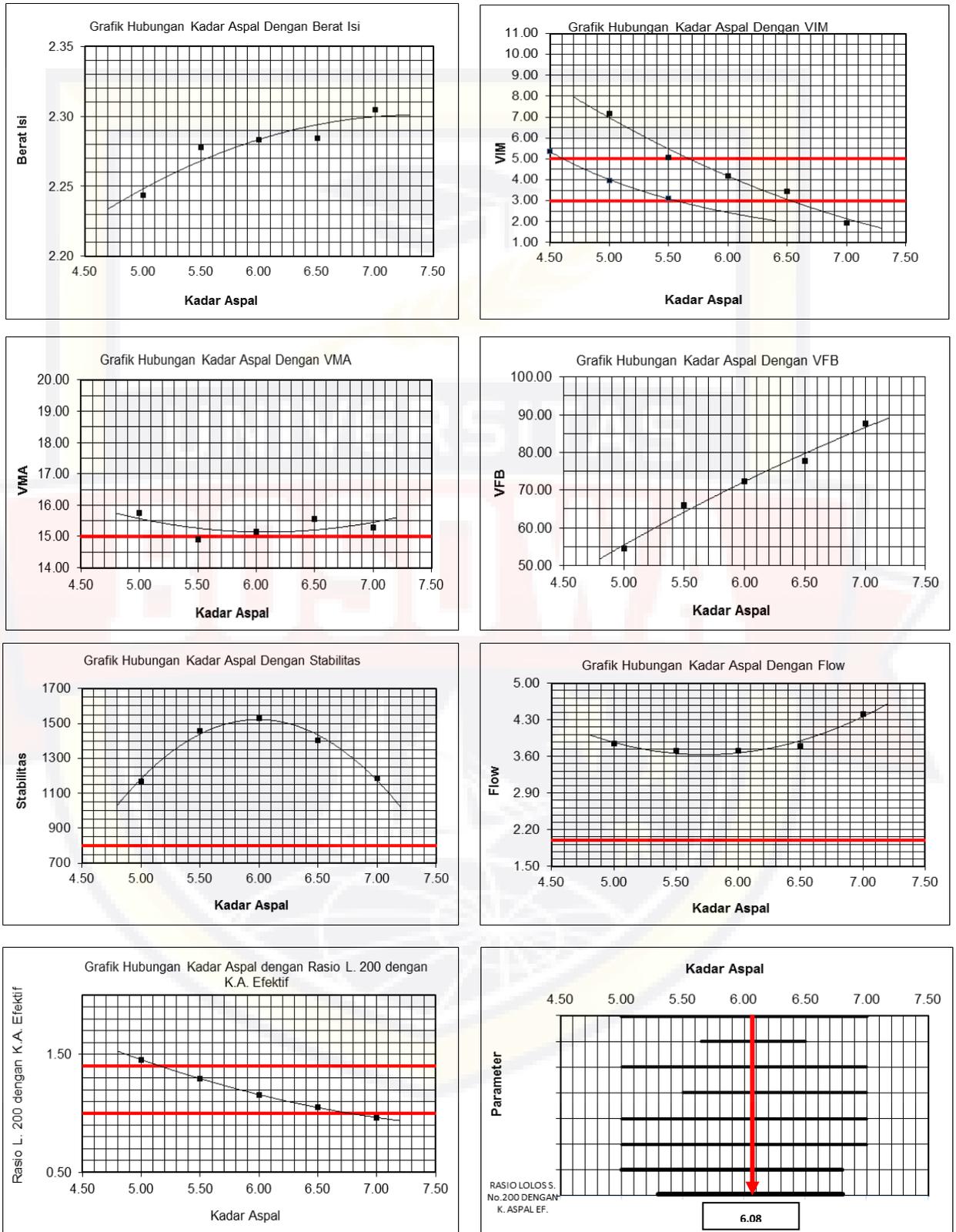
Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% sampai 7,0% dengan interval 0,5 % terhadap presentase total campuran. Pencampuran agregat dan aspal dilakukan pada temperatur sesuai dengan hasil viskositas dari aspal yang digunakan dalam

penelitian ini, pencampuran dilakukan pada temperatur 162°C dan pemadatan temperatur 140°C dengan menggunakan pemadat *Marshall* dan jumlah tumbukan sebanyak 2 x75 . Dari hasil pemadatan agregat dan aspal akan diperoleh briket *marshall* yang akan digunakan untuk mencari beberapa parameter antara lain berat isi (*density*), volume rongga dalam campuran (VIM), volume rongga dalam mineral agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFB), stabilitas, kelelahan (flow) dan Rasio lolos.200 dengan Kadar aspal efektif dari hasil pengujian *Marshall*. Data dari pengujian *Marshall* untuk masing - masing variasi kadar aspal disajikan pada lampiran dan dirangkum pada tabel 4.12

Tabel 4.12. Hasil pengujian Marshall AC – WC

BJ Curah Agregat (Gsb) :		2.530		GMM: 2.383		BJ Efektif Agregat (Gse) :		2.601		BJ Aspal (Gb) :		1.031		Abs.Aspl :		1.116		
Tanggal Produksi	Nomor Benda Uji	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Isi Benda Uji (cc)	Brt Jenis Maksimum Teoritis	Berat Isi Benda Uji	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas			Flow (mm)	Rasio L. 200 dengan K.A. Efektif (%)	Kadar Aspal Eff (%)
		tgd Brt Campuran (%)	tgd Brt Agregat (%)	Kering (gram)	di dlm Air (gram)	Permukaan Jenuh Air (gram)							Bacaan pd Alat	tgd Kalib rasi Alat (kg)	tgd Korela si Volume (kg)			
	1	5.00	5.26	1177.8	657.7	1183.5	525.8	2.42	2.24	7.31	15.87	53.94	512	1229	1180	4.45	1.46	3.94
	2	5.00	5.26	1188.6	669.9	1196.6	526.7	2.42	2.26	6.62	15.25	56.57	502	1205	1157	3.45	1.46	3.94
	3	5.00	5.26	1187.9	666.3	1198.2	531.9	2.42	2.23	7.59	16.13	52.94	510	1224	1175	3.62	1.46	3.94
	Rata2							2.42	2.24	7.17	15.75	54.49			1170	3.84	1.46	3.94
	1	5.50	5.82	1176.9	669.4	1183.3	513.9	2.40	2.29	4.57	14.44	68.38	657	1577	1577	3.91	1.29	4.45
	2	5.50	5.82	1174.2	666.4	1183.6	517.2	2.40	2.27	5.39	15.19	64.48	642	1541	1541	3.75	1.29	4.45
	3	5.50	5.82	1175.5	668.5	1185.7	517.2	2.40	2.27	5.29	15.09	64.96	525	1260	1260	3.45	1.29	4.45
	Rata2							2.40	2.28	5.08	14.91	65.94			1459	3.70	1.29	4.45
	1	6.00	6.38	1174.8	666.9	1182.0	515.1	2.38	2.28	4.29	15.25	71.85	606	1454	1454	3.72	1.16	4.95
	2	6.00	6.38	1183.1	672.3	1190.1	517.8	2.38	2.28	4.12	15.09	72.72	695	1668	1668	3.70	1.16	4.95
	3	6.00	6.38	1180.5	669.7	1186.4	516.7	2.38	2.28	4.12	15.10	72.68	613	1471	1471	3.71	1.16	4.95
	Rata2							2.38	2.28	4.18	15.15	72.42			1531	3.71	1.16	4.95
	1	6.50	6.95	1171.5	664.4	1176.2	511.8	2.37	2.29	3.27	15.39	78.73	590	1416	1416	3.70	1.05	5.46
	2	6.50	6.95	1168.6	663.0	1175.4	512.4	2.37	2.28	3.63	15.70	76.90	582	1397	1397	3.90	1.05	5.46
	3	6.50	6.95	1170.4	663.8	1176.3	512.5	2.37	2.28	3.50	15.59	77.56	580	1392	1392	3.80	1.05	5.46
	Rata2							2.37	2.28	3.47	15.56	77.73			1402	3.80	1.05	5.46
	1	7.00	7.53	1168.6	669.6	1170.5	500.9	2.35	2.33	0.73	14.23	94.86	491	1178	1226	3.98	0.96	5.96
	2	7.00	7.53	1182.3	671.2	1190.4	519.2	2.35	2.28	3.11	16.28	80.91	480	1152	1152	4.53	0.96	5.96
	3	7.00	7.53	1176.3	670.6	1181.3	510.7	2.35	2.30	1.99	15.32	86.98	495	1188	1188	4.71	0.96	5.96
	Rata2							2.35	2.30	1.94	15.27	87.58			1189	4.41	0.96	5.96
								Syarat	Min	3	15	65			800	2	0.6	
									Max	5	-	-			-	4	1.2	

Gambar 4.3. Grafik Berat Isi, VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Flow, Rasio L.200 dan KA

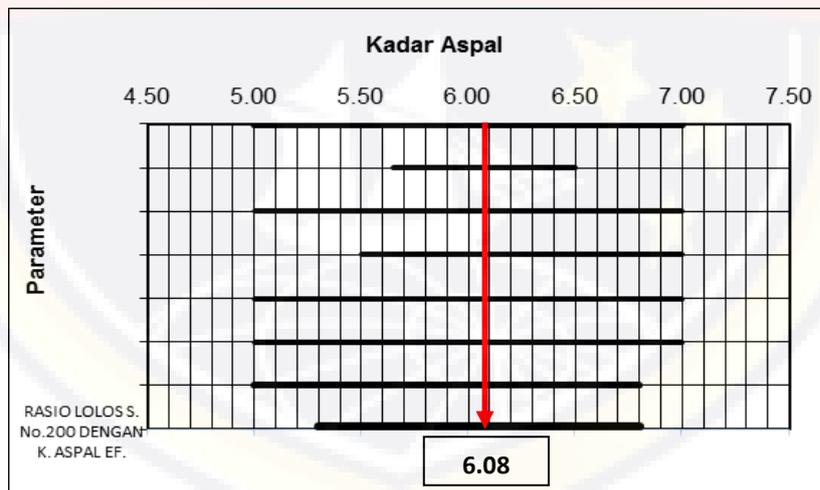


Tabel 4.13. Rekapitan Hasil Pengujian Marshall AC - WC

KADAR ASPAL (%)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	STABILITAS (kg)	FLOW (mm)	Rasio L. 200 dengan K.A. Efektif (%)
5,0	7,17	15,75	54,49	1170	3,84	1,46
5,5	5,08	14,91	65,94	1459	3,70	1,29
6,0	4,18	15,15	72,42	1531	3,71	1,16
6,5	3,47	15,56	77,73	1402	3,80	1,05
7,0	1,94	15,27	87,58	1189	4,41	0,96
Spesifikasi	3 – 5	Min.15	Min.65	Min.800	2 - 4	0,6 – 1,2

4.5. Penentuan Kadar Aspal Optimum Dengan Metoda Bar - Chart

Setelah kita melakukan serangkaian pengujian marshall dan menganalisa data yang kita peroleh dengan melihat nilai VIM,VMA,VFB, Stabilitas, Flow dan Rasio lolos no.200, maka saat nya menentukan kadar aspal optimum dengan metoda Bar-chart seperti grafik berikut ini:



Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Gambar 4.4 Grafik Penentuan KAO dengan Metoda Bar-chart

Dari grafik dapat kita lihat nilai Kadar Aspal Optimum dari percobaan campuran beraspal yang kita buat adalah 6,08 %, yang selanjutnya akan menjadi acuan kadar aspal dalam pembuatan benda uji Marshall Immersion (Marshall Sisa).

4.6. Karakteristik Volumetrik dan Marshall (AC - WC)

4.6.1 Karakteristik Volumetrik Campuran

Volumetrik campuran sangat berpengaruh terhadap sifat campuran beraspal. Analisis volumetrik yang dilakukan meliputi VIM, VMA, dan VFB. Parameter ini juga berkaitan dengan nilai kepadatan/berat isi (density). Variasi dalam penggunaan aspal pada campuran sangat dominan dalam menentukan parameter volumetrik dari campuran, variasi ini juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi sifat campuran beraspal diantaranya stabilitas, kekakuan dan durabilitas.

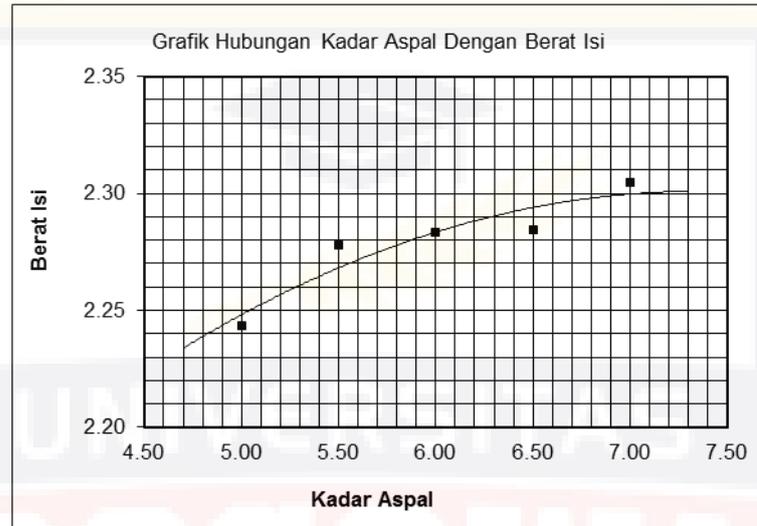
Analisis terhadap karakteristik volumetrik campuran sebagai berikut :

4. Kepadatan/berat isi (density)

Kepadatan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Kepadatan campuran beraspal meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal, hingga mencapai nilai maksimum dan setelah itu nilainya akan turun, tetapi masing – masing jenis variasi aspal memberikan perilaku yang berbeda.

Semakin tinggi variasi kadar campuran beraspal menyebabkan makin tingginya tingkat kepadatan. Hal ini juga dapat dilihat pada Gambar

4.5.



Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Gambar. 4.5. Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan Berat isi

Berdasarkan hasil uji Marshall diperoleh nilai kepadatan campuran yang dapat kita lihat dan disajikan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Hubungan Kadar Aspal Dengan Kepadatan / Density (Berat Isi).

Kadar Aspal (%)	Kepadatan/Density (Berat Isi)
5,0	2,243
5,5	2,278
6,0	2,283
6,5	2,284
7,0	2,304

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

5. Rongga Dalam Campuran (VIM/Voids in Mixture)

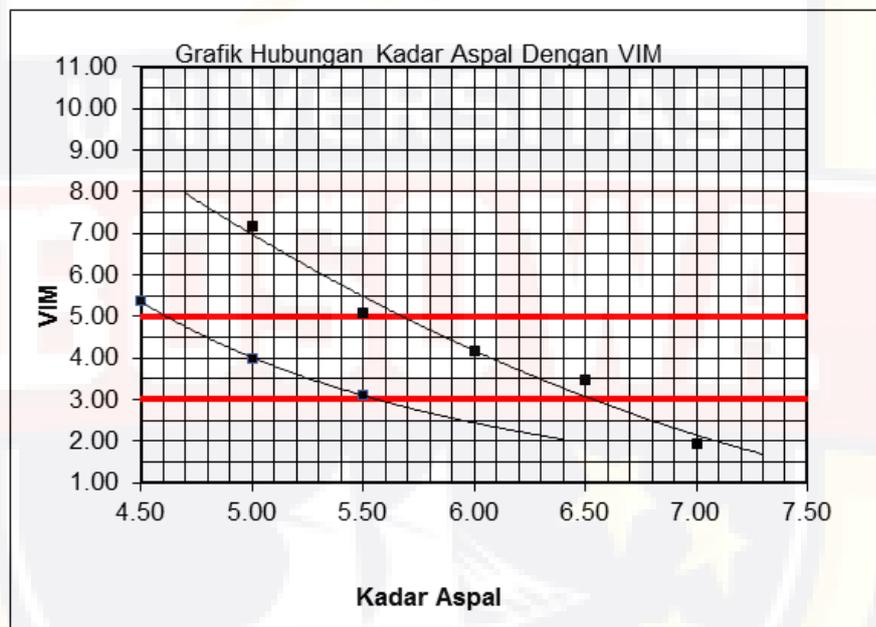
VIM merupakan persentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. Nilai VIM berhubungan dengan keawetan campuran. Apabila nilai VIM terlalu tinggi maka campuran akan cenderung rapuh, mempunyai kecenderungan retak secara dini. Sedangkan nilai VIM yang kecil akan meningkatkan ketahanan campuran terhadap pengerasan aspal. Tetapi apabila nilai VIM terlalu kecil, akan menyebabkan campuran tidak stabil dan kemungkinan terjadi kelelahan plastis yang lebih besar, disebabkan tidak tersedianya ruang yang cukup untuk menampung ekspansi aspal akibat pemadatan lanjutan oleh lalu lintas dan ketika aspal meleleh akibat kenaikan temperatur perkerasan pada masa pelayanan, sehingga perlu adanya pembatasan nilai VIM yaitu 3% - 5%.

Nilai VIM dipengaruhi oleh berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) dimana nilai berat jenis maksimum campuran ini dipengaruhi oleh berat jenis efektif agregat dan proporsinya dalam campuran pada setiap ukuran agregat. Adanya pembatasan berat jenis agregat dimaksudkan sebagai upaya untuk memenuhi batasan rongga yang disyaratkan dalam perencanaan campuran beraspal panas yaitu minimal 2,5 %.

Secara umum dengan penambahan kadar aspal akan menyebabkan nilai VIM semakin turun, ini menunjukkan bahwa campuran tersebut semakin rapat. Dengan bertambahnya kadar aspal, maka akan menyebabkan jumlah aspal yang menyelimuti agregat menjadi lebih banyak

sehingga mengurangi rongga dalam campuran dan campuran akan menjadi lebih padat.

Dari hasil pengujian diperoleh Kadar Aspal yang memenuhi persyaratan spesifikasi VIM 3% - 5% yaitu rentang kadar aspal 6,0% – 6,5%. Data hasil pengujian hubungan kadar aspal dengan VIM dapat kita lihat dlm bentuk tabel 4.13 di atas dan gambar grafik 4.6. berikut:



Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Keterangan : — = Batas Spesifikasi Min 3 %,Max 5 %

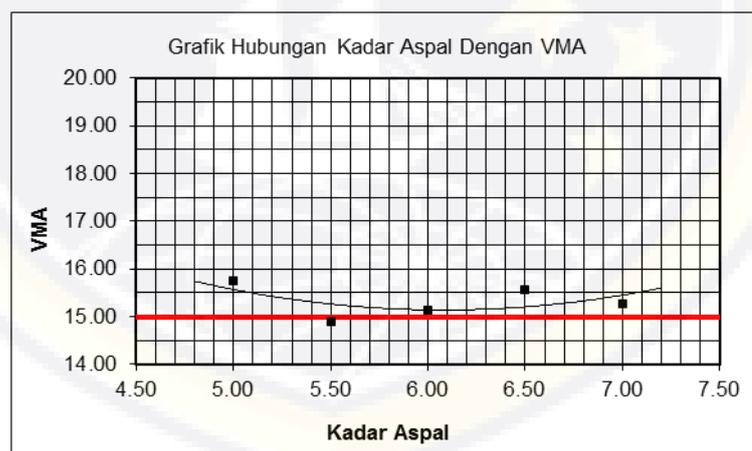
6. Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA/Voids in Mineral Aggregate)

VMA adalah volume rongga diantara butir – butir agregat dalam campuran beraspal dalam kondisi padat, termasuk didalamnya rongga

udara dan kadar aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

Nilai VMA menunjukkan banyaknya rongga yang akan terisi aspal pada campuran sehingga sangat mempengaruhi keawetan campuran. Nilai kepadatan campuran yang besar menyebabkan nilai VMA yang kecil, akibatnya aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan tebal aspal yang tipis.

Tipisnya aspal yang menyelimuti agregat akan menyebabkan agregat dalam campuran mudah lepas dan campuran menjadi tidak kedap air sehingga campuran mudah teroksidasi dan tidak awet. Syarat nilai minimum VMA untuk campuran AC-WC sebesar 15%. VMA dibatasi nilai minimum untuk menjamin ketersediaan kadar aspal yang cukup dalam campuran beraspal. Gambar 4.7., menunjukkan grafik VMA terhadap perubahan kadar aspal .



Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

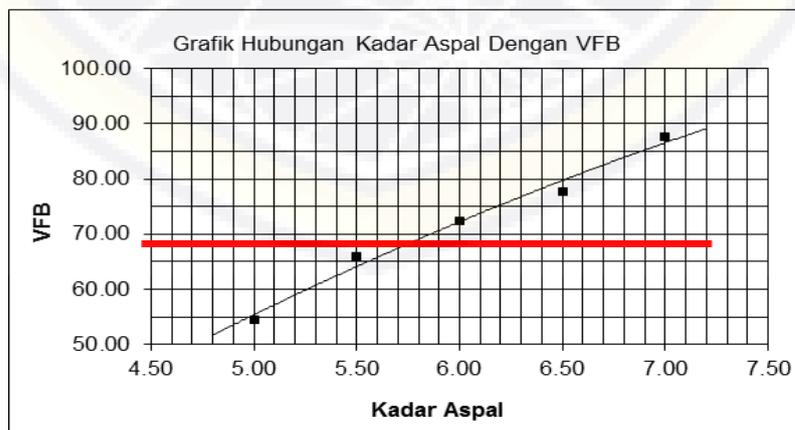
Gambar 4.6. Grafik Hubungan kadar aspal dengan VMA

Keterangan : ————— = Batas Spesifikasi Min 15 (%)

7. Rongga Terisi Aspal (VFB/Voids Filled with Bitumen)

Nilai VFB merupakan prosentase dari nilai VMA setelah dikurangi oleh VIM atau disebut juga kandungan aspal efektif. Besaran nilai VFB berpengaruh terhadap keawetan dari campuran beraspal. Adanya pembatasan nilai VFB merupakan upaya untuk memperoleh campuran yang lebih awet dan lentur sehingga mempunyai ketahanan terhadap retak lelah yang lebih baik.

VFB juga membatasi volume rongga udara yang diijinkan untuk campuran yang mempunyai nilai VMA mendekati nilai minimum. Kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima dengan syarat minimum 65% pada campuran beraspal AC-WC. Pengaruh utama VFB adalah membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum. Pengaruh perubahan kadar aspal terhadap VFB diperlihatkan pada Gambar grafik 4.16.



Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Keterangan :  = Batas Spesifikasi Min 65 (%)

Gambar 4.16. Hubungan kadar aspal dengan VFB

Dari Gambar 4.16, garis merah yang merupakan batasan nilai VFB dari persyaratan spesifikasi yang ditentukan yaitu minimum 65% untuk campuran AC-WC, terlihat diperoleh variasi kadar aspal yang memenuhi spesifikasi yaitu pada rentang kadar aspal 5,5% - 7,0%.

4.7. Nilai Empiris Marshall AC-WC

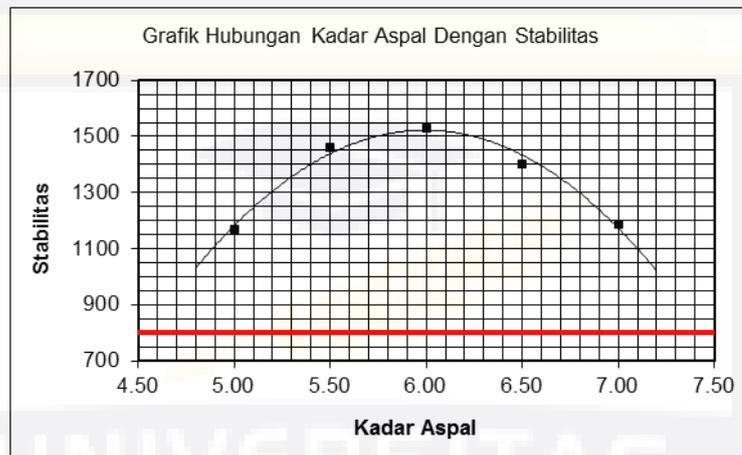
Nilai empiris Marshall ditunjukkan dengan nilai stabilitas, kelelahan, dan rasio lolos no. 200 dengan K.A. Efektif yang di dapat dari hasil bagi % lolos no 200 pada gradasi gabungan dengan kadar aspal efektif . Nilai tersebut merupakan besaran yang diukur langsung dari pengujian pada saat benda uji dibebani dengan alat uji Marshall.

1. Stabilitas (Stability)

Stabilitas merupakan ukuran kemampuan campuran untuk memikul beban lalu lintas sampai terjadi kelelahan plastis. Nilai stabilitas tersebut diukur langsung dari pengujian, pada saat dibebani dengan alat uji Marshall. Faktor – faktor yang mempengaruhi stabilitas diantaranya adalah gradasi agregat, dan kadar aspal dalam campuran.

Grafik hubungan kadar aspal dengan stabilitas diperlihatkan pada Gambar grafik 4.19, garis merah yang merupakan batasan nilai stabilitas dari persyaratan spesifikasi yang ditentukan yaitu minimum 800 kg untuk

AC-WC . Nilai stabilitas dengan rentang kadar aspal 5,0% - 7,0% masih memenuhi ketentuan minimum stabilitas dalam spesifikasi.



Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Gambar 4.19. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Keterangan : — = Batas Spesifikasi Min 65 (%)

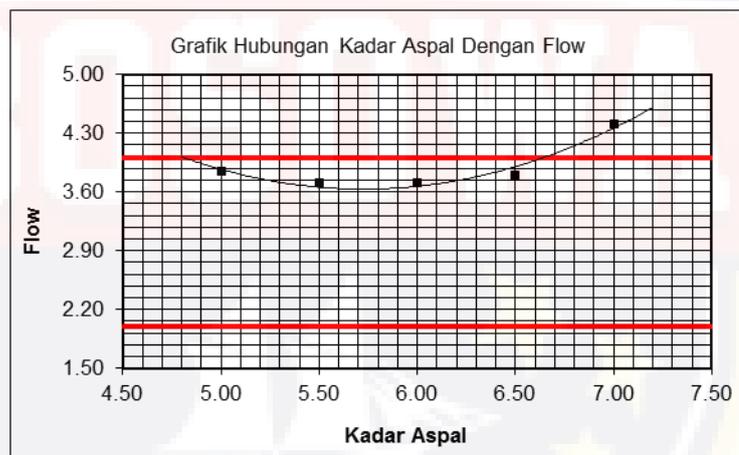
2. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*flow*) merupakan parameter empiris yang menjadi indikator terhadap kelenturan atau perubahan bentuk plastis campuran beraspal yang diakibatkan oleh beban. Tingkat kelelahan campuran dipengaruhi oleh kadar aspal dalam campuran, suhu, viskositas aspal dan bentuk partikel agregat.

Campuran yang mempunyai nilai kelelahan relatif rendah pada Kadar Aspal Optimum biasanya memiliki daya tahan deformasi yang lebih baik. Nilai *flow* yang rendah bila dikombinasikan dengan stabilitas yang tinggi, menunjukkan suatu campuran yang peka terhadap keretakan. Kecenderungan nilai kelelahan akan naik seiring dengan penambahan

prosentase kadar aspal. Perbandingan nilai kelelahan semua campuran terhadap perubahan kadar aspal diperlihatkan pada Gambar 4.20.

Dari Gambar 4.20, terlihat bahwa nilai flow bertambah seiring dengan penambahan kadar aspal dalam campuran. Nilai flow pada campuran menunjukkan bahwa variasi kadar aspal 5,0% - 6,5% memenuhi spesifikasi untuk AC-WC dengan syarat minimum sebesar 2 mm dan maksimum 4 mm, sedangkan variasi kadar aspal 7,0 % tidak memenuhi ketentuan dalam spesifikasi yang ditunjukkan dengan garis merah pada gambar berikut:



Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Gambar 4.20. Hubungan kadar aspal dengan *flow*

Keterangan : — = Batas Spesifikasi Min 2 mm, Max 4 mm

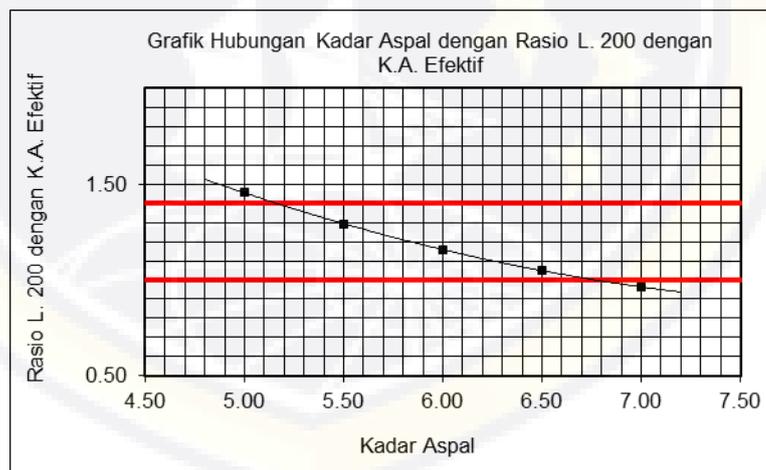
3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Rasio L. 200 dengan K.A. Efektif

Dalam hal ini rasio filler – bitumen efektif adalah perbandingan antara kadar filler dengan kadar aspal efektif. Kadar filler merupakan prosentase filler terhadap berat total agregat, sedangkan kadar aspal efektif

adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang diserap oleh agregat biasanya dinyatakan dalam persentase berat terhadap berat total agregat, tidak dalam persentase terhadap berat campuran. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja campuran beraspal.

Sebelumnya rasio filler – bitumen efektif diisyaratkan dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2010 Revisi III untuk sifat-sifat campuran Laston (AC) dengan nilai 1,0% – 1,4% namun telah diubah dalam Spesifikasi Umum 2018 dengan nilai lebih kecil yaitu 0,6% - 1,2%. Ini artinya makin kecil nilai rasio maka kinerja campuran beraspal Laston (AC) akan makin baik.

Data Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Rasio L. 200 dengan K.A. Efektif dapat kita lihat dari gambar 4.21 di bawah ini.



Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Keterangan : — = Batas Spesifikasi Min 0,6 %, Max 1,2 %

gambar 4.21 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Rasio L. 200 dengan K.A. Efektif

4.8. Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS

Pengujian perendaman Marshall dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan atau keawetan campuran terhadap pengaruh air dan perubahan temperatur yang ditandai dengan hilangnya ikatan antara aspal dan butiran agregat. Nilai ini dipengaruhi oleh tingkat kelekatan agregat dengan aspal yang antara lain tergantung pada bentuk dan jumlah pori agregat, sifat reologi aspal, kadar aspal, kepadatan, kandungan rongga dan gradasi agregat.

Dilawal pada gambar 4.4 dapat kita lihat bahwa KAO yang kita dapat kan dari metoda Bar – Chart yaitu 6,08 % yang selanjutnya akan kita gunakan sebagai kadar aspal acuan dalam membuat sampel uji marshall guna mengetahui stabilitas campuran yang direndam 30 menit dan 24 jam pada suhu 60⁰C.

Nilai Kekuatan campuran didapat dari hasil nilai stabilitas benda uji hasil rendaman 30 menit pada temperatur 60⁰C. Perbandingan nilai stabilitas yang direndam 30 menit dengan yang direndam 24 jam pada temperature standar 60⁰C dengan kadar aspal 6,08 % dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel. 4.15. Sampel hasil uji stabilitas pada temperatur 60⁰C

Waktu Perendaman	Stabilitas (kg)	Spec.
30 menit	1367	Min 800 (Kg)
24 jam	1260	
Stabilitas Sisa (%)	92,135	Min.90%

Dari Tabel 4.15, dapat dilihat bahwa nilai stabilitas campuran yang direndam pada temperatur 60°C selama 30 menit lebih besar dari campuran yang direndam pada temperatur 60°C selama 24 jam. Stabilitas sisa (*Indeks Kekuatan sisa*) pada campuran didapatkan dari hasil bagi dari nilai stabilitas perendaman 24 jam dibagi dengan hasil stabilitas dengan perendaman 30 menit dan kalikan 100%.

$$\text{Rumus : } x = \frac{B}{A} \times 100$$

X = Marshall Sisa

A = Marshall Perendaman 30 Menit

B = Marshall Perendaman 24 Jam

4.9. Analisa dan Evaluasi data

Dari beberapa parameter pengujian bahwa hasil yang didapatkan memenuhi spesifikasi yaitu:

1. Pengujian Kekerasan dari agregat kasar diperoleh dengan pengujian abrasi diukur dengan mesin Abrasi Los Angeles nilai yang diperoleh adalah 33,745 %. Nilai ini memenuhi spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum, Maksimum 40 %. Dari hasil pengujian dapat

disimpulkan bahwa agregat kasar ini mempunyai keausan yang cukup kuat sehingga tidak mudah pecah selama pemadatan atau akibat pengaruh beban lalu lintas.

2. Dari hasil pengujian pipih lonjong nilai yang di dapatkan:1,74% sedangkan spesifikasi yang di syaratkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2018 yaitu: Maksimal 10%
3. Dari hasil pengujian berat jenis agregat kasar dan halus memenuhi persyaratan spesifikasi karena nilai yang di dapatkan pada pengujian tersebut yaitu;
 - a. berat jenis (*bulk*) diperoleh untuk agregat kasar (1-2) adalah 2,555, agregat kasar (0,5-1) adalah 2,525 dan agregat halus (abu batu) yaitu 2,504. Nilai ini memenuhi spesifikasi yang menetapkan persyaratan berat jenis (*bulk specific gravity*) agregat kasar dan halus minumum 2,5
 - b. untuk uji penyerapan air nilai yang diperoleh untuk agregat kasar (1-2) adalah 1,807 %, agregat kasar (0,5-1) adalah 1,917 % dan agregat halus (abu batu) yaitu 2,456 % dapat memenuhi spesifikasi yang menetapkan persyaratan air oleh agregat maksimum 3 %
4. Dari hasil pengamatan nilai pengujian kelekatan agregat terhadap aspal yaitu 97% sedangkan dari persyarat spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yaitu: Minimum 95%

5. Setelah dilakukan pengujian analisa saringan dan dilakukan gradasi gandingan (Trial and error) individu, memenuhi dan tidak melewati garis grafik
6. Setelah dilakukan pengujian Marshall dari campuran beraspal yaitu : VIM,VMA,VFB,Stabilitas,Flow, Rasio lolos ayakan no 200 dari 5%,5.5%6%,6.5%,7% kadar Aspal memenuhi spesifikasi yang di terbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2018
7. Dari hasil pemeriksaan KAO dengan presentasi nilai IKS dari hasil pengujian indeks kekuatan sisa pada campuran dengan kadar aspal 6,08 % telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum 2018 yaitu minimum 90 %.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium mengenai penggunaan material Sungai Lombanan kabupaten Mamasa sebagai bahan pada campuran aspal panas (AC-WC) terhadap karakteristik dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Material dari Sungai Lombanan merupakan quarry yang dapat digunakan pada campuran beraspal panas AC-WC karena nilai karakteristik material dan sifat – sifat marshall yang diperoleh dari percobaan dilaboratorium memenuhi ketentuan dalam Spesifikasi Umum 2018 Kementerian PUPR. Dari hasil pengujian abrasi diperoleh nilai 33,475%. Nilai ini memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Spesifikasi Umum 2018 Kementerian PUPR dengan nilai maksimum 40 %. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa agregat kasar ini mempunyai keausan yang cukup kuat sehingga tidak mudah pecah selama pemadatan atau akibat pengaruh beban lalu lintas.
2. Sifat – sifat karakteristik campuran beraspal yang peneliti peroleh dari percobaan *Trial Unerror* yang memenuhi seluruh persyaratan dari parameter pengujian campuran beraspal dengan nilai interval antara kadar aspal 0,5%, yaitu kadar aspal 6,0% - 6,5% dengan hasil KAO 6,08 %. Dari hasil pemeriksaan KAO dengan presentasi

nilai IKS dari hasil pengujian indeks kekuatan sisa pada campuran dengan kadar aspal 6,08 % telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum 2018 yaitu minimum 90 % dengan hasil pengujian 92,135 %.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, diusulkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait material dari sungai Lomaban dengan menggunakan variasi campuran AC – BC dan AC – BASE.
2. Peneliti juga menyarankan untuk melakukan penelitian material dari sungai Lomaban dengan menggunakan rancangan campuran beraspal modifikasi, seperti campuran beraspal dengan bahan tambah Asbuton Lawele, bahan tambah limbah Plastik, dan Karet
3. Dalam penelitian kedepannya perlu ditambahkan parameter – parameter pengujian dalam campuran beraspal untuk mengetahui lebih spesifik lagi terkait mutu bahan material dari Sungai Lomaban jika digunakan dalam campuran beraspal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997, “ **Buku Panduan Pemeriksaan Bahan Lapis Keras** “, Laboratorium Teknik Trasportsi, JTS FT UGM, Yogyakarta.
- Anonim, 1991. SNI 06-2489-1991, “ **Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall** “, Badan Standar Nasional Jakarta.
- Anonim, 1996, “ **Petunjuk Pemeriksaan Peralatan Pencampuran Aspal (Asphalt Mixing Plant)**“, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Anonim, 1976, “ **Manual Pemeriksaan Bahan Jalan** “, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Anonim, 2006, “ **Pedoman, Penuntun dan Tata Cara Penulisan Tugas Akhir** “, JTS FT Universitas “ 45 “, Makassar.
- Anonim, 2013, “ **Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal** “, JTS FT Universits “ 45 “, Makassar.
- Anonim,2010, “ **Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan** “, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas “45” Makassar.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, “ **Divisi VI Spesifikasi** “, 2010 Revisi 3.
- Hadiyatmo, Hary Chrystady, 2011, “ **Perancangan Perkerasan Jalan** “, Gajah Mada University Press.
- Hadiyatmo, Hary Chrystady, 2007, “ **Pemeliharaan Jalan Raya** “, Gajah Mada University Press.
- Nurdin, Rahim, “ **Bahan Ajar Perkerasan Jalan Raya** “, JTS FT Bosowa Makassar.
- Saodang, Hamirhan, Ir. MSCE., “ **Konstruksi Jalan Raya** “, Buku 2, Perancangan Perkerasan Jalan Raya, Nova, Bandung.
- Soehartono, Ir.,2010, “ **Teknologi Aspal dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkersan Jalan**”. PT Mediatama Saptakarya. Jakarta
- Sukirman, S., 2003, “ **Beton Aspal Campuran Panas** “, Granit, Jakarta.
- Sukirman, S., 1999, “ **Perkerasan Lentur Jalan Raya** “, Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 1994, “ **Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan** “, Nova, Bandung.

FOTO – FOTO PENELITIAN



Gambar 1. Persiapan Agregat



Gambar 2. Pengecekan Agregat Oleh Bapak Pembimbing I dan Pihak Lab BBPJN



Gambar 3. Pemadatan Campuran



Gambar 4. Penimbangan Benda Uji



Gambar 5. Proses Penimbangan Dalam Air



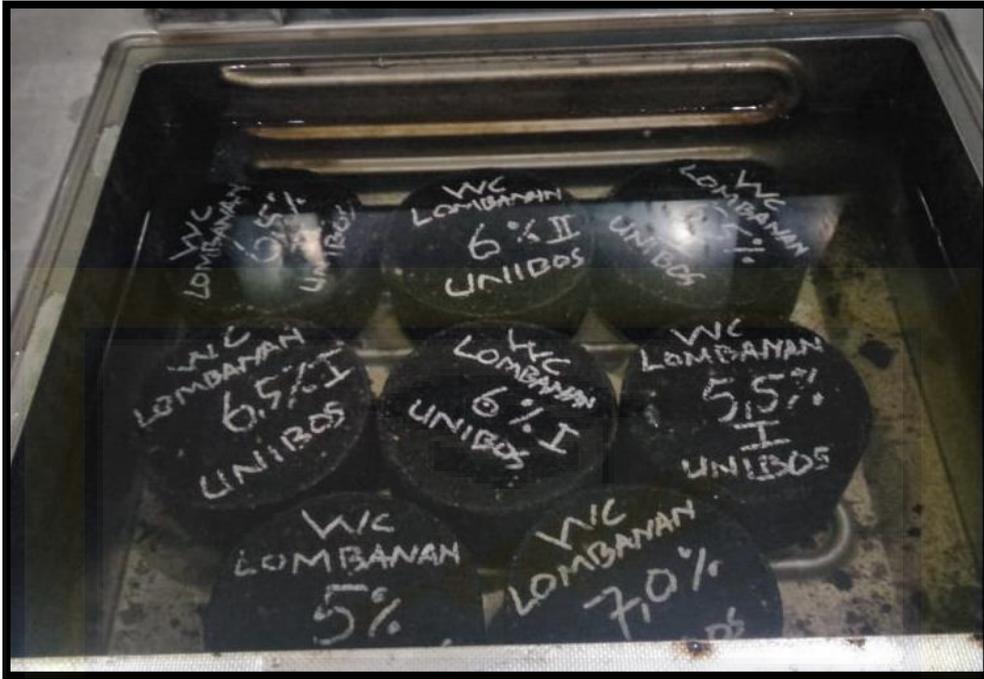
Gambar 6. Proses SSD (Berat Kering Permukaan Jenuh)



Gambar 7. Perendaman Dalam Water Bath



Gambar 8 Pengujian Marshall



Gambar 9 Benda Uji

UNIVERSITAS
BOSOWA

