

TUGAS AKHIR

**STUDI PENGGUNAAN ASPAL PANAS DENGAN PASIR LAUT
SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP RANCANGAN
CAMPURAN HRS-WC PADA VARIASI DURASI PERENDAMAN**



Disusun Oleh :

SAFARI TABAIKA

45 16 041 006

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2022



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A 183/FT/UNIBOS/II/ 2022, Tanggal 16 Februari 2022, Perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu, 16 Februari 2022
N a m a : **SAFARI TABAIKA**
No.Stambuk : **45 16 041 006**
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **“STUDI PENGGUNAAN ASPAL PANAS DENGAN PASIR LAUT SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP RANCANGAN CAMPURAN HRS-WC PADA VARIASI DURASI PERENDAMAN”**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar 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 Makassar.

Tim Penguji Ujian Akhir

Ketua / Ex Officio : **Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT** (.....)
Sekretaris / Ex Officio : **Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus, MT** (.....)
Anggota : **Ir. Tamrin Mallawangeng, MT** (.....)
 : **Ir. Fauzy Lebang, MT** (.....)

Makassar, Februari 2022

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN: 09 101271 01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil

Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN: 09 041265 02



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : “STUDI PENGGUNAAN ASPAL PANAS DENGAN PASIR LAUT SEBAGAI
AGREGAT HALUS TERHADAP RANCANGAN CAMPURAN HRS PADA
VARIASI DURASI PERENDAMAN “

Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : **SAFARI TABAIKA**

No.Stambuk : **45 16 041 006**

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

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : **Ir. H.Abd. Rahim Nurdin, ST., MT** (.....)

Pembimbing II : **Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus, ST., MT.** (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN.09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN. 09-041265-02

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Safari Tabaika**

Nomor Stambuk : **45 16 041 006**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **"Studi Penggunaan Aspal Panas Dengan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Terhadap Rancangan Campuran HRS-WC Pada Variasi Durasi Perendaman"**

Mengatakan 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 mengacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, megalihmediakan/ mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya 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 mestinya.

Makassar, 22 Februari 2022

Yang membuat pernyataan


(Safari Tabaika)
45 16 041 075



KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, anugerah dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul : ***“Studi Penggunaan Aspal Panas Dengan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Terhadap Rancangan Campuran HRS-WC Pada Variasi Durasi Perendaman”***. Tugas Akhir ini di susun guna melengkapi persyaratan untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar sebagai syarat untuk mencapai derajat kesarjanaan. Dengan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :


1. Allah SWT tempat meminta dan memohon pertolongan.
2. Orang tua, kaka dan adik saya yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga Tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.
3. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT Selaku Ketua kelompok dosen Bidang Kajian transportasi, dan juga Sebagai Dosen Pembimbing I, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing.

4. Bapak Dr. Ir. Ahmad Yauri Yusuf, MT Selaku Dosen Pembimbing II, yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa.
6. Bapak / Ibu dosen Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, terimakasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
7. Ibu Marlina Alwi, ST yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.
8. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Teknik Sipil Universitas Bosowa
9. Teman–Teman Seangkatan Teknik Sipil Universitas Bosowa 2016 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran, motivasi dan semangat kepada saya, semoga kalian juga cepat menyusul.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan Tugas akhir ini.
11. Keluarga tercinta terimakasih atas doa dan nasehatnya, sehingga saya mampu menjalani semua ini.
12. Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Olehnya itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah diharapkan demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Harapan penyusun, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh para pembaca yang budiman.

Makassar, 22 Februari 2022



Safari Tabaika

**”STUDI PENGGUNAAN ASPAL PANAS DENGAN PASIR LAUT SEBAGAI
AGREGAT HALUS TERHADAP RANCANGAN CAMPURAN HRS PADA VARIASI
DURASI PERENDAMAN”**

Oleh: Safari Tabaika,¹ Abd. Rahim Nurdin², Ahmad Yauri Yusuf³

Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa
Jl. Urip Sumoharjo Km.06 Makassar-sulawesi selatan 90231
Email : safaritabaika@gmail.com

ABSTRAK

Lapis aspal beton (laston) adalah jenis perkerasan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal dan agregat bergradasi menerus dengan ukuran butir terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir.

Tujuan penelitian ini Untuk mengetahui penggunaan aspal Panas terhadap variasi durasi perendaman, Tipe campuran yang digunakan adalah *Hot Roller Shot - Wearing Coarse (HRS-WC)*. Kinerja tersebut diukur melalui pengujian Stabilitas, flow, marshall Quontient, rongga dalam campuran, rongga diantara mineral agregat, rongga terisi aspal, marshall immersion. Adapun variasi kadar aspal rencana yaitu : 7,5% sedangkan variasi pasir laut yaitu 60%, 80% dan 100%. Setiap variasi di buat 3 sampel. Dengan variasi perendaman 3 hari, 7 hari, dan 14 hari. Kemudian dilakukan pengujian Marshall Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah kaca dengan proporsi 60% terhadap total berat filler meningkatkan stabilitas dan kekuatan campuran sehingga lebih mampu menerima pembebanan.

Kata Kunci: aspal panas, filler, Pasir Laut,

ABSTRACT

Asphalt-concrete layer (laston) is a type of road pavement consisting of a mixture of asphalt and continuously graded aggregate with evenly distributed grain sizes in one grain size range.

The purpose of this research is to determine the use of hot asphalt for variations in the duration of immersion, the type of mixture used is Hot Roller Shot - Wearing Coarse (HRS-WC). The performance is measured by testing Stability, flow, marshall Quontient, voids in the mixture, voids between mineral aggregates, voids filled with asphalt, marshall immersion. The variations in the design asphalt content are: 7.5%, while the variations in sea sand are 60%, 80% and 100%. Each variation made 3 samples. With variations of immersion 3 days, 7 days, and 14 days. Then the Marshall Test was carried out. The results showed that the use of glass waste with a proportion of 60% to the total weight of the filler increased the stability and strength of the mixture so that it was more able to accept loading.

Keywords: hot asphalt, filler, sea sand.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR NOTASI	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Rumusan Masalah.....	I-3
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-3
1.3.1. tujuan penelitian	I-3
1.3.2. manfaat penelitian	I-3
1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah Penelitian	I-4
1.4.1. Pokok Bahasan Penelitian	I-4
1.4.2. Batasan Masalah Penelitian	I-4
1.5. Sistematika Penulisan.....	I-5

1.5.1. Bab I Pendahuluan	I-5
1.5.2. Bab II Tujuan Pustaka	I-5
1.5.3. Bab III Metode Penelitian	I-5
1.5.4. Bab IV Hasil Dan Pembahasan	I-6
1.5.5. Bab V Kesimpulan dan Saran	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Jalan	II-1
2.1.1. Sistem Jaringan Jalan	II-4
2.1.1. Status Jalan	II-5
2.1.1. Kelas Jalan	II-6
2.2. Struktur jalan	II-8
2.2.1. Lapis permukaan (<i>Surface course</i>)	II-9
2.2.2. Lapis pondasi atas (<i>Base course</i>)	II-10
2.2.3. Lapis Pondasi Bawah	II-10
2.2.4. Tanah dasar (<i>Subgrade</i>)	II-11
2.3. Perkerasan jalan	II-11
2.3.1. Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	II-16

2.3.2. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement).....	II-17
2.3.3. Perkerasan komposit (composite pavement).....	II-18
2.3.4. Fungsi Perkerasan	II-18
2.4. Pembebanan Pada Perkerasan	II-20
2.5. Bahan Penyusun Perkerasan Jalan	II-22
2.5.1. Agregat.....	II-22
2.5.2. Kualifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya	II-27
2.5.2. Sifat-Sifat Fisik Agregat	II-29
2.5.2. Bahan Pengisi Filler.....	II-33
2.5.2. Aspal	II-34
2.5.3. Sifat Fisik Aspal.....	II-35
2.6. Aspal Minyak	II-43
2.6.1. Aspal Dingin/Cair (Cut Back Asfalt)	II-43
2.6.2. Campuran Aspal Panas.....	II-44
2.7. Aspal Beton	II-48
2.7.1. Karakteristik Campuran Aspal Beton	II-49
2.7.2. Jenis-Jenis Aspal Beton	II-52
2.8. Campuran Aspal Panas	II-54

2.9. Hot Rolled Sheet (HRS)	II-56
2.7.2. Gradasi.....	II-60
2.10. Pasir Laut	64
2.11. Marshall Test	65
2.11.1. Stabilitas (stability)	II-65
2.11.2. Kelelahan (Flow)	II-66
2.11.3 Kerapatan (density).....	II-67
2.11.4. VIM (Void In The Mix).....	II-68
2.11.5. VFB (Void Filled With Bitument)	II-71
2.11.6. VMA (Void In Mineral Agregate).....	II-72
2.11.7. Marshall Quotient (MQ).....	II-73
 BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	III-1
3.2 Bagan Alir Penelitian	III-2
3.3 Bahan Penelitian	III-4
3.4 Peralatan Penelitiaan	III-5
3.4.1 Peralatan Pengujian Agregat.....	III-5
3.4.2 Peralatan Pengujian Aspal	III-8

3.4.3	Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat Aspal.....	III-10
3.4.4	Perlengkapan lain.....	III-11
3.5	Pengujian Bahan	III-12
3.5.1	Pengujian Agregat Kasar.....	III-12
3.5.2	Pengujian Agregat Halus.....	III-13
3.5.3	Pengujian Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	III-13
3.5.4	Pengujian aspal.....	III-14
3.6.	Penentuan Jumlah Dan Pembuatan benda uji.....	III-15
3.6.1	Penentuan Jumlah Benda Uji.....	III-15
3.6.2	Pembuatan Benda Uji untuk menentukan kadar aspal optimum.....	III-16
3.7.	Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall untuk menentukan (KAO)	III-17
3.8.	Pembuatan Benda Uji dengan variasi Pasir Laut.....	III-18
3.9.	Pengetesan Benda Uji Dengan Variasi Pasir Laut Dengan Alat Marshall	III-19
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Penyajian Data.....	IV-1
4.1.1	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat.....	IV-1

4.1.2 Penentuan Komposisi Agregat Gabungan.....	IV-4
4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum .	IV-6
4.2.1 Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb).....	IV-6
4.2.2 Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran	IV-6
4.2.3 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	IV-7
4.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	IV-8
4.4. Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Pasir laut Pada	
Durasi Variasi Perendaman	IV-13
4.4.1 Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan	
Kadar Aspal Optimum Dengan Menggunakan Pasir Laut	
Sebagai agregat Halus.....	IV-13
4.4.2. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh	
Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum	IV-14
4.4.3 Analisis Hasil Pengujian Dengan Pasir Laut Pada	
Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC Dengan	
Perendaman 3 Hari.	IV-29
4.4.4 Analisis Hasil Pengujian Dengan Pasir Laut Pada	

Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC Dengan

Perendaman 7 Hari. IV-35

4.4.5 Analisis Hasil Pengujian Dengan Pasir Laut Pada

Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC Dengan

Perendaman 14 Hari. IV-43

4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase nilai Ideks Kekuatan

Sisa (IKS) IV-51

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan V-1

5.2 Saran..... V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

➤ Tabel 2.1 Perbedaan anatara perkerasan lentur dan perkerasan kaku	II-14
➤ Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur	II-14
➤ Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar	II-24
➤ Tabel 2.4 Ketentuan agregat halus	II-26
➤ Tabel 2.5 Spesifikasi aspal keras pen 60/70	II-42
➤ Tabel 2.6 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Lataston HRS-WC	II-59
➤ Tabel 2.7 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Spesifikasi Bina Marga 2018	II-63
➤ Tabel 3.1. Ketentuan Agregat kasar	III-13
➤ Tabel 3.2. Ketentuan Agregat Halus	III-13
➤ Tabel 3.3. Ketentuan Agregat <i>Filler</i>	III-14
➤ Tabel 3.4. Ketentuan Aspal	III-14
➤ Tabel 3.5 Perhitungan benda Uji	III-15
➤ Tabel 4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (<i>Spesifikasi 2018</i>)	IV-1
➤ Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, dan Batu Pecah 0,5 - 1)	IV-2
➤ Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu	IV-3
➤ Tabel 4.4. Rancangan campuran aspal panas <i>HRS-WC</i>	IV-5
➤ Tabel 4.5. Komposisi Campuran Aspal Panas <i>HRS-WC</i>	IV-7

➤ Tabel 4.6 Berat aspal dan agregat pada campuran aspal panas	
<i>HRS-WC</i> normal	IV-7
➤ Tabel 4.7 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat....	IV-7
➤ Tabel 4.8 Hasil Marshall tes KAO	IV-8
➤ Tabel 4.9 Komposisi campuran dengan bahan Pasir Laut 60%	IV-13
➤ Tabel 4.10 Komposisi campuran dengan bahan Pasir Laut 80%	IV-14
➤ Tabel 4.11 Komposisi campuran dengan bahan Pasir Laut 100% ..	IV-14
➤ Tabel 4.12. Hasil Uji Marshall Sisa KAO dengan perendaman	
selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C	IV-15
➤ Tabel 4.13. Komposisi campuran dengan bahan Pasir Laut	
perendaman 3 hari.....	IV-28
➤ Tabel 4.13. Komposisi campuran dengan bahan Pasir Laut	
perendaman 7 hari.....	IV-28
➤ Tabel 4.13. Komposisi campuran dengan bahan Pasir Laut	
perendaman 14 hari.....	IV-28
➤ Tabel 4.13. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS	
Beton Aspal HRS-WC.....	IV-28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur jalan.....	II-9
Gambar 2.2 Lapisan perkerasan jalan lentur	II-1
Gambar 2.3 lapisan perkerasan jalan kaku	II-11
Gambar 2.4 Komponen perkerasan komposit	II-18
Gambar 2.5 Ditribusu Beban Roda Melalui Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	II-20
Gambar 2.6. Kandungan kimia dari aspal	II-39
Gambar 2.7. Jenis Aspal (Hotmix) Beton	II-49
Gambar 2.8. Ilustrasi Gradasi Agregat.....	II-62
Gambar 2.9. Kurva Gradasi Agregat Bergradasi Halus Spesifikasi Bina Marga 2018.....	II-63
Gambar 2.10. Pasir Laut.....	II-64
Gambar 2.11. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal.....	II-70
Gambar 2.12. Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal Aspal Yang Terabsorpsi.....	II-71
Gambar 2.13 Ilustrasi Pengertian VIM dan VMA.....	II-72
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian.....	III-3
Gambar 3.2. Agregat kasar dan agregat halus.....	III-4
Gambar 3.3. Semen (filler).....	III-4
Gambar 3.4. Aspal AC 60/70	III-5
Gambar 3.5. Satu Set Saringan	III-6
Gambar 3.7. Timbangan.....	III-6

Gambar 3.8. Oven Atau Alat Pengering.....	III-7
Gambar 3.9. Kain Lap dan Kuas.....	III-7
Gambar 3.11. Alat Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar.....	III-8
Gambar 3.12. Alat Uji Berat Jenis Aspal.....	III-8
Gambar 3.13. Cetakan Benda Uji Marshall.....	III-9
Gambar 3.14. Ejektor.....	III-9
Gambar 3.15. Batang Penumbuk.....	III-10
Gambar 3.16. Landasan Pematat.....	III-10
Gambar 3.17. Alat Uji Marshall.....	III-11
Gambar 3.18. Bak perendam.....	III-11
Gambar 4.1. Grafik Gradasi Penggabungan Agregat HRS-WC.....	IV-5
Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-9
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-9
Gambar 4.2.c. Grafik Pelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-9
Gambar 4.2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-10
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-10
Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-10
Gambar 4.2.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-11

Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	IV-11
Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi Perendaman 3 Hari Terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-29
Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C ...	IV-30
Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-31
Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-32
Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-33
Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap VFB Pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu Perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-34
Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap nilai VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-35
Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi Perendaman 7 hari terhadap	

kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-36
Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-37
Gambar 4.13 Diagram hubungan Variasi perendaman 7 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-38
Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-39
Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-40
Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-41
Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-42
Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi Perendaman 14 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-44

Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-45
Gambar 4.20 Diagram hubungan Variasi perendaman 14 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-46
Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-47
Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-48
Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-49
Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap Nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-51
Gambar 4.24 Diagram hubungan variasi kadar serbuk kaca 80 % terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-54
Gambar 4.25 Diagram hubungan variasi kadar serbuk kaca 100 % terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum	

dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-55

Gambar 4.26 Diagram hubungan variasi kadar serbuk kaca 100 %

terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum

dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C . IV-56

Gambar 4.27 Diagram hubungan variasi kadar serbuk kaca 100 % terhadap

flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu

perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-57

Gambar 4.28 Diagram hubungan variasi kadar serbuk kaca 100 % terhadap

nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu

perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-58

Gambar 4.29 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk kaca 100 % terhadap

VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu

perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-59

Gambar 4.30 Diagram hubungan variasi kadar serbuk kaca 100 % terhadap

VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu

perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-60

Gambar 4.31 Diagram hubungan variasi kadar serbuk kaca 100 % terhadap

VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu

perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-61

DAFTAR NOTASI

<i>a</i>	<i>= Persentase aspal terhadap batuan</i>
<i>ASTM</i>	<i>= America Standard Testing and Material</i>
<i>AASHTO</i>	<i>= American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
<i>AC</i>	<i>= Aspal Concrete</i>
<i>AC-WC</i>	<i>= Asphalt Concrete Wearing Course</i>
<i>AC – BC</i>	<i>= Asphalt Concrete Base Course</i>
<i>Al₂O₃</i>	<i>= Aluminum Oxide (aluminium oksida)</i>
<i>b</i>	<i>= Persentase aspal terhadap campuran</i>
<i>B-0</i>	<i>= blinding concrete/beton lantai kerja</i>
<i>c</i>	<i>= Berat kering / sebelum direndam (gram)</i>
<i>CA</i>	<i>= Agregat kasar</i>
<i>cm</i>	<i>= Centimeter</i>
<i>CaO</i>	<i>= Calcium Oxide (kalsium oksida/ batu kapur)</i>
<i>d</i>	<i>= Berat benda uji jenuh air (gr)</i>
<i>e</i>	<i>= Berat benda uji dalam air (gr)</i>
<i>F</i>	<i>= flow</i>
<i>f</i>	<i>= Volume benda uji (cc)</i>
<i>Fe₂O₃</i>	<i>= Iron Oxide (besi oksida)</i>
<i>FA</i>	<i>= Agregat halus</i>
<i>g</i>	<i>= Nilai kepadatan (gr/cc)</i>
<i>g</i>	<i>= Persen rongga terisi aspal</i>

gr	= Gram
HRS	= Hot Rolled Sheet
i dan j	= Rumus Substitusi
K ₂ O	= Potassium Oxide (potasium oksida)
LPA	= Lapisan Pondasi Atas
LPB	= Lapisan Pondasi Bawah
MQ	= Nilai Marshall Quotient (kg/mm)
MgO	= Magnesium Oxide (magnesium oksida)
MC	= Medium Curing cut back
Na ₂ O	= Sodium Oxide (soda abu)
ODOL	= Over Dimension Over load
P	= Pembacaan Arloji Stabilitas x Kalibrasi Alat
PB	= Perkiraan Karas Aspla Optimum
q	= Angka Koreksi Benda Uji
RC	= Rapid Curing cat back
S	= Nilai Stabilitas
SS	= Sand Sheet
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SMA	= Split Mastic Asphalt
SC	= Slow Curing Cat Back
SiO ₂	= Silica (silika)
SO ₃	= Sulfur Trioxide (belerang trioksida)
SSD	= Saturated Surface Dry

TD	= <i>Lapisan Tanah Dasar</i>
USA	= <i>United States of America</i>
VIM	= <i>Void In The Mix</i>
VFA	= <i>Void Filled With Asphalt</i>
VMA	= <i>Void In Mineral Agregate</i>
°C	= <i>Derajat Celcius</i>



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan salah satu prasarana yang sangat dibutuhkan dalam menunjang pembangunan pada masa sekarang ini. Dengan adanya jalan-jalan penghubung, segala macam kegiatan baik kegiatan ekonomi, kegiatan sosial maupun budaya dapat terlaksana hingga ke daerah-daerah terpencil.

Aspal beton atau *asphaltic concrete* adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dengan bahan bitumen. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/*filler*/bitumen sebagai mortar.

Kenyataan di lapangan penggunaan aspal pada campuran aspal panas sering mengalami kerusakan karena volume beban lalu lintas yang tinggi, temperatur, dan cuaca. Sehingga muncul kerusakan seperti retak, berlubang, jejak roda, dan kerusakan lainnya. Untuk mencegah hal tersebut perlu adanya uji laboratorium terhadap material dan campuran sesuai dengan standar SNI dan spesifikasi umum 2018 agar dapat mengetahui dan merencanakan kekuatan dan keawetan dari campuran aspal sesuai kebutuhan

Lapis aspal beton (laston) adalah jenis perkerasan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal dan agregat bergradasi menerus dengan ukuran butir terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir (Sukirman, 2007). Sebagai campuran dengan agregat bergradasi menerus, dibutuhkan filler untuk mendukung kekuatan dan memenuhi jumlah rongga dalam campuran. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1999), filler adalah bahan pengisi yang merupakan sekumpulan mineral agregat lolos saringan No. 200 atau 0,075 mm.

Shaw (2000) menyebutkan bahwa salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebagai material filler adalah harga yang terjangkau. Dengan keterbatasan sumber dana yang ada, pemilihan jenis filler dilakukan untuk memenuhi kriteria tersebut.

Untuk mengetahui apakah *Aspal Panas* dapat dijadikan salah satu alternatif aspal untuk mengatasi kerusakan dini pada jalan dengan beban lalu lintas yang berlebih, maka perlu diadakan penelitian baik mengenai properti material aspal itu sendiri, maupun properti material campuran *Asphalt Concrete*. Selain itu, penelitian ini menggunakan pasir laut sebagai agregat halus terhadap rancangan campuran HRS (Hot Roller Sheet) pada durasi perendaman.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa masalah yang akan diteliti adalah:

- a. Bagaimana penggunaan campuran aspal Panas dan Pasir Laut terhadap variasi durasi perendaman.?
- b. Bagaimana sifat dan karakteristik campuran Hot mix (HRS) dengan menggunakan campuran Aspal Panas dan pasir laut sebagai agregat halus.?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui penggunaan campuran aspal Panas dan Pasir Laut terhadap variasi durasi perendaman.
- b. Untuk menganalisis sifat dan karakteristik campuran Hot Mix (HRS) dengan menggunakan campuran Aspal Panas dan pasir laut sebagai agregat halus.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai pengaruh penggunaan pasir laut sebagai agregat halus

terhadap rancangan campuran HRS-WC untuk meningkatkan karakteristik Marshall.

- b. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih pemikiran dan wawasan bagi perencana tentang manfaat campuran Aspal Panas dan pasir laut terhadap rancangan pada campuran HRS.

1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Pokok Bahasan pada penelitian ini adalah:

- a. Penggunaan campuran Aspal Panas terhadap variasi durasi perendaman
- b. Sifat dan karakteristik campuran Hot mix (HRS) dengan menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat, dan pasir laut sebagai agregat halus

1.4.2 Batasan Masalah

Untuk membatasi masalah agar penelitian ini dapat terarah sesuai dengan tujuan yang diharapkan maka ruang lingkup atau batasan meliputi:

- a. Penelitian ini tidak membahas analisa kimia pasir laut.
- b. Menggunakan pasir laut sebagai agregat halus terhadap rancangan campuran (Hot Rolled Sheet) HRS

- c. Aspal yang digunakan adalah Aspal Minyak
- d. Dilakukan perendaman dengan variasi 3, 7, dan 14 hari.
- e. Pengujian dilakukan dengan Metode Alat Marshall Test
- f. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada (Standar Nasional Indonesia) SNI
- g. Bahan tambahan yang digunakan adalah Pasir Laut yang diambil dari Pantai Kuri Kab. Maros.
- h. Penelitian ini hanya dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1.5.1 Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan

1.5.2 Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini membahas teori-teori serta rumus-rumus yang digunakan untuk menjangka penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

1.5.3 Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian untuk data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data

1.5.4 Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pembahasan data yang diperoleh dari teori yang ada.

1.5.5 Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai dari Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan

Lapisan perkerasan jalan harus mampu menahan beban lalu lintas yang berulang-ulang. Apabila di hadapkan pada kondisi seperti ini, maka material-material bitumen cenderung akan mengalami retak (*cracks*) akibat kelelahan (*fatigue*). Tipe degradasi seperti ini bisa terjadi diakibatkan oleh peningkatan repetisi beban lalu lintas dan penurunan kapasitas dari material dalam menyebarkan beban. Karakteristik umur lelah (*fatigue life characteristics*) dari campuran beraspal biasanya dikenal dengan nama Hukum Kelelahan (*Fatigue Laws*), yang merupakan representasi antara regangan (atau tegangan) dan jumlah beban gandar standar yang menyebabkan kegagalan (*failure*). Hukum kelelahan ini didapatkan dari tes kelelahan di laboratorium, dimana ditujukan untuk memprediksi performa kelelahan dari suatu sampel campuran beraspal dengan beberapa kriteria yang sengaja ditambahkan agar mampu mewakili kondisi perkerasan eksisting (*Silvino Capitaó dan Luis Picado Santos, 2005*).

Deformasi permanen dari bahan campuran beraspal adalah penyebab utama dari kerusakan. Namun demikian metode yang sederhana dan efektif untuk mengevaluasi kinerja terhadap deformasi permanen belum tersedia secara praktis. Di negara Protugal, suhu udara musim panas yang tinggi dan peningkatan beban lalu lintas menjadi perhatian yang utama. Diprediksikan bahwa kerusakan perkerasan jalan akibat deformasi

permanen pada campuran beraspal akan meningkat. Sehingga sangat penting untuk mengevaluasi deformasi permanen dengan cara yang sederhana namun akurat (*Dinis Gardete, Luis Picado Santos, Jorge Pais, 2005*).

Menurut *Shell Bitumen Handbook (1990)*, menyatakan agar bahan untuk modifikasi aspal efektif dan dapat digunakan secara praktis dan ekonomis, maka haruslah:

- a. Tersedia dengan mudah
- b. Mencegah degradasi pada suhu pencampuran aspal
- c. Dapat dicampur dengan aspal
- d. Meningkatkan ketahanan kelelahan (*flow*) pada temperature yang tinggi di jalan tanpa membuat aspal menjadi terlalu kental pada suhu pencampuran dan penggelaran atau terlalu kaku atau terlalu getas pada temperatur jalan rendah
- e. Biayanya harus efektif

Campuran bahan tambah dan aspal harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Mampu mempertahankan sifat-sifat utamanya selama penyimpanan, pelaksanaan konstruksi dan selama masa pelayanan (selama masa pengoperasian)
- b. Harus dapat diproses dengan peralatan konvensional

- c. Secara fisik dan kimia harus stabil selama penyimpanan, pelaksanaan, dan pelayanan
- d. Mempunyai viskositas yang sesuai untuk pelapisan dan penyemprotan pada suhu penggunaan secara normal.

Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering disebut sebagai aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa, dan garam. Ini berarti jika dibuatkan lapisan dengan mempergunakan aspal sebagai pengikat dengan mutu yang baik dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia yang lain (*Sukirman, 1995*).

Salah satu metode perencanaan untuk tebal perkerasan jalan yang sering digunakan adalah metoda AASHTO'93. Metode ini sudah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metode AASHTO'93 ini pada dasarnya adalah metode perencanaan yang didasarkan pada metode empiris. Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan menggunakan metode AASHTO'93 ini antara lain adalah: Structural Number (SN), lalu lintas, reliability, faktor lingkungan, dan serviceability (*Siegfried, 2007*).

2.1.1 Sistem jaringan jalan

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki. Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada rencana tata ruang wilayah dan dengan memperhatikan keterhubungan antar kawasan dan/atau dalam kawasan perkotaan, dan kawasan perdesaan.

a. Jalan primer

Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan sebagai berikut:

1. Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan, dan
2. Menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.

b. Jalan sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat didalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi

primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

2.1.2 Status jalan

Jalan umum menurut *Silvia Sukirman (2003)*, statusnya di kelompokkan kedalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa.

- a. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
- b. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
- c. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan

antara persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.

- e. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.1.3 Kelas jalan

Pengaturan kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan atas bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil. Menurut berat kendaraan yang lewat, jalan raya terdiri atas:

- a. Jalan Kelas I
- b. Jalan Kelas II
- c. Jalan Kelas IIA
- d. Jalan Kelas IIB
- e. Jalan Kelas IIC
- f. Jalan Kelas III

Tebal perkerasan jalan itu ditentukan sesuai dengan kelas jalan.

Makin berat kendaraan-kendaraan yang melalui suatu jalan, makin berat pula syarat-syarat yang ditentukan untuk pembuatan jalan itu.

- a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan-jalan raya

yang berjalur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu: IIA, IIB dan IIC.

c. Kelas IIA

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (hot mix) atau yang setaraf, di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tetapi, tanpa kendaraan tanpa kendaraan yang tak bermotor. Untuk lalu lintas lambat, harus disediakan jalur tersendiri.

d. Kelas IIB

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tetapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

e. Kelas IIC

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dari kendaraan tak bermotor.

f. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

2.1.4 Fungsi jalan

Jalan umum menurut fungsinya dikelompokkan kedalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan.

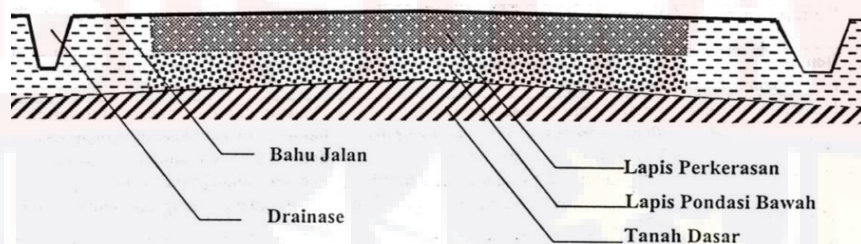
- a. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- b. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- d. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2 Struktur jalan

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

1. Lapisan permukaan (*surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja. Lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. Oleh karena itu terdapat perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh masing-masing lapisan.



Gambar 2.1 Struktur jalan

(Sumber : <http://google.gambar.perkerasan jalan.co.id>)

2.2.1 Lapis permukaan (*Surface course*)

Berupa lapisan aus dan lapisan antara dari campuran beraspal

- a. Lapis aus permukaan (*wearing course*) berfungsi:
 - 1) Menyelimuti perkerasan dari pengaruh air
 - 2) Menyediakan permukaan yang halus
 - 3) Menyediakan permukaan yang mempunyai karakteristik yang kesat, rata sehingga aman dan nyaman untuk dilalui pengguna.

4) Menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya

b. Lapis permukaan antara (*binder course*) berfungsi :

1) Mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapisan di bawahnya, harus mempunyai ketebalan dan kekakuan cukup.

2) Mempunyai kekuatan yang tinggi pada bagian perkerasan untuk menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas

2.2.2 Lapis pondasi atas (*Base course*)

Dapat berupa granular agregat serta berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi:

a) Mendukung beban pada lapis permukaan

b) Mengurangi tegangan/regangan dan meneruskan atau mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya

c) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah

2.2.3 Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

Dapat berupa granular agregat dan berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi:

a) Sebagai lantai kerja untuk pelaksanaan lapisan pondasi

b) Menyebarkan beban diatasnya

c) Sebagai lapisan perata

d) Mengalihkan infiltrasi air (*drainase*) dari lapisan pondasi

e) Sebagai lapisan separator yang mencegah butiran halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi

- f) Efisiensi penggunaan material-Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.

2.2.4 Tanah dasar (*Subgrade*)

Dapat berupa tanah asli, timbunan, galian atau hasil stabilisasi mempunyai fungsi:

- a) Mempersiapkan lapisan di atasnya
- b) Mendukung beban perkerasan dan beban yang akan melalui perkerasan

2.3 Perkerasan jalan

Perkerasan jalan adalah segala jenis material konstruksi yang di hampar dan dipadatkan diatas tanah dasar. Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman.

Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (*Silvia Sukirman, 2003 dalam skripsi Serli Carlina 2013*).

Agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan, dimana hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni:

1. Daya dukung tanah dasar,
2. Beban lalu lintas,
3. Keadaan lingkungan,
4. Masa pelayanan atau umur rencana,
5. Karakteristik material pembentuk perkerasan jalan disekitar lokasi,
6. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan sesuai prosedur pengawasan yang ada, dan
7. Pemeliharaan jalan selama masa pelayanan perlu dilakukan secara periodik sehingga umur rencana dapat tercapai.

Maka konstruksi perkerasan jalan haruslah memenuhi syarat-syarat tertentu yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi menjadi 2 (dua) yaitu:

1. Syarat Berlalu Lintas

Dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas, maka konstruksi perkerasan lentur harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut, dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.

- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga kendaraan tidak mudah selip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena sinar matahari.

2. Syarat-Syarat Kekuatan/Struktural.

Dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, maka konstruksi perkerasan jalan lentur harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Berikut ini merupakan perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1.	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi Beban	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3.	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4.	Perubahan temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam kecil.	Modulus kekakuan tidak berubah timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber : Sukirman, S., (1992)

Tabel 2. 2 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
1.	Kebanyakan digunakan hanya pada jalan kelas tinggi, serta	Dapat digunakan untuk semua tingkat
2.	Job mix lebih mudah dikendalikan kualitasnya. Modulus Elastisitas antara lapis permukaan dan	Kendali kualitas untuk job mix lebih rumit. (-)
3.	Dapat lebih bertahan terhadap kondisi	Sulit bertahan terhadap kondisi drainase
4.	Umur rencana dapat mencapai 20 tahun.	Umur rencana relative pendek 5 – 10
5.	Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat. (-)	Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
6.	Indeks pelayanan tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika transverse joint dikerjakan dan dipelihara dengan baik. (+)	Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring dengan waktu dan frekuensi beban lalu lintasnya. (-)
7.	Pada umumnya biaya awal konstruksi tinggi. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis konstruksi	Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume
8.	Biaya pemeliharaan relatif tidak ada. (+)	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku. (-)
9.	Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang. (-)	Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan, dan lebih mudah
10.	Kekuatan konstruksi perkerasan kaku lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan) . (+)	Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar. (-)
11.	Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton tidak termasuk pondasi. (-)	Tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah dasar. (+)
12.	Bila dibebani praktis tdk melentur (kecil) .(-)	Bila dibebani melentur. Beban hilang, lenturan kembali. (+)

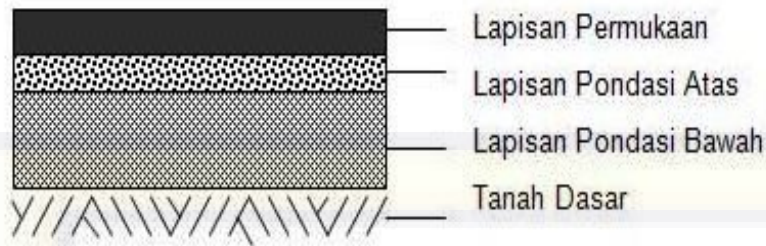
(Sumber, dikutip dari <http://bebas-unik.blogspot.co.id/2014/11/perkerasan-jalan.html>)

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas tiga macam, yaitu:

2.3.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Mengadopsi model makadam dengan bahan penutup (*surfacing*) dari campuran aspal agregat. Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas: bahan ikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas tiga lapis yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapis pondasi (*base*) dan lapisan penutup (*surface*). Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu-lintas. Dari atas sampai bawah maka tebal lapisan menjadi semakin besar, hal ini seiring dengan harga materialnya yang semakin kebawah semakin murah.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.



Gambar 2. 2 Lapisan perkerasan jalan lentur

(Sumber : <http://google.gambar.perkerasan.jalan.co.id>)

2.3.2 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Digunakannya pelat beton diatas lapisan agregat, diatas pelat beton tersebut dapat dilapisi aspal agregat atau aspal pasir yang tipis atau tidak. ada lapisan sama sekali. Bagian dari perkerasan kaku terdiri dari : tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapisan beton B-0 (*blinding concrete/beton lantai kerja*), lapisan pelat beton (*concrete slab*), dan lapisan aspal agregat/aspal pasir yang bisa ada bisa tidak.

(Didik Purwadi, 2008).

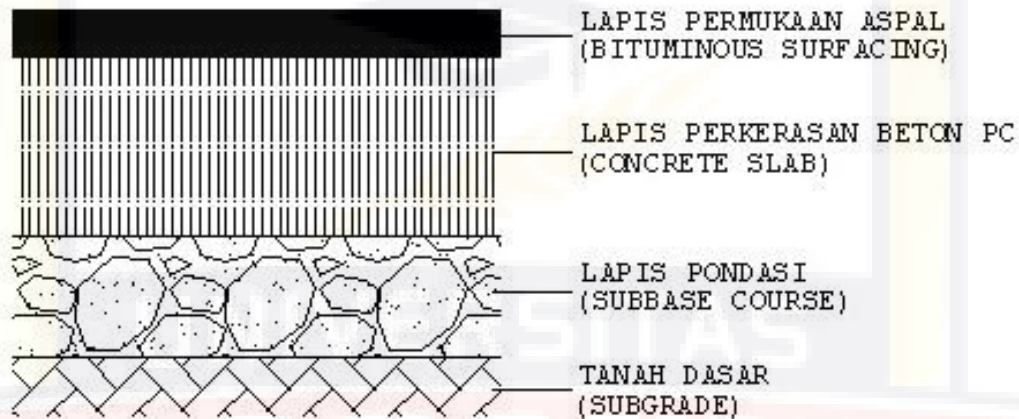


Gambar 2. 3 Lapisan Perkerasan Jalan Kaku

(Sumber : <http://google.gambar.perkerasan.jalan.co.id>)

2.3.3 Perkerasan komposit

Konstruksi perkerasan komposit (composite pavement), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan kaku atau sebaliknya.



Gambar 2. 4 Komponen Perkerasan Komposit

2.3.4 Fungsi perkerasan

Adapun fungsi dari lapis perkerasan yaitu :

1. Lapis permukaan adalah lapisan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan konstruksi jalan dan berfungsi sebagai:
 - a. Lapisan perkerasan yang ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).
 - b. Lapisan kedap air, mencegah masuknya air kedalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
 - c. Lapisan perkerasan menyediakan permukaan yang tetap rata agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan.
 - d. Lapisan aus (wearing course), lapisan yang langsung akibat rem

kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

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

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

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *SubbaseCourse*

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah:

- a. Penyebar beban roda,
- b. Lapis peresapan,
- c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi,
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan, dan

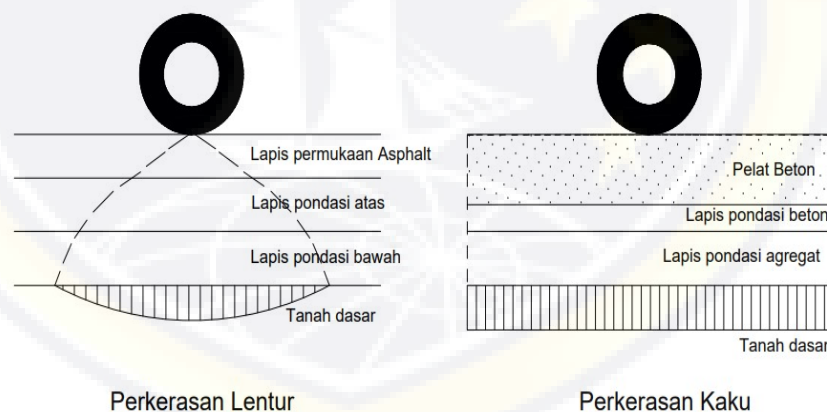
4. Lapisan Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*.

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.4 Pembebanan pada perkerasan

Kendaraan pada posisi berhenti di atas struktur yang diperkeras menimbulkan beban langsung pada arah vertikal (tegangan statis) yang terkonsentrasi pada bidang kontak yang kecil antara roda dan perkerasan. Ketika kendaraan bergerak, timbul tambahan tegangan dinamis pada arah horisontal akibat akselerasi pergerakan kendaraan serta pada arah vertikal akibat pergerakan kendaraan ke atas dan ke bawah karena perkerasan yang tidak rata. Intensitas tegangan statis dan dinamis terbesar terjadi di permukaan perkerasan dan terdistribusi dengan bentuk piramida dalam arah vertikal pada seluruh ketebalan struktur perkerasan.

Peningkatan distribusi tegangan tersebut mengakibatkan tegangan semakin kecil sampai permukaan lapis tanah dasar. Untuk memperjelas hal tersebut maka ditampilkan pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2. 5 Distribusi beban roda melalui lapisan perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada jalan

Mekanisme retak yang terjadi di lapangan terjadi karena adanya gaya tarik yang ditandai dengan adanya retak awal pada bagian bawah perkerasan yang mengalami deformasi kemudian retak ini lama kelamaan akan menjalar kepermukaan perkerasan jalan yang dapat mengakibatkan kerusakan dan ketidaknyamanan.

Banyak hal yang menyebabkan rusaknya perkerasan jalan, salah satunya adalah karena beban tarik. Beban tarik sering menyebabkan adanya retak, terutama diawali dengan adanya retak awal (crack initiation) pada bagian bawah lapisan perkerasan yang kemudian akan menjalar kepermukaan-permukaan. Untuk mengetahui karakteristik material perkerasan lentur di lapangan mulai dikembangkan dengan analisa di laboratorium agar tercapai mix desain yang tepat.

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi:

- a) Muatan kendaraan yang berupa gaya vertikal.
- b) Gaya rem atau gaya inersia percepatan pada kendaraan berupa gaya horizontal.
- c) Pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran.

Oleh karena itu sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja.

2.5 Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

Bahan lapis perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan ikat aspal yang diikat menjadi suatu campuran aspal yang *solid* dan biasanya digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya. Pada pekerjaan diperlukan bahan-bahan penyusun antara lain sebagai berikut:

2.5.1 Agregat

Agregat adalah sekumpulan batu-batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Dengan pemilihan agregat yang tepat dapat memenuhi syarat, akan sangat menentukan keberhasilan pembangunan jalan.

Menurut *Silvia Sukirman (2003)*, agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Sedangkan menurut *America Society for Testing and Materials (ASTM)* mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat adalah bahan yang berbutir yang mempunyai komposisi

mineral seperti pasir, kerikil, batu pecah, atau komposisi mineral-minerallainnya, baik berupa hasil alammaupun hasil pengolahannya yang merupakan bahan utamauntuk konstruksi jalan.

Salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca adalah sifat agregat. Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, sehingga diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik dari material. Dalam hal ini yang perlu untuk dilakukan pemeriksaan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas 2 (dua) fraksi, yaitu:

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai permukaan tekstur yang kasardan tidak bulat agar dapat dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik yang baik dengan material yang lain. Tingginya kandungan agregat kasar membuat lapis perkerasan lebih permeabel. Hal ini menyebabkan rongga udara

meningkat dan menurunnya daya lekat bitumen, maka terjadi pengelupasan aspal dari batuan.

Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratannya yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel berikut:

Tabel 2.3. Ketentuan Pengujian Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12%
	magnesium sulfat			Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles ⁽¹⁾	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	SNI 2417:2008	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)
			ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200			SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 Divisi 6.3

Catatan:

*= 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

**= 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.

b. Agregat Halus

Agregat halus pasir alam merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Fungsi utama agregat halus ialah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (interlocking) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah bentuk menyudut (angularity) dan kekerasan permukaan butiran (particle surface roughness).

Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 2.4 di bawah :

Tabel 2.4. ketentuan Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.60%
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	Maks.10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 Divisi 6.3

2.5.1.1 Klarifikasi Agregat Berdasarkan Kejadiannya

Menurut *Silvia Sukirman (1999)*, klasifikasi agregat berdasarkan asal kejadiannya dapat dibedakan atas batuanbeku (igneous rock), batuan sedimen, dan batuan metamorf (batuan malihan).

a. Batuan Beku

Batuan beku berasal dari magma yang mendingin dan memadat.

Pada dasarnya ada dua jenis batuan yakni:

1. Batuan beku dalam
2. Batuan beku luar

Batuan beku dalam terbentuk dari magma yang terjebak dalam patahan kulit bumi yang kemudian mendingin dan membeku membentuk suatu struktur kristal. Contoh dari batuan ini adalah Granit, diorit dan garbo. Sedangkan batuan beku luar terbentuk

dari magma yang keluar ke permukaan bumi selama aktivitas erupsi vulkanis dan aktivitas geologi lainnya.

b. Batuan Sedimen

Sedimen dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. Ada dua istilah yang dipakai pada batuan sedimen yaitu batuan silika dan karbonat. Batuan sedimen silika adalah batuan sedimen yang banyak mengandung silika. Sedangkan batuan sedimen banyak mengandung kalsium karbonat atau disebut batuan sedimentasi karbonat.

c. Batuan Metamorf

Batuan metamorf atau di kenal juga dengan nama batuan malihan, berasal dari batuan sedimen atau batuan beku yang telah mengalami perubahan karena tekanan dan panas yang intensif di dalam bumi atau akibat reaksi kimia yang kuat. Karena kompleksnya proses pembentukan formasi batuan ini maka agak sulit untuk menentukan bentuk asli batuanannya.

2.5.2 Klafifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan proses pengolahannya agregat untuk campuran beraspal umumnya di klasifikasikan, seperti agregat alam (Natural aggregates), agregat hasil pemrosesan dan agregat buatan atau agregat artificial.

a. Agregat Alam

Agregat alam merupakan agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali, agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air, pergeseran es dan reaksi kimia. Aliran gletser dapat menghasilkan agregat dalam bentuk bongkahan bulat dan batu kerikil, sedangkan aliran air menghasilkan batuan yang bulat licin. Dua jenis utama dari agregat alam yang digunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil.

b. Agregat yang diproses

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah di pecah atau disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan dengan tiga alasan yakni, untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin kekasar. Untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk mengurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel. Penyaringan yang dilakukan pada agregat yang telah di pecahkan akan menghasilkan partikel agregat dengan rentang gradasi tertentu.

c. Agregat Buatan

Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat, salah satu contohnya adalah Slag, batuan ini adalah substansi nonmetalik yang didapat dari hasil sampingan

produksi yang timbul ke permukaan dari pencairan/peleburan biji besi selama proses peleburan. Beberapa jenis dari agregat ini merupakan hasil sampingan dari proses industri dan dari proses material yang sengaja diproses agar dapat digunakan sebagai agregat atau sebagai material pengisi (*Filler*).

2.5.3 Sifat-sifat Fisik Agregat

Dalam hubungannya dengan kinerja campuran beraspal diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik agregat. Untuk tujuan ini sifat pada agregat yang harus diperiksa antara lain: ukuran butir, kebersihan, kekerasan bentuk partikel, tekstur permukaan, penyerapan dan kelekatan terhadap aspal.

a. Ukuran Butir

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari berukuran besar sampai yang terkecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang di pakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

Mineral pengisi dan mineral abu dapat terjadi secara almah atau dapat juga di hasilkan dari proses pemecahan batuan atau proses buatan. Mineral ini penting artinya untuk mendapatkan campuran yang padat, berdaya tahan dan kedap air. Perubahan sifat dari campuran ini bisa terjadi hanya karena sedikit perubahan dalam jumlah atau sifat dari bahan pengisi atau mineral debu yang digunakan. Oleh karena itu jenis dan jumlah mineral pengisi atau

debu yang di gunakan dalam campuran haruslah dikontrol dengan seksama.

b. Kebersihan Agregat

Dalam spesifikasi biasanya memasukkan syarat kebersihan agregat dengan memberikan suatu batasan jenis dan jumlah material yang tidak diperlukan, seperti lumpur, tanaman dan lain sebagainya, yang melekat pada agregat, karena akan memberikan pengaruh yang jelek pada perkerasan seperti berkurangnya ikatan antara aspal dan agregat.

c. Kekerasan

Agregat yang nantinya digunakan sebagai lapis permukaan haruslah lebih keras (lebih tahan) dari agregat yang digunakan pada lapisan dibawahnya. Hal ini disebabkan karena permukaan pekerasan akan menerima dan menahan tekanan dan benturan dari beban lalu lintas paling besar.

d. Bentuk butir agregat

Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (rounded) dan bersudut (angular). Bentuk butir agregat dapat mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan pada saat penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan untuk kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya. Dalam campuran beraspal, penggunaan agregat yang bersudut saja atau bulat saja tidak akan menghasilkan campuran beraspal yang

baik. Kombinasi penggunaan kedua bentuk partikel ini sangat dibutuhkan untuk menjamin kekuatan pada struktur perkerasan dan workabilitas yang baik dari campuran tersebut.

e. Tekstur permukaan agregat

Permukaan agregat yang kasar akan memberikan kekuatan pada campuran beraspal karena kekasaran permukaan agregat dapat menahan agregat dari pergeseran atau perpindahan. Kekasaran permukaan agregat juga akan memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan sehingga meningkatkan keamanan kendaraan terhadap slip.

Agregat dengan permukaan yang kasar memiliki koefisien gesek yang tinggi yang membuat agregat tersebut sulit untuk berpindah tempat sehingga akan menurunkan workabilitasnya. Oleh sebab itu, penggunaan agregat bertekstur halus dengan proporsi tertentu kadang-kadang dibutuhkan untuk membantu meningkatkan workabilitasnya. Di lain pihak film aspal lebih mudah merekat pada permukaan yang kasar sehingga akan menghasilkan ikatan yang baik antara aspal dan agregat.

f. Daya serap agregat

Keporusan agregat menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap agregat. Kemampuan agregat untuk menyerap air dan aspal adalah suatu informasi yang penting yang harus diketahui dalam pembuatan campuran beraspal. Jika daya serap agregat sangat

tinggi, agregat ini akan terus menyerap aspal, baik pada saat maupun setelah proses pencampuran agregat dengan aspal di unit pencampur aspal (AMP). Hal ini akan menyebabkan aspal yang berada pada permukaan agregat yang berguna untuk mengikat partikel agregat menjadi lebih sedikit sehingga akan menghasilkan film aspal yang tipis. Oleh karena itu, agar campuran yang dihasilkan tetap baik agregat yang porus memerlukan aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kurang porus.

Agregat dengan keporusan atau daya serap yang tinggi biasanya tidak digunakan, tetapi untuk tujuan tertentu pemakaian agregat ini masih dapat dibenarkan, asalkan sifat lainnya dapat terpenuhi. Contoh material seperti, batu apung yang memiliki keporusan tinggi yang digunakan karena ringan dan tahan terhadap abrasi.

g. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap dan menahan film aspal. Agregat hidrophobik (tidak menyukai air) adalah agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi, contoh dari agregat ini adalah batu gamping dan dolomit. Sebaliknya, agregat hidrophilik (suka air) adalah agregat yang memiliki kelekatan terhadap aspal yang rendah. Sehingga agregat jenis ini cenderung terpisah dari film aspal bila terkena air. Kuarsit dan beberapa jenis granit adalah contoh agregat hidrophilik.

Ada beberapa metode uji untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal dan kecenderungannya untuk mengelupas (stripping). Salah satu diantaranya dengan merendam agregat yang telah terselimuti aspal kedalam air, lalu diamati secara visual. Tes lainnya adalah dengan melakukan perendaman mekanik. Tes ini menggunakan 2 contoh campuran, satu direndam dalam air dan diberikan energi mekanik dengan cara pengadukan, dan satunya lagi tidak. Kemudian kedua contoh ini diuji kekuatannya. Perbedaan kekuatan antara keduanya dapat dipakai sebagai indikator untuk dapat mengetahui kepekaan agregat terhadap pengelupasan.

2.5.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) campuran, namun demikian jumlah filler harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen sebagai agregat halus. Bahan pengisi gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis. Fungsi filler dalam campuran adalah:

1. Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
2. *Filler* dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar.

3. Mengisi ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

Filler berperan dalam campuran aspal dengan 2 macam cara: yaitu pertama *filler* sebagai modifikasi dari gradasi pasir yang menimbulkan kepadatan campuran dengan lebih banyak titik kontak antara butiran partikel, hal ini akan mengurangi jumlah aspal yang akan mengisi rongga-rongga yang tersisa didalam campuran. Sedangkan peran kedua adalah suatu cara yang baik untuk mempengaruhi kinerja *filler* dengan mempertimbangkan proporsi yang menguntungkan dari komposisi agregat halus, *filler* dan aspal didalam mortar, selanjutnya sifat-sifat mortar ini tergantung pada sifat asli dari pasir, jumlah takaran dalam campuran aspal serta bahan pengikat yang digunakan.

Menurut *Sukirman (2003)*, bahan pengisi (*filler*) juga harus memenuhi persyaratan- persyaratan sebagai berikut:

- a. Gradasi agregat AASHTO T27 – 82
- b. Berat jenis curah (Bulk) AASHTO T84 – 88 minimum 2,5
- c. Penyerapan air maksimum 3%.

2.5.5 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat visko-elastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat pemanasan dan sebaliknya. Sifat visko-elastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada

dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous. Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras.

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti Asphaltene, Resins dan Oils. Aspal mempunyai sifat visco-elastis dan tergantung dari waktu pembebanan. (*The Blue Book–Building & Construction, 2009*) Aspal berasal dari alam atau dari pengolahan minyak bumi. Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat visko-elastis.

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut.

2.5.6 Sifat fisik aspal

Sifat fisik aspal sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah durabilitas, adhesi dan kohesi, kepekaan terhadap suhu, pengerasan dan penuaan.

a) Daya Tahan (Durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal dihampar di lapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal di lapangan.

Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal menjadi daktilitas rendah atau dengan kata lain aspal telah mengalami penuaan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan ini disebut durabilitas aspal, aspal dengan durabilitas yang baik akan menghasilkan campuran dengan kinerja baik pula.

b) Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan. Sifat adhesi dan kohesi sangat penting diketahui dalam pembuatan campuran beraspal karena sifat sangat mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran.

c) Kepekaan Aspal Terhadap Suhu

Aspal adalah material yang bersifat termoplastik, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika suhu rendah dan akan lunak atau lebih cair jika suhu tinggi, hal ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan suhu. Kepekaan terhadap suhu dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda, tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut memiliki jenis yang sama.

2.5.6.1 Sifat kimiawi aspal

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, dan logam lain, sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Mutu kimiawi aspal ditentukan dari komponen pembentuk aspal. Saat ini telah banyak metode yang digunakan untuk meneliti komponen-komponen pembentuk aspal. Komponen fraksional pembentuk aspal dikelompokkan berdasarkan karakteristik reaksi yang sama.

Metode Rostler menentukan komponen fraksional aspal melalui daya larut aspal didalam aspal belerang (sulfuric acid) terdapat 2 (dua) komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya didalam asam sulfuric acid, yaitu:

a) Asphalten

Asphalten adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam n-penten. Asphalten berwarna coklat sampai hitam yang terdiri dari senyawa karbon dan hydrogen dengan perbandingan 1:1, dan kadang-kadang mengandung nitrogen, sulfur, dan oksigen. Molekul

asphalten ini memiliki ukuran antara 5–30 nano meter. Besar kecilnya kandungan asphalten dalam aspal sangat mempengaruhi sifat rheologi aspal tersebut.

b) Malten

Malten adalah unsur kimia lainnya yang terdapat di dalam aspal selain asphalten. Unsur malten ini terbagi lagi menjadi tiga unsur yaitu:

a) Resin

Terdiri dari hidrogen dan karbon, dan sedikit mengandung oksigen, sulfur dan nitrogen. Resin memiliki ukuran antara 1–5 nano meter, berwarna coklat, berbentuk semi padat sampai padat, bersifat sangat polar dan memberikan sifat adesif pada aspal.

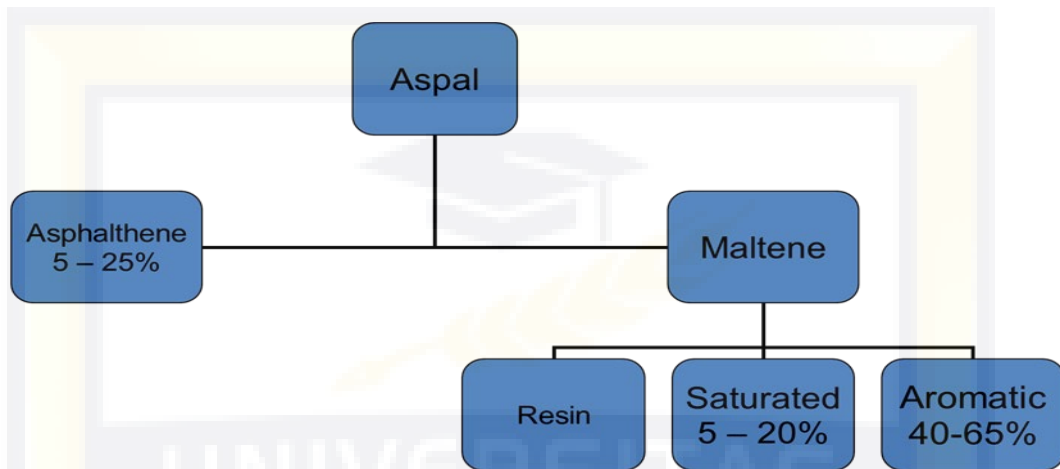
b) Aromatik

Aromatik adalah unsur pelarut asphalten yang paling dominan didalam aspal. Aromatik berbentuk cairan kental yang berwarna coklat tua dan kandungannya dalam aspal berkisar 40%-60% terhadap berat aspal. Aromatik terdiri dari rantai karbon bersifat non-polar yang didominasi oleh unsur tak jenuh (unsaturated) dan memiliki daya larut yang tinggi terhadap molekul hidrokarbon.

c) Saturated

Saturated adalah bagian dari molekul malten yang berupa minyak kental yang berwarna putih atau kekuning-kuningan dan bersifat non-polar. Saturated terdiri dari paraffin dan non-paraffin,

kandungannya dalam aspal berkisar antara 5%-20% terhadap berat aspal.



6 Kandungan kimia dari aspal

2.5.6.2 Fungsi aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a) Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
- b) Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu. Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (prahampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat-

agregat yang lebih halus (*pascahampar*), seperti perkerasan penetrasi makadam atau pelaburan. Pada proses pascahampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu di atasnya ditaburi butiran agregat halus. Pada keadaan ini aspal akan meresap kedalam pori-pori antar butir agregat dibawahnya. Dengan adanya aspal dalam campuran diharapkan diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca.

Adhesi adalah kemampuan agregat untuk mengikat aspal sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Sedangkan,

Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

2.5.6.3 Jenis-jenis aspal

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas aspal buatan dan aspal alam:

a. Aspal buatan

Aspal buatan adalah buatan dalam negeri hanya dihasilkan dikilang Refinery Unit IV Cilacap (Jawa Tengah), aspal pertamina digunakan diberbagai proyek di Indonesia untuk pembuatan jalan dan landasan pesawat yang berfungsi sebagai perekat bahan pengisi dan bahan kedap air cocok untuk iklim tropis. Aspal yang masuk dalam kategori aspal buatan adalah aspal minyak dan tar, akan tetapi tar tidak umum digunakan pada perkerasan jalan

kerena lebih cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperatur, dan beracun.

b. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang secara alamiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya aspal alam ini dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu:

1. Aspal Danau (Lake Asphalt)

Aspal ini secara alamiah terdapat di danau trinidad Venezuela dan Lawele. Aspal ini terdiri dari bitumen, mineral, dan bahan organik lainnya. Angka penetrasi dari aspal ini sangat rendah dan titik lelehnya sangat tinggi. Karena aspal ini sangat keras, dalam pemakaian aspal ini dicampur dengan aspal keras dan mempunyai angka penetrasi yang tinggi.

2. Aspal Batu (Rock Asphalt)

Aspal batu Kentucky dan Buton adalah aspal yang secara terdeposit di pulau Buton, Indonesia dan didaerah Kentucky, USA. Aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir. Aspal yang terkandung dalam batuan ini berkisar antara 12 – 35 % dari masa batu tersebut dan memiliki tingkat penetrasi antara 0 – 40. Untuk pemakainanya, deposit ini harus ditimbang terlebih dahulu, lalu aspalnya diekstraksi dan dicampur dengan minyak pelunak atau aspal keras dengan angka penetrasi yang lebih tinggi agar didapat suatu campuran aspal yang memiliki angka penetrasi

sesuai dengan yang diinginkan. Pada saat ini aspal batu telah dikembangkan lebih lanjut, sehingga menghasilkan aspal batu dalam bentuk butiran partikel yang berukuran lebih kecil dari 1 mm dan dalam bentuk mastik.

Akibatnya tingkat keamanan dan kenyamanan berkendara berkurang karena kondisi bentuk dan hasil pemeliharaan rutin maupun peningkatan jalan tidak memenuhi spesifikasi yang isyaratkan. Oleh sebab itu dilakukan evaluasi dengan cara mengontrol ualitas perkerasan konstruksi pada spesifikasi yang ditetapkan pada pekerjaan jalan. Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 2.7 Dibawah.

Tabel 2. 5 Spesifikasi aspal keras pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, (0,1 mm)	SNI 2456-2011	60 – 70
2	Viskositas kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48
4	Indeks Penetrasi	-	≥ 1,0
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥ 232
7	Berat Jenis	SNI 2441-2011	≥ 1,0
8	Berat yang Hilang	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2.5

2.6 Aspal minyak

Aspal minyak dengan berbahan dasar aspal dapat dibedakan atas Aspal Keras/Panas (*Asphalt Cement, AC*) dan Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*)

Aspal keras/panas (*Asphalt Cement, AC*) yaitu, aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal semen pada temperatur ruang (25° - 30° C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasinya ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

2.6.1 Aspal Dingin/Cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan-bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian cut back asphalt berbentuk cair dalam temperatur ruang. Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan bahan pelarutnya aspal cair dapat di bedakan atas:

- a) RC (*Rapid Curing cat back*) Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium, RC merupakan cut back aspal yang paling mudah menguap.
- b) MC (*Medium Curingcut back*) Merupakan aspal yang di larutkan dengan bahan pencair minyak tanah.

- c) SC (slow Curing cat back) Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan yang kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan aspal yang paling lama menguap.

2.6.2 Campuran Aspal Panas

Campuran beraspal panas adalah campuran yang terdiri atas kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Dalam mencampur dan mengerjakannya, keduanya dipanaskan pada temperatur tertentu. Laston (AC) adalah campuran untuk perkerasan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal dengan proporsi tertentu. Lapisan ini harus bersifat kedap air, memiliki nilai struktural dan awet (*Depkimpraswil, 2004*).

Lapisan aspal beton dapat dibagi kedalam 3 macam campuran sesuai dengan fungsinya, yaitu (*Sukirman, 2003*):

1. Laston lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course, AC-WC*)
2. Laston lapis antara (*Asphalt Concrete-Binder Course, AC-BC*)
3. Laston lapis pondasi (*Asphalt Concrete-Base, AC-Base*)

Karakteristik aspal beton sebagai campuran aspal panas antara lain (*Sukirman, 2003*):

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapis perkerasan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk

(deformasi) seperti gelombang, alur, maupun *bleeding*. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah:

- 1) Gesekan internal, yang berasal dari kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau betuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
- 2) Kohesi, adalah gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya untuk memelihara tekanan kontak antar butir agregat. Daya kohesi ditentukan oleh kualitas unsur aspalnya seperti penetrasi aspal, perubahan viskositas, tingkat pembebanan, komposisi kimiawi aspal, efek dari waktu dan umur aspal.

3) Keawetan (Durabilitas)

Durabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan untuk mencegah perubahan-perubahan yang diakibatkan oleh beban lalu lintas, umur aspal, pengaruh air atau kelembaban, keausan agregat dan perubahan temperatur. Gradasi campuran dapat berpengaruh terhadap nilai durabilitas campuran aspal karena dapat mempengaruhi rongga dalam campuran. Durabilitas campuran aspal dipengaruhi oleh:

- 1) Tebal film atau selimut aspal yang cukup memadai untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca. Bila terlalu tipis, lapisan aspal mudah teroksidasi udara dan terkelupas, bila terlalu tebal bisa terjadi *bleeding*.
- 2) Banyaknya pori dalam campuran *Void in aggregate* dimana bila Porositas (VIM) nya kecil, lapisan menjadi cukup *impermeable* dan

tidak mudah ditembus oleh udara. Porositas yang kecil juga dapat mengurangi proses oksidasi yang menyebabkan aspal mengelupas

3) VMA yang besar, menyebabkan tebal film aspal lebih tebal.

4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan menerima beban akibat beban berulang tanpa terjadi perubahan bentuk seperti alur dan retak. Fenomena ini bersifat kompleks dan dipengaruhi oleh beberapa hal. Untuk mendapatkan ketahanan terhadap kelelahan dapat dilaksanakan upaya:

1) Bila porositas VIM dan VMA tinggi dengan kadar aspal yang lebih ditingkatkan.

2) Campuran dengan gradasi yang lebih halus biasanya memiliki ketahanan kelelahan yang lebih baik.

3) Kelenturan (Fleksibilitas)

Kelenturan pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti penurunan (deformasi) yang terjadi akibat beban lalu lintas yang berulang tanpa terjadi retak dan perubahan volume ataupun berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli.

Hal ini dapat dicapai dengan:

4) Menggunakan agregat bergradasi terbuka/ senjang, sehingga VMA menjadi lebih besar.

5) Menggunakan aspal dengan penetrasi lebih tinggi/lebih lunak

6) Menggunakan aspal yang lebih banyak sehingga VIM menjadi lebih kecil walaupun VMA sedikit besar dan memenuhi syarat *Marshall Quotient (MQ)* yang merupakan indikator sifat yang ditentukan dari perbandingan antara stabilitas/*flow* (kN/mm).

7) Kekesatan/Tahanan Geser (*skid resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan permukaan laston dalam menerima gesekan roda kendaraan sehingga kendaraan tidak mudah mengalami slip, terutama pada saat hujan. Perkerasan aspal umumnya memiliki tahanan geser yang baik. Hal ini diperoleh dengan menggunakan:

- a) Kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
- b) Agregat dengan permukaan kasar, dan berbentuk kubikal
- c) Kepadatan campuran.

8) Penggunaan agregat kasar dalam jumlah yang cukup. Untuk ini, pada campuran aspal bergradasi senjang biasanya ditentukan jumlah agregat kasar yang dipergunakan.

9) Kedap air (impermeabilitas)

Kedap air adalah kemampuan laston untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara. Air dan udara dapat mempercepat proses oksidasi aspal dan dapat menimbulkan efek pengelupasan film aspal dari permukaan agregat. Oleh sebab itu, kedap air lapisan aspal sangat diperlukan untuk mencegah masuknya air kedalam perkerasan.

10) Mudah dilaksanakan (*workability*)

Kemudahan pelaksanaan dimaksudkan untuk kemudahan dalam pencampuran, penghamparan dan pemadatan campuran aspal. Hal ini dapat dipengaruhi oleh:

- a) Viskositas aspal.
- b) Gradasi agregat dan kandungan bahan pengisi (*filler*). Bila kadar *filler* terlalu tinggi bisa mengurangi *workability*.

2.7 Aspal Beton (*Laston*)

Lapis aspal beton (*Laston*) adalah suatu lapis pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (*Silvia Sukirman, 1999*). Menurut Bina Marga Departement Pekerjaan Umum, *laston* terdiri atas agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan pada suhu tertentu. Yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata dari ukuran yang terbesar sampai ukuran yang terkecil.

Lapisan aspal beton biasanya digunakan untuk lapis permukaan, lapis perata, dan lapis pengikat. Dalam penggunaan ketinganya mempunyai perbedaan dalam persyaratan campurannya. Agregat yang digunakan umumnya menggunakan gradasi rapat, dan memiliki rongga udara antar agregat kecil dan memerlukan sedikit aspal. Kerusakan yang sering terjadi pada beton aspal biasanya dimulai dengan adanya retak-retak

pada perkerasan. Hal ini karna beton aspal memiliki rongga antar agregat yang kecil, sehingga volume aspal yang menyelimuti butiran agregat juga sedikit. Akibatnya aspal dengan mudah teroksidasi, lapisan kurang kedap air yang mengakibatkan aspal dengan mudah terkelupas dari agregat yang menyebabkan terjadinya pelepasan butir.



Gambar 2.7 Jenis Aspal (Hotmix) Beton.

2.7.1 Karakteristik Campuran Aspal Beton

Pada dasarnya lapisan perkerasan aspal beton sangat dipengaruhi oleh material pembentuknya. Hal ini akan menentukan karakteristik dari lapisan perkerasan tersebut. Adapun karakteristik dari lapisan aspal beton adalah:

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti bergelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi, sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu

tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan interna dan kohesi.

2. Keawetan atau Durabilitas

Durabilitas adalah kemampuan aspal beton menerima repitisi beban lalu lintas seperti beban lalu lintas sebagai berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal beton dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

3. Kelenturan atau Fleksibelitas

Kelenturan adalah kemampuan aspal beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi akibat dari repitisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibel dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan adalah kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repitisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur

dan retak. Hal ini dapat terjadi jika mempergunakan aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan permukaan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan.

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran.

7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

Workability adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah

viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat.

2.7.2 Jenis-jenis Aspal Beton

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentukan aspal beton, dan fungsi aspal beton. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, aspal beton dapat dibedakan atas:

1. Aspal beton campuran panas (*Hot Mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Aspal beton campuran sedang (*Warm Mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Aspal beton campuran dingin (*Cold mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu sekitar 25°C.

Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton untuk lapisan aus (*Wearing Course*), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan.
2. Aspal beton untuk lapisan pondasi (*Binder Course*), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk

memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

3. Aspal beton untuk pembentukan dan perata lapisan lapisan aspal beton yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan sering kali tidak lagi berbentuk crown.

Jenis aspal beton campuran panas yang ada di Indonesia saat ini adalah:

1. Laston (*Lapisan aspal beton*), adalah aspal beton bergradasi menerus dan umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Aspal Concrete*).

Karakteristik aspal beton yang terpenting adalah stabilitas. Tebal nominal minimum laston 4-6 cm (spesifikasi 2002). 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 Base Course*). Tebal nominal-minimum AC-BC adalah 5 cm.

- c. Lapisan sebagai lapisan pondasi, dikenal sebagai nama AC-Base (*Asphalt Concrete Base*). Tebal nominal AC-Base adalah 6 cm

2. Lataston (*Lapisan tipis aspal beton*) adalah aspal beton bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik aspal beton 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 minimum HRS-WC adalah 3 cm.
- b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet Base*). Tebal minimum HRS - Base adalah 3,5 cm.
3. Latastir (*Lapisan Tipis Aspal Pasir*), adalah aspal beton untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Latastir biasa pula disebut sebagai SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*).
4. Lapisan perata adalah aspal beton yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran aspal beton dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran aspal beton tersebut ditambahkan Huruf L (*Leveling*). Jadi ada jenis campuran AC-WC (L), AC - BC (L), HRS–WC(L), dan seterusnya.

2.8 Campuran Aspal Panas

Aspal Beton (*Hotmix*) adalah campuran agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (Filler) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu tinggi (panas) dengan komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis.

Beton aspal adalah jenis jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material - material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut kelokasi, dihampar, dan dipadatkan. Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145^oC-155^oC, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai *Hotmix*.

Berdasarkan gradasinya campuran beraspal panas dapat dibedakan dalam tiga jenis campuran yaitu campuran beraspal bergradasi rapat, senjang dan terbuka. Tebal minimum penghamparan masing-masing campuran sangat tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Tebal padat campuran beraspal harus lebih dari dua kali ukuran butir agregat maksimum yang digunakan.

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal yang ditinjau adalah AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Salah satu produk campuran aspal panas yang kini banyak digunakan oleh Departemen Pekerjaan Umum adalah AC-WC (*AsphaltConcrete Wearing Course*) atau Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-

WC, AC-BC, dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak. Lapis aspal beton (laston) sebagai bahan pengikat, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan diantara lapis pondasi atas (*Base-Course*) dengan lapis aus (*Wearing-Course*) yang bergradasi agregat gabungan rapat / menerus, umumnya digunakan untuk jalan- jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat

Penggunaan AC-WC yaitu digunakan sebagai lapisan antara dalam perkerasan dan mencegah rembesan air dari atas masuk ke lapis pondasi. Pada campuran aspal panas AC-WC memiliki ukuran maksimum agregat sebesar 25,4 mm, tebal lapisan padat minimum 6,0 cm dengan toleransi tebal tiap lapisan campuran beraspal tidak lebih dari 4,0 mm. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

2.9 Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)

Beton aspal Hot Rolled Shet-Wearing Course (HRS-WC) adaah beton aspal dengan gradasi senjang, yang merupakan modifikasi dari teknologi HRA (Hot Rolled Asphalt, BS 594) dari inggris yang dikenalkan ke Indonesia pada tahun 1980. Gradasi pada Hot Rolled Shet-Wearing Course (HRS). Beberapa batu pecah sengaja dihilangkan agar

membentuk rongga batuan, sehingga jumlah aspal dapat ditingkatkan dari 5,5% menjadi sekitar 7% (Soehartono, 2013).

Menurut Hardiyatmo (2015), Lataston atau *Hot Rolled Sheets* (HRS) yang memiliki gradasi senjang merupakan campuran aspal dengan kadar aspal yang relative lebih tinggi daripada jenis laston. Tujuan dari penggunaan kadar aspal yang tinggi supaya perkerasan mempunyai fleksibilitas tinggi, awet dan tahan terhadap kelelahan. Pada ukuran agregat antara 2,36 mm dan ukuran 0,6 mm, mengakibatkan campuran aspal yang dihasilkan cenderung menjadi jenis aspal bergradasi relatif halus, serta kadar aspal yang berlebihan. Campuran ini mudah mengalami deformasi plastis yang berupa alur (*rutting*) pada permukaan perkerasan akibat beban lalu lintas berat, akan tetapi campuran ini lebih tahan terhadap retak.

Berdasarkan ketentuan yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum (2018) tentang Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak, menyatakan bahwa Lataston terdiri atas dua jenis yaitu Lataston Pondasi (untuk lapis perata) dan Lataston Aus (untuk lapis permukaan) yang masing-masing mempunyai ukuran butir agregat maksimum yang sama yaitu 19 mm. Lataston Pondasi mengandung lebih banyak agregat kasar. Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston) dapat diperhitungkan mempunyai nilai struktural bila kadar agregat kasar lebih dari 30% dan mempunyai tebal nominal minimum 30

mm. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi senjang dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Hot Rolled Sheet (HRS) merupakan jenis perkerasan konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. *Hot Rolled Sheet* (HRS) adalah salah satu campuran aspal dengan agregat seperti halnya campuran aspal beton pada umumnya, namun mempunyai kelebihan khusus yaitu sifat elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal lainnya. Dalam campuran aspal beton (AC), kekuatan atau stabilitasnya tergantung pada saling kunci antara susunan agregat (*interlocking*), namun pada campuran HRS, stabilitasnya tergantung pada kekuatan campuran mortar yang ada, yaitu merupakan campuran antara agregat sedang/halus, filler dan aspal. HRS merupakan suatu campuran yang lebih banyak mengandung material halus, dimana akan diperlukan suatu kadar aspal yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal lain (Huriyanto, 2008).

Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, Departemen Pekerjaan Umum (2018) memberikan Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, bahwa campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan yang diberikan dalam spesifikasi. Dua kunci utamanya adalah:

Gradasi yang benar-benar senjang.

- a) Agar diperoleh gradasi yang benar-benar senjang, maka selalu dilakukan pencampuran pasir halus dengan agregat pecah mesin.
- b) Sisa rongga udara pada kepadatan membal (*refusal density*) harus memenuhi ketentuan yang ditunjukkan dalam spesifikasi. Adapun Departemen Pekerjaan Umum (2018), memberikan spesifikasi sifat-sifat campuran Hot Rolled Shet-Wearing Course (HRS-WC) dapat dilihat pada Tabel 2.12 sebagai berikut:

Tabel 2.6 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Lataston HRS-WC

Ukuran Ayakan (mm)		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat	
ASTM	(mm)	HRS-WC	HRS - BASE
3/4"	19	100	100
1/2"	12,5	90 – 100	90 - 100
3/8"	9,5	75 – 85	65 - 90
No.4	4,75	-	-
No.8	2,36	50 – 72	35 - 55
No.16	1,18	-	-
No.30	0,6	35 – 60	15 – 35
No.50	0,3	-	-
No.100	0,15	-	-
No.200	0,075	6 – 10	2 – 9

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga , 2018 Divisi 6.3

2.9.1 Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci,

3½ inci, 3 inci, 2½ inci, 2inci, 1½ inci, 1inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci persegi. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat halus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workability (mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran.

Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inci persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi dapat dibedakan atas:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebut di atas. Yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit sekali. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis saringan dengan menggunakan satu set saringan dimana saringan yang paling besar diletakkan paling atas dan yang paling halus diletakkan dibawah.



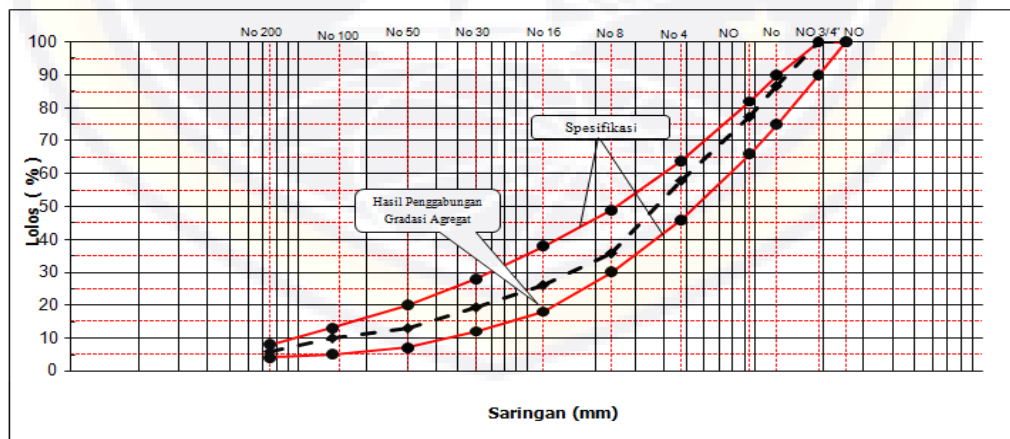
Gambar 2.8. Ilustrasi Gradasi Agregat (sumber: BALITBANG-PU, modul TOT 2007)

Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal dan persentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertikal. Gradasi yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 2. 13. Dibawah ini :

Tabel 2. 7 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Spesifikasi Bina Marga 2018

Ukuran Ayakan		%Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran	
		Lataston (HRS)	
ASTM	Mm	WC	Base
1 1/2"	37,5	-	-
1"	25	-	-
3/4"	19	100	100
1/2"	12,5	90-100	90-100
3/8"	9,5	75-85	65-90
No.4	4,75	-	-
No.8	2,36	50-72	35-55
No.16	1,18	-	-
No.30	0,6	35-60	15-35
No.50	0,3	-	-
No.100	0,15	-	-
No.200	0,075	6-10	2-9

Sumber : Spesifikasi umum 2018, divisi 6. Perkerasan Aspal hal. 39



Gambar 2. 9 Kurva Gradasi Agregat Bergradasi Halus Spesifikasi Bina Marga 2018

2.10 Pasir Laut

Pasir laut merupakan salah satu jenis material agregat yang memiliki ketersediaan dalam jumlah berlimpah. Berdasarkan pengertian geologi, yang dimaksud dengan pasir laut adalah segala material (sedimen) yang berukuran pasir yang karena proses transportasi akhirnya terendapkan dan terakumulasi dalam sedimen di dasar laut.



Gambar 2.10 Pasir Laut

2.11 Marshall Test

Karakteristik campuran aspal dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

2.11.1 Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar

butiran agregat (internal friction) dan penguncian antar agregat (interlocking), daya lekat (cohesion), dan kadar aspal dalam campuran.

Pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal diatas 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.

Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami rutting, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah etak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1) di bawah ini:

$$S = p \times q \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

Q = angka koreksi benda uji

q = angka koreksi benda uji

2.11.2 Kelelahan (*Flow*)

Flow adalah besarnya penurunan atau 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 diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas. VIM dan VFA, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya

Interlocking resistance 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. Akan tetapi 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, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan terhadap nilai *flow*.

Syarat nilai *flow* adalah minimal 3 mm. 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 (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

2.11.3 Kerapatan (density)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai density dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan additive dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu density juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara.

Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus (2) dan (3)

dibawah ini :

$$g = c / f \dots\dots\dots(2)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

2.11.4 VIM (Void In The Mix)

VIM (*Void In The Mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (revelling) dan pengelupasan permukaan (stripping) pada lapis perkerasan.

Syarat dari nilai VIM adalah 3,5% - 5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih

dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VIM akan semakin kecil apabila kadar kadar aspal semakin besar. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak

Nilai VIM dihitung dengan rumus (4) – (7) di bawah ini :

$$VIM = (100 - i - j) \dots\dots\dots (4)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (7)$$

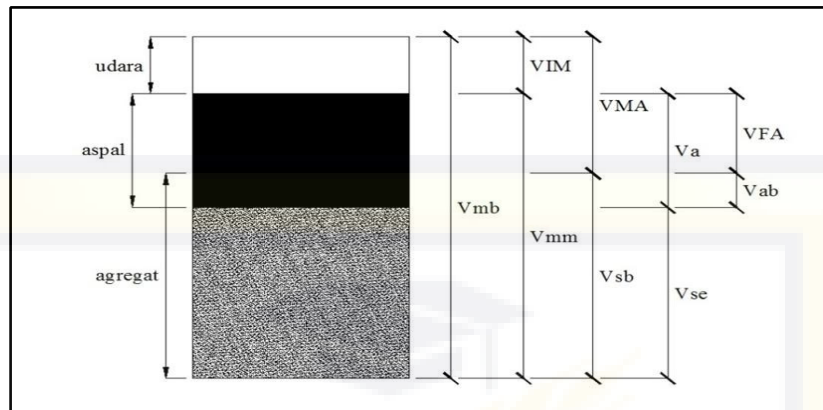
Keterangan:

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi



Gambar 2.11. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal

Sumber: Buku beton campuran aspal panas (Sukirman, S., 2016)

Dimana:

V_{mb} = volume bulk dari campuran beton aspal padat.

V_{sb} = volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume bagian massif + pori yang ada didalam masing-masing butir agregat).

V_{se} = volume agregat, adalah volume efektif dari agregat (volume bagian massif+pori yang tidak terisi aspal di dalam masing–masing butir agregat).

VMA = volume pori di antara butir agregat di dalam beton aspal padat.

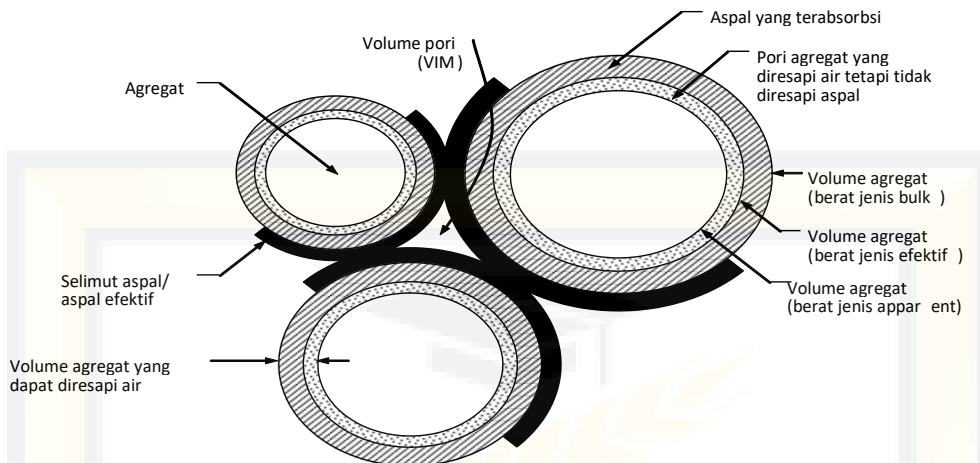
V_{mm} = volume tanpa pori dari beton aspal padat.

VIM = volume pori dalam beton aspal padat.

V_a = volume aspal dalam beton aspal padat.

VFA = volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

V_{ab} = volume aspal yang terabsorpsi ke dalam agregat dari beton aspal padat.



Gambar 2.12. Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal yang Terabsorbsi (Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas, hal. 82)

2.11.5 VFB (Void Filled With Bitument)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut:

$$VFA = 100 \times \left(\frac{VMA - VIM}{VMA} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

VFA : Rongga udara yang terisi aspal, presentase dari VMA, (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, presentase dari volume total (%)

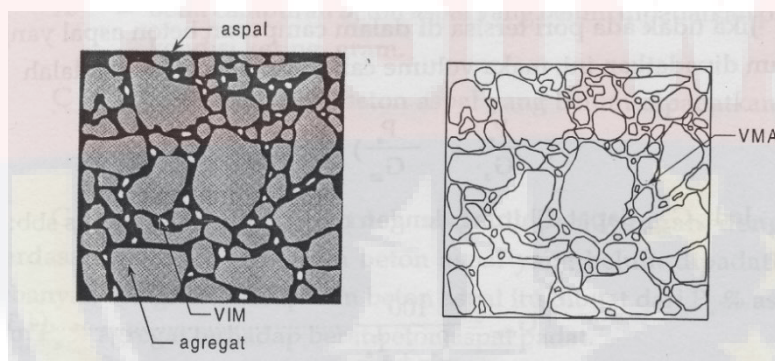
VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, presentase dari volume total, (%)

2.11.6 VMA (Void In Mineral Agregate)

Void In Mineral Agregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang

dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.



Gambar 2.13 Ilustrasi Pengertian VIM dan VMA
(Sumber : Sukirman, 2003)

2.11.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall*

Quotient yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding, sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak. Nilai dari *Marshall Quotient* (MQ) diperoleh dengan rumus (10) di bawah ini :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai *flow*

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

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai-nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

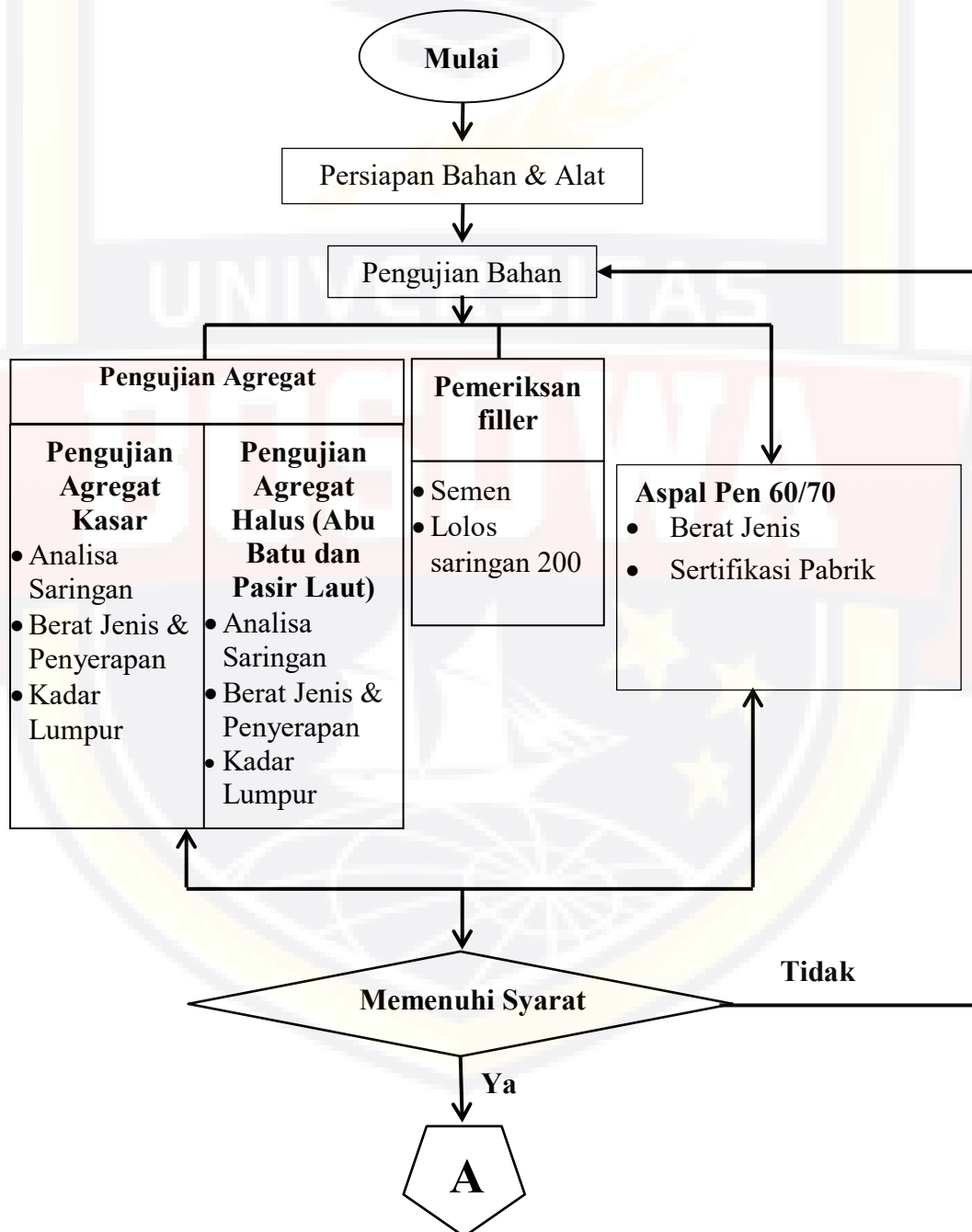
3.1 Metode Penelitian

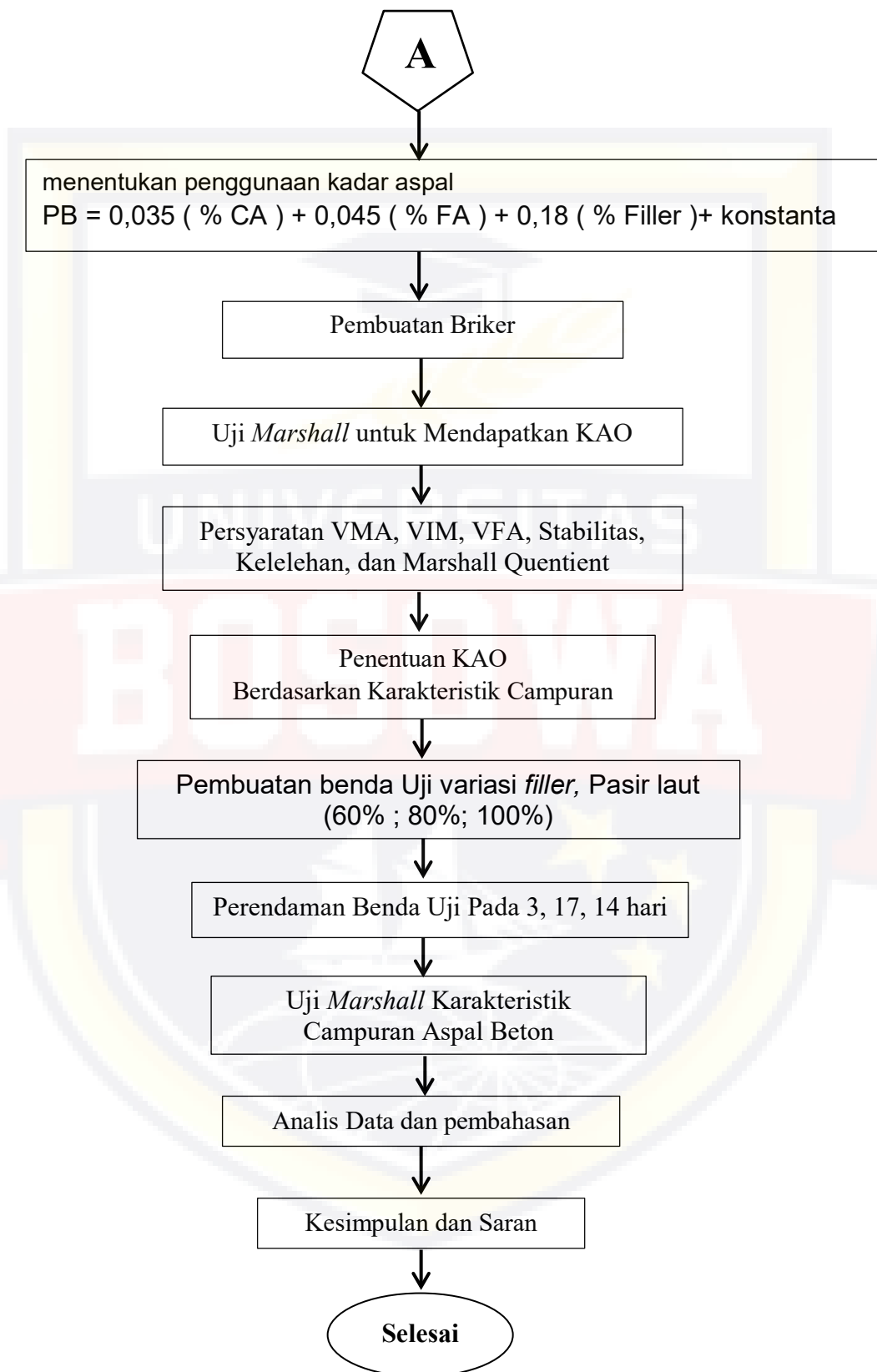
Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Bosowa Makassar, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas, aspal yang digunakan sebagai pengikat adalah aspal beton dengan penetrasi 60/70 serta pencampuran agregat, aspal dan serbuk menggunakan metode kering yaitu agregat dan serbuk dicampur terlebih dahulu sebelum dicampur dengan aspal. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal beton termasuk juga berat jenis. Serta menambahkan variasi pasir laut sebagai agregat halus terhadap bahan campur antara aspal dengan agregat. Sedangkan metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah Metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas (*density*), kepadatan (*flow*), (*Void in the Mineral Agregat/VMA*), Rongga di dalam

campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*), Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Asphalt/VFA*), Hasil bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)*.

3.2 Bagan Alir Penelitian





Gambar 3.1. Bagan alir penelitian

3.3 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Agregat

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan yaitu:

- a) Batu Pecah 1- 2
- b) Batu Pecah 0,5 – 1
- c) Abu Batu dan Pasir Laut



Gambar 3.2. Agregat kasar dan agregat halus

2. Bahan pengisi (*filler*)

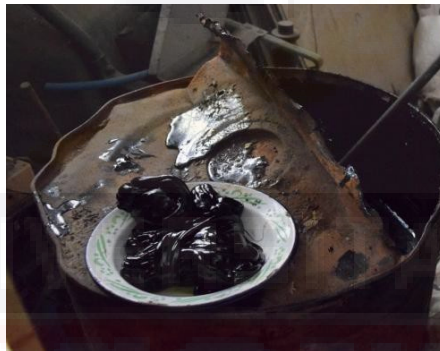
Bahan pengisi atau *filler* menggunakan Semen yang didapat dari hasil pengayakan.



Gambar 3.3 Bahan Pengisi (*filler*)

3. Aspal

Aspal digunakan sebagai bahan pengikat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal. Aspal juga sebagai bahan pengisi rongga antar butir agregat. Aspal yang digunakan yaitu aspal AC 60/70.



Gambar 3.4. Aspal AC 60/70

3.4 Peralatan Penelitian

3.4.1 Peralatan Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat meliputi pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air. Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain:

- a. Saringan Standar satu set yang terdiri dari ukuran 3/4", 1/2", 3/8", #8, #30, #200 dan pan. Ayakan yang digunakan mengikuti manual (Spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6.3).



Gambar 3.5. Satu Set Saringan

b. Timbangan

Digunakan untuk menimbang agregat, aspal dan serat yang akan diuji. Kapasitas timbangan 2 kg dengan ketelitian 0,01 gram dan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,01 gram (RSNI M-06-2004).



Gambar 3.7. Timbangan.

c. Oven atau alat pengering

Digunakan untuk menghilangkan kadar air dan untuk mengeringkan agregat. Oven ini dilengkapi pengatur temperatur yang mampu memanaskan campuran sampai $200\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (RSNI M-06-2004).



Gambar 3.8. Oven atau alat pengering.

d. Kain lap dan Kuas

Sebagai mengolesi minyak tanah pada cincin kuning dan membersihkan benda uji yang tumpah dan alat bantu untuk mengangkat benda uji.



Gambar 3.9. Kain lap dan Kuas

e. Bak perendam dan tabung *sand equivalent*

Digunakan untuk merendam agregat agar jenuh air dan sebagai tempat perendaman benda uji (SNI 06-2489-1991).



Gambar 3.10. Bak perendam.

3.4.2 Peralatan Pengujian Aspal

Pemeriksaan aspal meliputi pengujian:



Gambar 3.11. Alat Uji Titik Nyala dan Titik Bakar.

a) Uji Berat Jenis (Piknometer dan Timbangan)

Pengujian berat jenis aspal dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis dari suatu jenis aspal (SNI 06-2441-1991).



Gambar 3.12. Alat Uji Berat Jenis Aspal

3.4.3 Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat Aspal

Alat-alat yang digunakan untuk praktikum pengujian Marshall meliputi:

- a. Cetakan benda uji yang berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.



Gambar 3.13. Cetakan Benda Uji Marshall.

- b. Alat pengeluar benda uji.

Untuk benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat *Ejector*.



Gambar 3.14. *Ejector*.

- c. Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder,



Gambar 3.15 batang Penumbuk.

- d. Landasan pematat terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenisnya) berukuran kira-kira 20 x 20 x 45 cm (8" x 8" x 18") yang dilapisi dengan pelat baja dengan ukuran 30 x 30 x 2,5 cm (12" x 12" x 1") dan diikat pada lantai beton dengan 4 bagian siku.



Gambar 3.16. Landasan Pematat.

- e. Mesin tekan lengkap dengan:
- 1) Kepala penekan berbentuk lengkung (*breaking head*).
 - 2) Cincin penguji (*proving ring*) yang berkapasitas 2500 kg (5000 *pound*) dengan ketelitian 12,5 kg (25 *pound*) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,00025 cm (0,0001").
 - 3) Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.



Gambar 3.17. Alat Uji Marshall.

- f. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi maksimal sampai suhu 200°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$).
- g. Digunakan untuk memanaskan benda uji sebelum proses pengujian tekan *marshall*. Dilakukan perendaman benda uji dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ dengan waktu 30-40 menit dengan kapasitas *waterbath* 2-30 liter air.



Gambar 3.18. Bak perendam (waterbath)

3.4.4 Perlengkapan lain

1. Panci-panci untuk memanaskan agregat, aspal dan pencampur aspal.

2. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 atau 1% dari kapasitas sesuai dengan standar SNI 19-6421-2000.
3. Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram.
4. Kemplor gas.
5. sarung tangan dari karet.
6. Masker pelindung pernafasan.
7. Kantong plastik kapasitas 2 kg.
8. Tipe X/spidol.
9. Kaliper.

3.5 Pengujian Bahan

3.5.1. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang lolos saringan 3/4" dan tertahan di atas saringan 2,36 mm atau saringan no.8. Agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal. Sedangkan menurut SNI (1990, 1991) dan Sukirman (2003) ketentuan pengujian bahan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini:

Tabel 3.1. Ketentuan Agregat kasar

Pengujian	Standar Pengujian
A. Agregat Kasar	
Berat Jenis	SNI 1969:2016
SSD	SNI 1969:2016
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016
Penyerapan	SNI 1969:2016
<i>Los Angles</i> /Abrasi	SNI 03-2417-2008

Sumber: SNI (1990, 1991) dan Sukirman (2003)

3.5.2. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu yang lolos saringan no. 8 dan tertahan di atas saringan no. 200. Agregat halus hasil pemecahan dan pasir alam harus ditimbun dalam cadangan terpisah dari agregat kasar di atas serta dilindungi terhadap hujan dan pengaruh air. Material tersebut harus merupakan bahan bersih, keras bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Menurut Sukirman (2003) ketentuan tentang agregat halus terdapat pada Tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel 3.2. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar Pengujian
B. Agregat Halus	
Berat Jenis	SNI 1970:2016
SSD	SNI 1970:2016
Berat Jenis Semu	SNI 1970:2016
Penyerapan <i>Hot Bin</i>	SNI 1970:2016

Sumber: SNI (1990, 1991) dan Sukirman (2003)

3.5.3. Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi atau *filler* harus lolos saringan no. 200. Sebaiknya *filler* juga harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan- gumpalan. Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini

adalah pengayakan pasir laut yang lolos saringan no.200. Menurut SNI (1994) dan Sukirman (2003) ketentuan tentang *filler* dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 3.3. Ketentuan Agregat *Filler*

no	karakteristik Filler	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1	Material yang lolos saringan No.200	SNI M-06-6723-2002	%	70	-
3	Berat jenis	AASHTO T-85 – 81		-	-

Sumber: SNI (1994) dan Sukirman (2003)

3.5.4. Pengujian aspal

Metode penelitian/pengujian aspal sesuai spesifikasi yang mengacu pada SNI (1991) dan Sukirman (2003) dengan ketentuan pada Tabel 8 dibawah ini:

Tabel 3.4. Ketentuan Aspal

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 2456:2011	60-70
3	Viskositas 135° C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D 2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	>232
8	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-

Sumber: SNI (1991) dan Sukirman (2003)

3.6 Penentuan Jumlah Dan Pembuatan benda uji

Setelah bahan yang akan digunakan telah lulus uji, tahap selanjutnya adalah penentuan jumlah benda uji dan rancangan agregat gabungan serta pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum.

3.6.1 Penentuan Jumlah Benda Uji

Banyaknya benda uji yang dibuat untuk kebutuhan penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Perhitungan benda Uji

Uraian kegiatan pengujian				Jumlah		
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum						
Variasi Kadar Aspal (%)		Jumlah Benda Uji		Jumlah		
<i>HRS-WC</i>		<i>HRS-WC</i>				
6	3	3		3		
6.5	3	3		3		
7	3	3		3		
7.5	3	3		3		
8	3	3		3		
Sub Total Benda Uji				15		
2. Pengujian stabilitas sisa (60 ⁰)				Jumlah		
Kadar Aspal Optimum (%)	Waktu (Menit/jam)	<i>HRS-WC</i>				
KAO	30 Menit	3		3		
KAO	24 Jam	3		3		
Sub Total Benda Uji				6		
3. Variasi Penambahan filler						
Kadar Aspal (%)	Kadar Pasir Laut (%)	Siklus (hari)			<i>HRS-WC PASIR LAUT</i>	Jumlah
Optimum	60	3	7	14	9	9
Optimum	80	3	7	14	9	9
Optimum	100	3	7	14	9	9
Sub Total Benda Uji						27
					Total	48

3.6.2 Pembuatan Benda Uji untuk menentukan kadar aspal optimum

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Wajan
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 presentase agregat yang didapat.
2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb)
3. Rumus umum untuk menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) pada campuran adalah :

$$Pb = . PB = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + k$$

Dimana :

Pb = Perkiraan kadar aspla optimum

CA = Agregat kasar

FA = Agregat halus

k = Nilai konstanta 1-2 (HRS-WC)

4. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
5. Panaskan agregat dengan cara disangrai sampai suhu 165°C
6. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 50 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan

3.7 Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall untuk menentukan (KAO)

Bertujuan untuk menentukan *Stabilitas, Flow, Air Void, Void Filled* dan *Marshall Quotient* campuran aspal beton.

Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian rendam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

Sebelum diadakan pengetesan dengan alat marshall benda uji terlebih dahulu direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah 30 menit dikeluarkan benda uji lalu kemudian tes dengan alat

marshall.

Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow sebagai dasar untuk menentukan sifat-sifat campuran. Rancangan campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu AC-WC.

Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter Marshall, nilai-nilai karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi diplot ke grafik dalam bentuk chart yang menunjukkan hubungan karakteristik Marshall terhadap kadar aspal campuran dimana semua karakteristik campuran memenuhi spesifikasi/persyaratan ditetapkan sebagai kadar aspal optimum.

3.8. Pembuatan Benda Uji dengan variasi pasir laut

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum (KAO), selanjutnya kita melakukan pembuatan benda uji dengan variasi filler pasir laut 0%, 40%, 60%, 80% dan 100%.

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Wajan
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 presentase agregat yang didapat.
2. Menggunakan kadar aspal optimum yang ditentukan
3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan cara disangrai sampai suhu 165°C
5. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
6. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
7. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2×50 tumbukan, lalu dinginkan dan kemudian dikeluarkan dari cetakan

3.9 Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall

Bertujuan untuk menentukan Stabilitas, Flow, Air Void, Void Filled dan Marshall Quotient campuran aspal beton.

Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian rendam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang,

kemudian timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

Sebelum diadakan pengetesan dengan alat marshall benda uji terlebih dahulu direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah 30 menit dikeluarkan benda uji lalu kemudian tes dengan alat marshall.

Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow sebagai dasar untuk menentukan sifat-sifat campuran. Penggunaan Aspal Panas Dengan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Terhadap Rancangan Campuran HRS Pada Variasi Durasi Perendaman. Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter Marshall, nilai-nilai karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi diplot ke grafik dalam bentuk chart yang menunjukkan hubungan karakteristik Marshall terhadap kadar aspal campuran dimana semua karakteristik campuran memenuhi spesifikasi/persyaratan ditetapkan sebagai kadar aspal optimum.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari bili-bili dan *filler* yang digunakan diperoleh dari PT. Semen Tonasa. Jenis Aspal yang digunakan untuk studi penelitian ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina 60/70.

4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan dan disajikan dalam Tabel 4.1. - 4.3. dan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam Tabel 4.1. sebagai berikut :

a. Pemeriksaan Analisa Saringan

Tabel 4.1 Pemeriksaan analisa saringan agregat (*Spesifikasi 2018*)

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	Mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100
1/2"	12,5	49.13	99.71	100.00	100
3/8"	9,5	4.58	84.84	100.00	100
No. 8	2,36	2.80	37.37	95.50	100
No. 30	0,6	2.57	31.22	59.74	100
No.200	0,075	2.08	4.65	11.44	95.16

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Spesifikasi Bina Marga 2018

b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) :

Untuk pemeriksaan berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada rumus sebagai berikut:

Rumus:

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

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B_a = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4. 2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar (Batu Pecah 1- 2 dan Batu Pecah 0,5 - 1)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	Spesifikasi 2018	-	-	%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)	SNI 1969:2016			
1. Bulk		2.62	-	-
2. SSD		2.68	-	-
3. Semu		2.78	Min 2.5	-
4. Penyerapan		2.15	Max 3	-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)	SNI 1969:2016			
1. Bulk		2.66	-	-
2. SSD		2.72	-	-
3. Semu		2.84	Min 2.5	-
4. Penyerapan		2.33	Max 3	-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Untuk pemeriksaan berat jenis abu batu dapat dilihat pada rumus sebagai berikut:

Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B + 500 - B_t}$$

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

$$\text{Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B + B_k - B_t}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

B_k = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

B_T = Berat piknometer + air + benda uji

Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan berat jenis abu batu

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82		-	%
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 1970:2016	2.75	-	Gram
2. SSD		2.82	-	Gram
3. Semu		2.95	Min 2.5	Gram
4. Penyerapan		2.48	Max 3	Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi 2018

4.1.2. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

Dengan metode coba-coba (*Trial And Error*) tersebut diperoleh komposisi agregat gabungan untuk campuran aspal panas *HRS-WC* yaitu menentukan masing-masing persentase dari masing-masing agregat kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian presentase dengan persen lolos dari agregat, selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran.

Nilai presentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*HRS – WC Standar*) berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran adalah:

- Batu Pecah 1 – 2 = 10%
- Batu Pecah 0,5 - 1 = 38%
- Abu Batu = 51%
- Filler = 1%

Contoh Perhitungan untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*HRS – WC*) sebagai berikut :

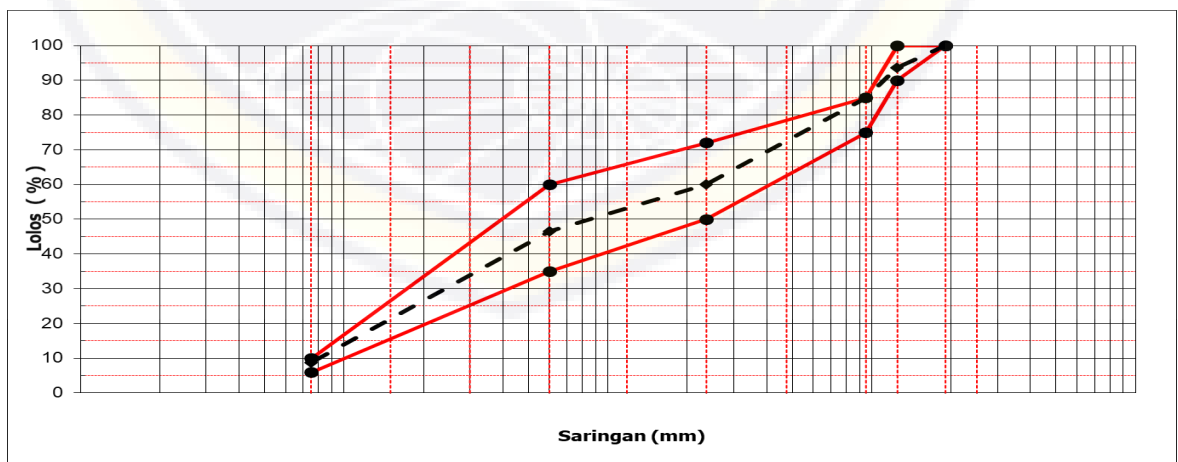
$$\begin{aligned} \text{Gradasi Penggabungan Agregat} &= \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \\ &\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \\ &= \frac{10}{100} \times 100 + \frac{38}{100} \times 100 + \frac{51}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*HRS-WC*) berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 4 Rancangan campuran aspal panas *HRS-WC*

No. Sari ngan	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) <i>HRS-WC</i>				Spesifikasi 2018
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0,5 - 1	Abu Batu	Filler	I	II	III	IV	
3/4"	100.0	100.0	100.0	100	100.00	100,0	100,0	100,0	100
1/2"	46.13	99.71	100.0	100	94.50	92,9	94,0	91,8	90-100
3/8"	4.58	84.84	100.0	100	84.70	83,0	83,7	80,4	75-85
#8	2.80	37.37	99.23	100	66.09	68,1	65,1	63,1	50-72
#30	2.57	31.22	59.14	100	43.28	43,8	42,7	41,3	35-60
#200	2.08	4.65	10.39	95.16	8.22	8,4	8,1	8,0	6-10
					Komposisi Penggabungan Agregat (%)				
		a. Batu pecah 1 – 2			10	13	11	15	
		b. Batu pecah 0,5 – 1			38	30	38	35	
		c. Abu batu			51	56	50	49	
		d. Filler			1	1	1	1	
Total Luas Permukaan Agregat (M ² /Kg)					4.83	4.92	4,77	4,65	

Sumber: Hasil Analisis Data



Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat *HRS-WC*

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

- Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas *HRS-WC*

$$\begin{aligned}P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\ &= 0.035 (33.9) + 0.045 (57.87) + 0.18 (8.22) + 2 \\ &= 7.27\%\end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned}\text{Agregat Kasar} &= 3/4" - \#8 & \text{Agregat Halus} &= \#8 - \#200 \\ &= 100 - 60.0 & &= 60.0 - 8.80 \\ &= 33.9 & &= 57.87\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Filler} &= \#200 \\ &= 8.22\end{aligned}$$

Kadar aspal yang didapatkan dari perkiraan kadar aspal optimum rencana adalah 7 %, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0.5% maka nilai tersebut adalah 6% ; 6.5% ; 7% ; 7.5% ; 8%.

4.2.2. 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 *modal* yang ada.

Perhitungan untuk campuran aspal panas *HRS-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. 5 Komposisi campuran *HRS-WC*

Kadar Aspal	= 7 %				100 % - 7 %	=	93
Hasil Combine							
BP 1- 2	11 %	X	92.50 %	=	0.09	X	1200 = 122.76
BP 0,5 - 1	38 %	X	92.50 %	=	0.35	X	1200 = 334.8
Abu Batu	51 %	X	92.50 %	=	0.47	X	1200 = 647.28
Filler	1 %	X	92.50 %	=	0.01	X	1200 = 11.16
Aspal	7 %			X			1200 = 84
							1200

Tabel 4. 6 Berat aspal dan agregat pada campuran aspal panas *HRS-WC* normal

Kadar aspal	6	6.5	7	7.5	8
Batu Pecah 1 – 2	124,08	123,42	122,76	122,1	121,44
Batu Pecah 0,5 – 1	338,4	336,6	334,8	333	331,2
Abu Batu	654,24	650,76	647,28	643,8	640,32
Semen	11,28	11,22	11,16	11,1	11,04
Berat Aspal Terhadap Campuran	72	78	84	90	96
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

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

Tabel 4. 7 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	A	B	$c = \frac{(a + b)}{2}$
Batu Pecah 1 – 2	2.62	2.78	2.70
Batu Pecah 0,5 – 1	2.66	2.84	2.75
Abu batu	2.75	2.95	2.85
Filler	3.17		
Aspal	1.005		

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Spesifikasi 2018.

Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, maka berat jenis gabungan agregat dapat dihitung sebagai berikut :

a. Untuk campuran aspal panas *HRS-WC*

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{10\%}{2,62}\right) + \left(\frac{38\%}{2,66}\right) + \left(\frac{51\%}{2,75}\right)} \\ &= 2.73 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{10\%}{2,78}\right) + \left(\frac{38\%}{2,84}\right) + \left(\frac{51\%}{2,95}\right)} \\ &= 2.82 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2.73 + 2.82}{2} = 2.77 \text{ gram}$$

4.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Pada pengujian benda uji dengan alat *marshall*, diperoleh dua data hasil pengujian yaitu pembacaan *stabilitas* dan *flow* benda uji.

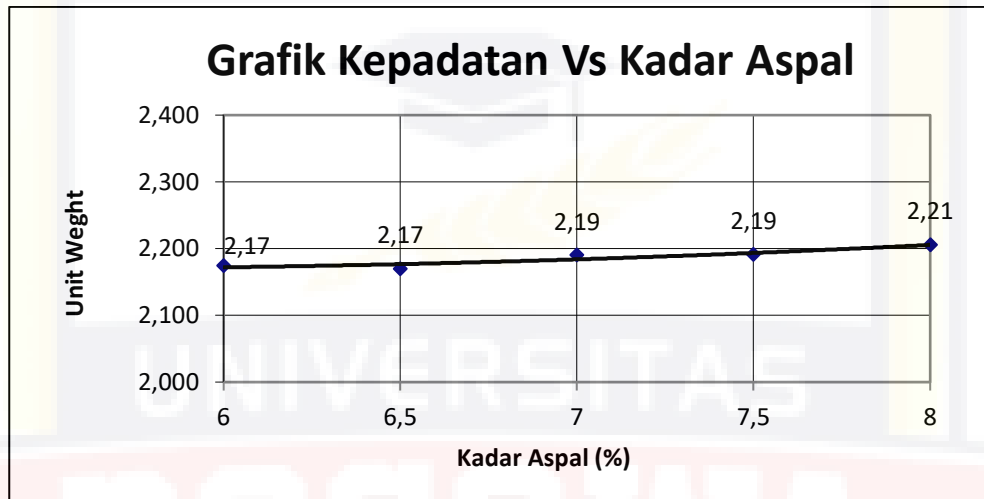
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshall* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran *HRS-WC* dapat dilihat pada tabel 4.8

di bawah ini :

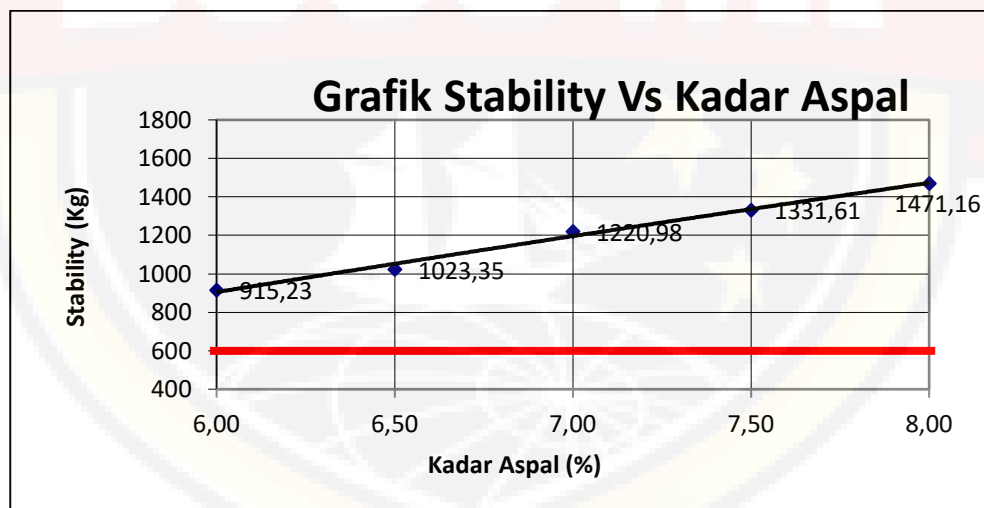
Tabel 4. 8 Hasil Marshall Test KAO

Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
6	2,17	915,23	6,1	149,76	7,9	18,06	56,32
6,5	2,17	1023,35	5,4	188,85	7,4	18,65	60,29
7	2,19	1220,98	4,7	261,37	5,9	18,33	67,93
7,5	2,19	1331,61	4,2	317,30	5,2	18,72	72,52
8	2,21	1471,16	3,7	402,90	3,9	18,65	79,15

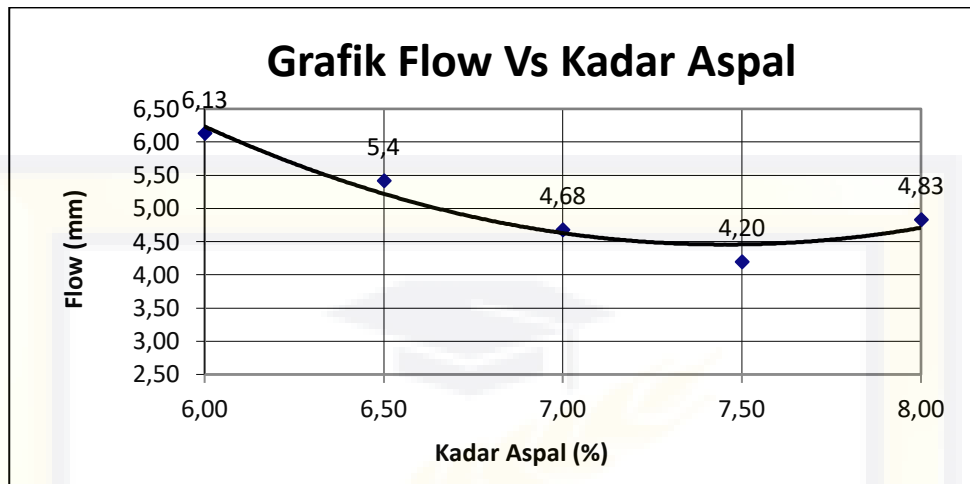
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.



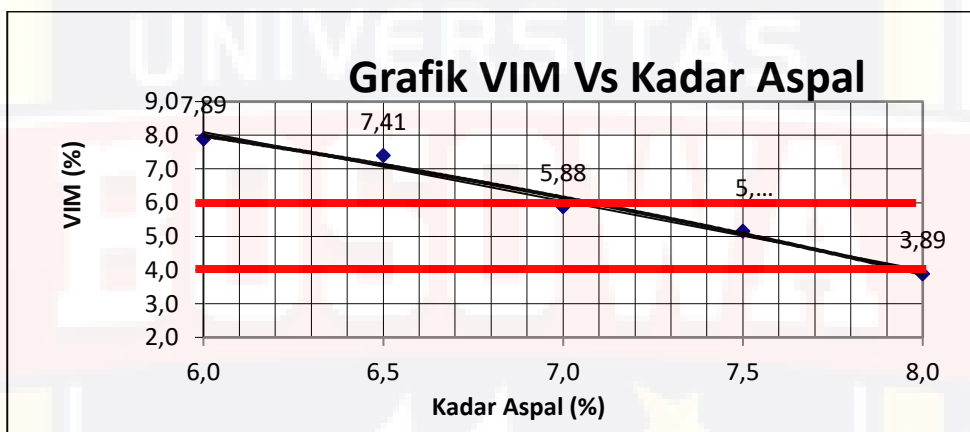
Gambar 4.2. a. Kepadatan



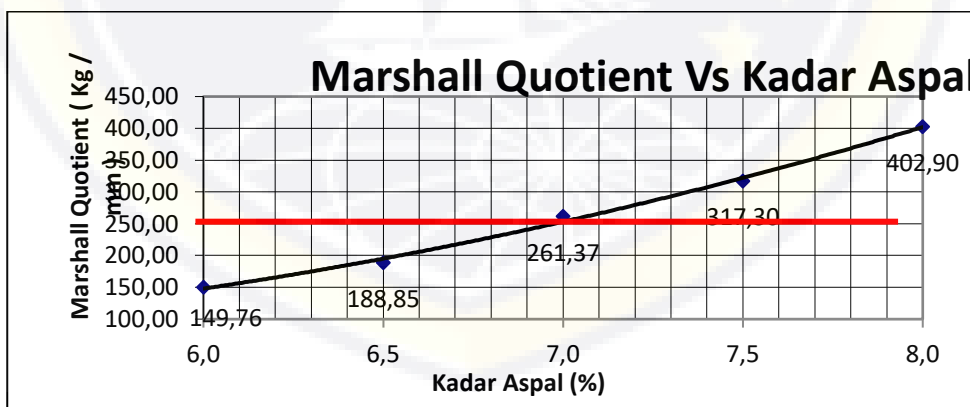
Gambar 4.2. b. Stabilitas Minimum 600 (KG)



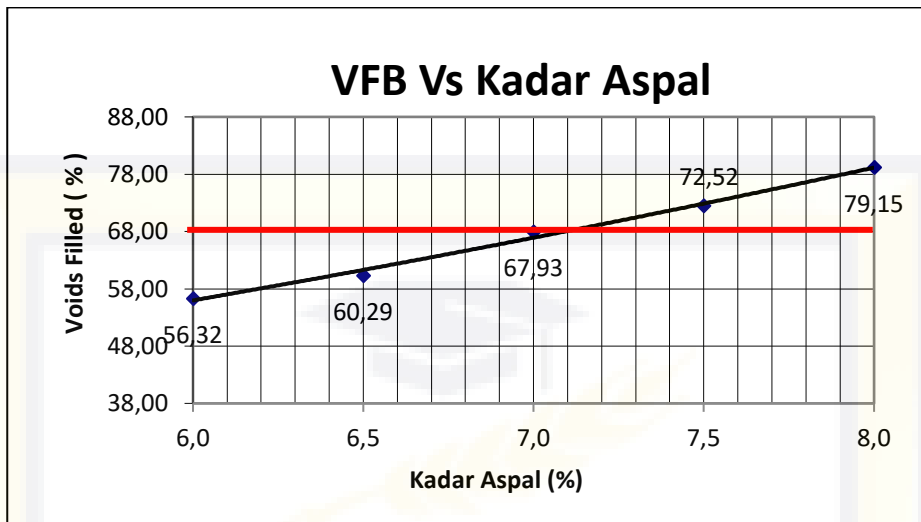
Gambar 4.2. c. Pelelehan (Flow)



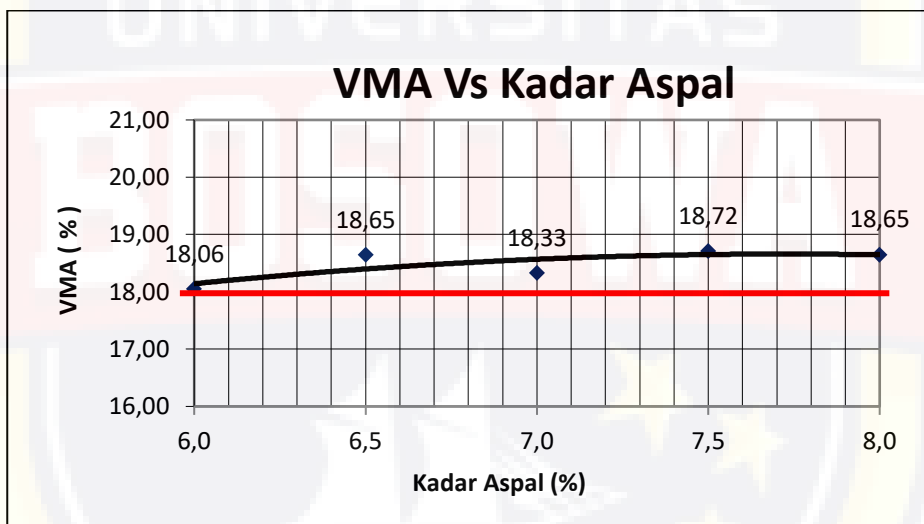
Gambar 4.2. d. Rongga Dalam Campuran (VIM) 4.0 – 6.0(%)



Gambar 4.2. e. Marshall Quotient Minimum 250 (Kg/mm)

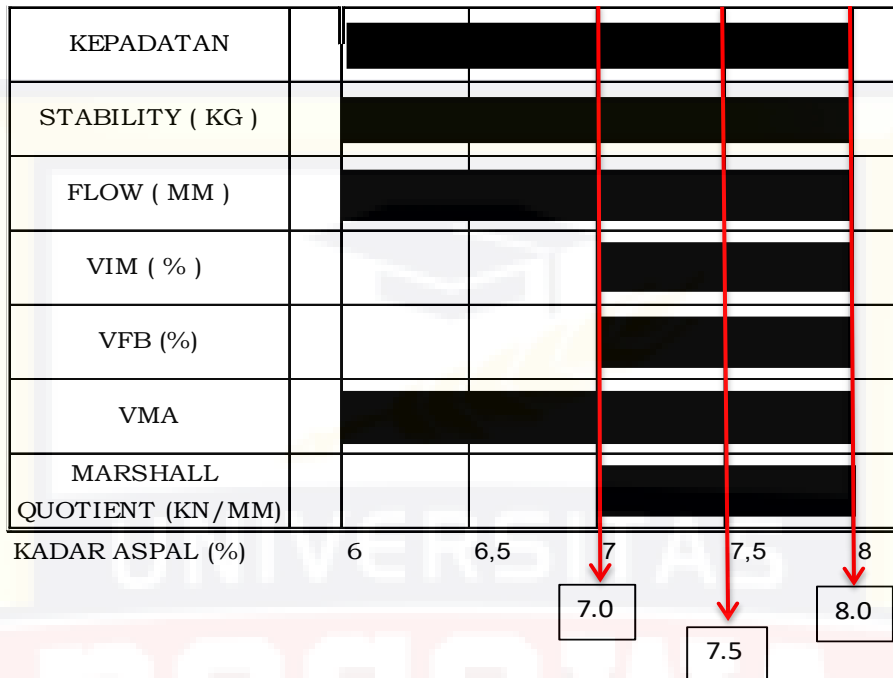


Gambar 4.2. f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 68 (%)



Gambar 4.2. g. Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 18(%)

Grafik Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4. 3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal Optimum} &= \frac{7,0 + 8,0}{2} \\ &= 7,5 \end{aligned}$$

KADAR ASPAL OPTIMUM = 7,5 %

Dari gambar kurva hubungan parameter Marshall dengan kadar Aspal untuk penentuan campuran *HRS-WC* Standar dapat diuraikan sebagai berikut:

- Grafik hubungan antara *Stabilitas* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah nilai Stabilitas semakin tinggi dan seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai stabilitas akan semakin menurun.

- b) Grafik hubungan antara *Flow* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa secara konsisten *Flow* akan naik dengan bertambahnya kadar aspal.
- c) Grafik hubungan antara *VIM* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah, maka nilai *VIM* menjadi tinggi. Namun dengan bertambahnya kadar aspal nilai *VIM* semakin rendah.
- d) Grafik hubungan antara *Marshall Quotient* menunjukkan bahwa semakin rendah kadar aspal maka nilai *MQ* akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal.
- e) Grafik hubungan antara *VFB* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VFB* juga makin tinggi karena rongga terisi aspal.
- f) Grafik hubungan antara *VMA* terhadap kadar aspal tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan.

4.4. Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Pasir Laut Pada Durasi Variasi Perendaman

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

Selanjutnya untuk campuran *HRS-WC* didapat berat aspal dan agregat terhadap kadar aspal optimum sebagai berikut :

4.4.1. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Menggunakan Pasir Laut Sebagai Agergat Halus

Setelah diperoleh Karakteristik Marshall dengan Kadar Aspal Optimum yang telah ditentukan maka dilanjutkan untuk komposisi campuran.

Untuk campuran *HRS-WC* dengan variasi Pasir Laut 60%, 80%, dan 100% pada durasi variasi perendaman 3 hari, 7 hari, dan 14 hari didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4. 9. Komposisi campuran dengan bahan Pasir Laut 60%

		Kadar Aspal = 7,5 %		100 % - 7,5 % = 92,5	
Hasil Combine					
Batu Pecah 1-2 cm	10 %	x	92,5 %	=	0,0925 x 1200 = 111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38 %	x	92,5 %	=	0,3515 x 1200 = 421,8
Abu Batu	51 %	x	92,5 %	=	0,4718 x 1200 = 566,1
	Pasir Laut 60% =	566,1	x 60%		
	=	339,66			
	Abu Batu 40% =	566,1	- 339,66		
	=	226,44			
Filler	1 %	x	92,5 %	=	0,0093 x 1200 = 11,1
Aspal	7,5 %		X		1200 = 90
					1200

Tabel 4. 10. Komposisi campuran dengan bahan Pasir Laut 80%

		Kadar Aspal = 7,5 %		100 % - 7,5 % = 92,5	
Hasil Combine					
Batu Pecah 1-2 cm	10 %	x	92,5 %	=	0,0925 x 1200 = 111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38 %	x	92,5 %	=	0,3515 x 1200 = 421,8
Abu Batu	51 %	x	92,5 %	=	0,4718 x 1200 = 566,1
	Pasir Laut 80% =	566,1	x 80%		
	=	452,88			
	Abu Batu 20% =	566,1	- 452,88		
	=	113,22			
Filler	1 %	x	92,5 %	=	0,0093 x 1200 = 11,1
Aspal	7,5 %		X		1200 = 90
					1200

Tabel 4. 11. Komposisi campuran dengan Pasir Laut 100%

Kadar Aspal =		7,5 %	100 % - 7,5 % =	92,5
Hasil Combine				
Batu Pecah 1-2 cm	10 %	x	92,5 %	= 0,0925 x 1200 = 111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38 %	x	92,5 %	= 0,3515 x 1200 = 421,8
Abu Batu	51 %	x	92,5 %	= 0,4718 x 1200 = 566,1
	Pasir Laut 100%	=	566,1 x 100%	= 566,1
	Abu Batu 0%	=	566,1 - 566,1	= 0
Filler	1 %	x	92,5 %	= 0,0093 x 1200 = 11,1
Aspal	7,5 %		X	1200 = 90
				1200

4.4.2. Data Hasil Uji dengan Alat Marshall yang Diperoleh dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum.

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal panas dengan kadar aspal optimum dengan waktu 30 menit. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan (*Stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.12. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C

No	Pemeriksaan	KAO 7,5%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 menit	24 jam	
1	Kepadatan	2,34	2,36	-
2	Stabilitas (Kg)	2153,94	2086,79	Min 600
3	Flow (mm)	3,40	3,47	-
4	VIM (%)	5,97	5,27	Min 4-6
5	VMA (%)	20,75	20,16	Min 18
6	VFB (%)	71,24	73,87	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	644,32	616,25	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas HRS-WC dengan variasi menggunakan penambahan Pasir Laut sebagai agregat halus 60%, 80%, dan 100% kedalam campuran aspal panas HRS-WC dengan perendaman selama 3, 7, dan 14 hari kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C. Dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai *Stabilitas*, *Flow*, *VIM*, *Marshall Quotient*, *VMA*, dan *VFB*. Dapat dilihat pada perhiitungan sebagai berikut:

A. Kadar aspal efektif

Rumus:

$$\text{kadar Aspal Efektif} = \frac{A}{P} \times 100 - A$$

Dimana :

A : Kadar aspal
P : Absorsi Aspal

**Kadar Aspal 7,5 %
 Sampel I (Satu) 60 %**

$$7,5 = \frac{1,14}{100} \times 100 - 7,5 = 6,44$$

BJ Max

B. Campuran

Rumus :

$$\text{BJ Max Campuran} = \frac{100}{\frac{100}{C} - \frac{A}{T} + \frac{A}{T}}$$

Dimana :

A : Kadar Aspal
C : BJ Efektif Gab
T : Specific Gravity of Bitument

Kadar Aspal 7,5%

Max Sg Combined
Mix

$$: \frac{100}{2,82} - \frac{7,5}{1,005} = 2,49$$

C. Volume Benda Uji

Rumus :

$$\text{Volume Benda Uji} = G - F$$

Dimana : **G** : SSD

F : Berat Dalam Air

Kadar Aspal 7.5 %

Sampel I (satu) 60% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1196,50 - 691,70 = 504,80$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1195,20 - 688,20 = 507,00$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1195,30 - 687,90 = 507,40$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{504,80 + 507,00 + 507,40}{3} = 506,40$$

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 80% Pasir Laut

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1206,70 - 695,80 = 510,90$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1208,20 - 698,50 = 509,70$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1200,10 - 689,90 = 510,20$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{510,90 + 509,70 + 510,20}{3} = 510,27$$

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 100% Pasir Laut

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1196,10 - 690,20 = 505,90$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1194,40 - 684,60 = 509,80$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1195,30 - 688,50 = 506,80$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{505,90 + 509,80 + 506,80}{3} = 507,50$$

D. BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} = \frac{E}{H}$$

Dimana : E : Berat Benda Uji Di Udara

H : Volume Benda Uji

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 60% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1193,20}{504,80} = 2,36$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1190,60}{507,00} = 2,35$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1191,90}{507,40} = 2,35$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{2,36 + 2,35 + 2,35}{3} = 2,35$$

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 80% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1198,00}{510,90} = 2,35$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1200,10}{509,70} = 2,35$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1198,20}{510,20} = 2,35$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{2,35 + 2,35 + 2,35}{3} = 2,35$$

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 100% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1192,80}{505,90} = 2,36$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1189,40}{509,80} = 2,33$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1192,60}{506,80} = 2,35$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{2,36 + 2,33 + 2,35}{3} = 2,35$$

E. %VIM

Rumus :

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (D - I)}{D}$$

Dimana : **D** : BJ Max Campuran

I : BJ Bulk Campuran Pematatan

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 60% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,36)}{2,49} = 4,92 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,35)}{2,49} = 5,54 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,35)}{2,49} = 5,51 \%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{100 (4,92 + 5,54 + 5,51)}{3} = 5,33 \%$$

**Kadar Aspal 7,5 %
Sampel I (satu) 80% Pasir Laut
Perendaman 14 Hari**

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,36)}{2,49} = 6,25 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,36)}{2,49} = 5,95 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,34)}{2,49} = 6,66 \%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{100 (6,25 + 5,95 + 6,66)}{3} = 6,29 \%$$

**Kadar Aspal 7,5 %
Sampel I (satu) 100% Pasir Laut
Perendaman 14 Hari**

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,31)}{2,49} = 7,37\%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,33)}{2,49} = 6,38\%$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,49 - 2,35)}{2,49} = 5,82\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{100 (7,37 + 6,38 + 5,82)}{3} = 6,52\%$$

Dari analisis perhitungan penambahan pasir laut 80% dan 100% pada perendaman 14 hari nilai *VIM* meningkat, pada penambahan pasir laut 80% nilai *VIM* rata-rata 6,29%, dan pada pasir laut 100% nilai *VIM*

yang diperoleh dengan nilai rata-rata 6,52%. Oleh karena itu pada penambahan pasir laut 80% dan 100% dengan perendaman 14 hari tidak memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan karena penambahan pasir laut, dan lama waktu perendaman.

F. Stabilitas

Rumus :

$$\text{Stabilitas} = K \times \text{Angka Koreksi} \times \text{Angka kalibrasi}$$

Dimana **K** : Pembacaan Stabilitas

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 60% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$77,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1193,19 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$71,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1100,22 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$74,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1146,70 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 80% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$75,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1662,20 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$76,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1177,70 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$72,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1115,71 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 100% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$74,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1446,70 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$68,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1053,73 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$71,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1100,22 \text{ Kg}$$

G. Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus :

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{L}{M}$$

Dimana : L : Stability (Kg) Adjust

M : Flow (mm)

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 60% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1193,19}{3.45} = 345,85 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1100,22}{3,30} = 333,40 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1146,70}{3,65} = 314,17 \text{ (Kg/mm)}$$

**Kadar Aspal 7,5 %
Sampel I (satu) 80% Pasir Laut
Perendaman 3 Hari**

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1162,20}{3,45} = 336,87 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1177,70}{3,90} = 301,97 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1115,71}{3,35} = 333,05 \text{ (Kg/mm)}$$

**Kadar Aspal 7,5 %
Sampel I (satu) 100% Pasir Laut
Perendaman 3 Hari**

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1146,70}{3,80} = 301,76 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1053,73}{3,45} = 305,43 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1100,22}{3,55} = 309,92 \text{ (Kg/mm)}$$

H. VMA

Rumus :

$$\text{VMA} : 100 - \frac{I}{B} \times 100 - A$$

Dimana : **I** : BJ Bulk Campuran Pemadatan

B : BJ Bulk Gabungan

A : Kadar Aspal

**Kadar Aspal 7,5 %
Sampel I (satu) 60% Pasir Laut
Perendaman 3 Hari**

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,36}{2,73} \times 100 - 7,5 = 19,87 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,35}{2,73} \times 100 - 7,5 = 20,39 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,35}{2,73} \times 100 - 7,5 = 20,37 \%$$

**Kadar Aspal 7,5 %
Sampel I (satu) 80% Pasir Laut
Perendaman 3 Hari**

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,35}{2,73} \times 100 - 7,5 = 20,46 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,35}{2,73} \times 100 - 7,5 = 20,18 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,35}{2,73} \times 100 - 7,5 = 20,39 \%$$

**Kadar Aspal 7,5 %
Sampel I (satu) 100% Pasir Laut
Perendaman 3 Hari**

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,36}{2,73} \times 100 - 7,5 = 20,07 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,33}{2,73} \times 100 - 7,5 = 20,91 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,35}{2,73} \times 100 - 7,5 = 20,23 \%$$

I. VFB

Rumus :

$$\text{VFB} = \frac{\text{R} - \text{J}}{\text{R}} \times 100$$

Dimana : R : Rongga dalam agregat

J : Rongga dalam campuran

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 60% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{19,87 - 4,92}{19,87} \times 100 = 75,22 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{20,39 - 5,54}{20,39} \times 100 = 72,82 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{20,37 - 5,51}{20,37} \times 100 = 72,93 \%$$

Kadar Aspal 7,5 %

Sampel I (satu) 80% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{20,46 - 5,62}{20,46} \times 100 = 72,54 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{20,18 - 5,29}{20,18} \times 100 = 73,77 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{20,39 - 5,54}{20,39} \times 100 = 72,84 \%$$

**Kadar Aspal 7,5 %
Sampel I (satu) 100% Pasir Laut
Perendaman 3 Hari**

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{20,07 - 6,09}{20,07} \times 100 = 74,28 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{20,91 - 7,25}{20,91} \times 100 = 70,56 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{20,23 - 6,82}{20,23} \times 100 = 73,57 \%$$

J. Absorpsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran

$$\text{Rumus:} \quad = A + \frac{T (100 - A)}{100} \times T$$

Dimana :

A : Kadar Aspal

B : BJ Bulk Gabungan

D : BJ

T : Specific Gravity Of Bitument

Sampel I (satu) 60% Pasir Laut

Perendaman 3 Hari

$$= \frac{7,5}{2,73} + \frac{1,005 (100 - 7,5)}{2,49} = 1,14$$

K. Tebal Film

Rumus :

$$\frac{1000 \cdot A - P}{T \cdot O - A}$$

Dimana :

A : Kadar Aspal

P : Absorsi Aspal

T : Specific Gravity Of Bitument

O : Luas Permukaan

$$\frac{1000 \cdot 75 - 1,14}{1,005 \cdot 100 - 7,5}$$

$$= 14,15$$

Untuk perhitungan lainnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.13 Komposisi campuran dengan penambahan pasir laut pada perendaman 3 hari

No	Pemeriksaan	KAO 7.5 %				Spesifikasi 2018
		Perendaman 24 Jam	Perendaman 3 Hari			
			Pasir Laut			
			60%	80%	100%	
1	Kepadatan	2,36	2,35	2,35	2,35	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1146,70	1151,87	1100,22	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,47	3,57	3,60	-
4	VIM (%)	5,27	5,33	5,48	5,56	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,21	20,34	20,40	Min 18
6	VFB (%)	73,87	73,66	73,05	72,80	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	331,14	323,96	305,70	Min 250

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Tabel 4.14 Komposisi campuran dengan penambahan pasir laut pada perendaman 7 hari

No	Pemeriksaan	KAO 7.5 %				Spesifikasi 2018
		Perendaman 24 Jam	Perendaman 7 Hari			
			Pasir Laut			
			60%	80%	100%	
1	Kepadatan	2,36	2,35	2,34	2,34	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1100,22	1096,19	1079,55	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,55	3,67	3,70	-
4	VIM (%)	5,27	5,63	5,78	5,99	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,47	20,59	20,77	Min 18
6	VFB (%)	73,87	72,70	71,98	71,17	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	310,46	300,10	292,18	Min 250

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Tabel 4.15 Komposisi campuran dengan penambahan pasir laut pada perendaman 14 hari

No	Pemeriksaan	KAO 7.5 %				Spesifikasi 2018
		Perendaman 24 Jam	Perendaman 14 Hari			
			Pasir Laut			
			60%	80%	100%	
1	Kepadatan	2,36	2,34	2,33	2,33	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1069,22	1043,40	1048,56	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,63	3,75	3,82	-
4	VIM (%)	5,27	5,87	6,29	6,34	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,67	21,02	21,07	Min 18
6	VFB (%)	73,87	71,81	70,14	69,95	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	294,57	281,36	274,75	Min 250

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

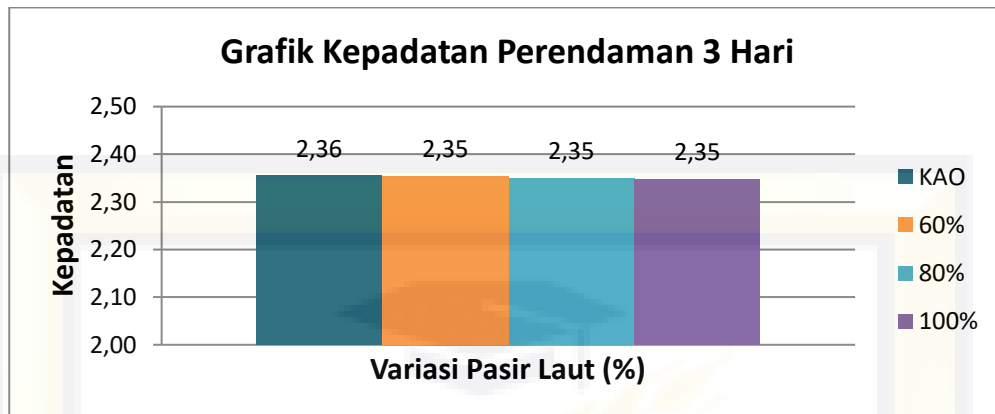
4.4.3. Analisis Hasil Pengujian dengan Penambahan Pasir Laut Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC dengan Perendaman 3 Hari

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian *Marshall*

akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut :

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* dengan perendaman 3 hari, dapat dilihat pada gambar 4.4

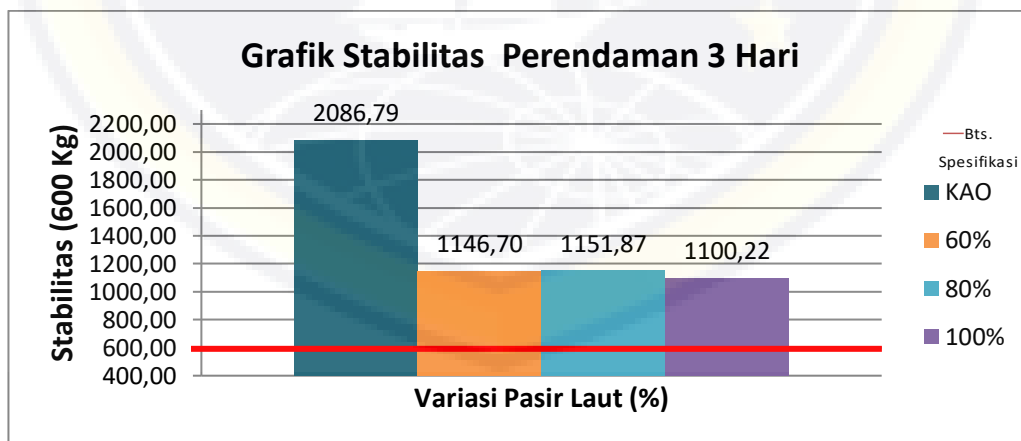


Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi Perendaman 3 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam selama 3 hari tidak terlalu mempengaruhi nilai kepadatan (*density*). Pada pasir laut 60% nilai kepadatan 2.36%, pada pasir laut 80% nilai yang diperoleh 2.35, pada pasir laut 100% nilai yang diperoleh 2.35. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.5.

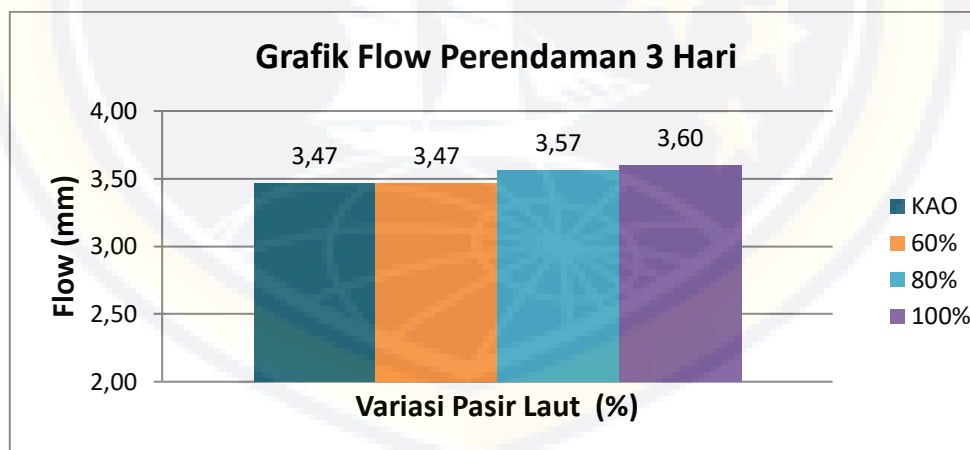


Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam 3 hari cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya penambahan pasir laut. Nilai stabilitas tanpa penambahan pasir laut yaitu 2086.79 Kg, kemudian mengalami penurunan pada penambahan pasir laut 60% nilai stabilitas yang diperoleh 1146.70 Kg, pada pasir laut 80% nilainya 1151.87 Kg, pada pasir laut 100% nilainya yaitu 1100.22 Kg. Namun masih berada dalam batas spesifikasi, hal ini disebabkan karena semakin banyak pasir laut yang di tambahkan kedalam campuran, maka akan mengurangi daya rekat aspal.

c. Pelelehan Flow

Grafik nilai *Flow* campuran HRS-WC untuk berbagai variasi pasir laut yang direndam 3 hari pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.6

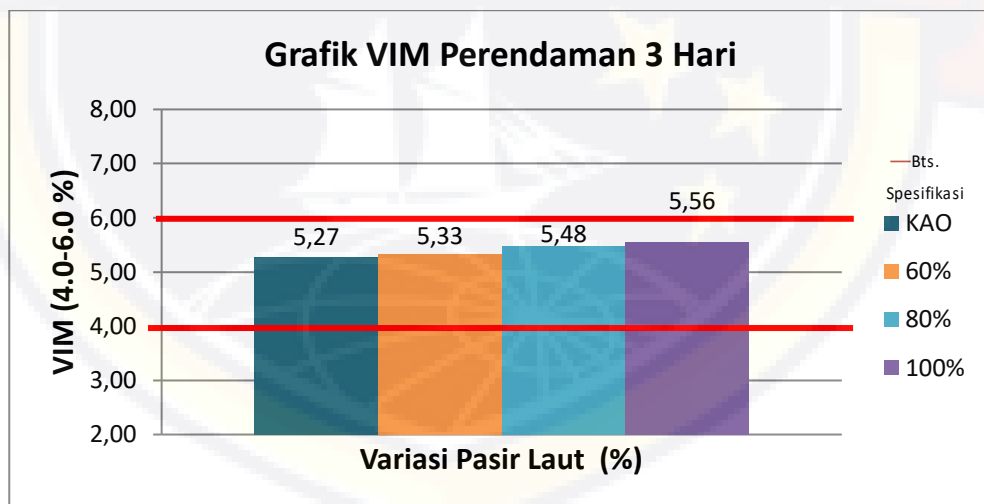


Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6 menunjukkan bahwa penambahan variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam selama 3 hari mengalami peningkatan namun tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan. Terlihat pada penambahan pasir laut 60% nilai flow yang diperoleh 3.47 mm, pada pasir laut 80% nilainya 3.57 mm, pada pasir laut 100% nilainya 3.60 mm. Pada perendaman, air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum yang direndam 3 hari dapat dilihat pada gambar 4.7

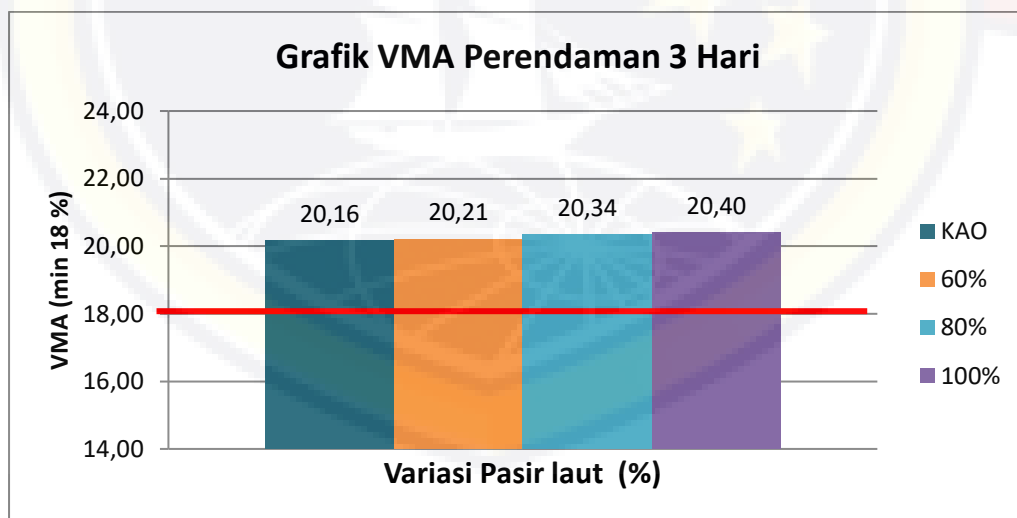


Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa penambahan variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam selama 3 hari mengalami peningkatan namun masih memenuhi batas spesifikasi nilai *VIM*. Nilai *VIM* tanpa penambahan pasir laut yaitu 5.27%, kemudian mengalami peningkatan pada pasir laut 60% yaitu 5.33%, pada pasir laut 80% nilainya adalah 5.48%, dan pada pasir laut 100% nilainya adalah 5.56%. Hal ini dikarenakan semakin banyak pasir laut yang ditambahkan maka akan menghalangi aspal untuk mengisi rongga dalam campuran. Semakin banyak penambahan pasir laut, maka rongga yang terbentuk semakin besar. Namun hal tersebut masih masuk dalam batas minimum spesifikasi

e. Rongga Dalam Agregat (*VMA*) Min 18%

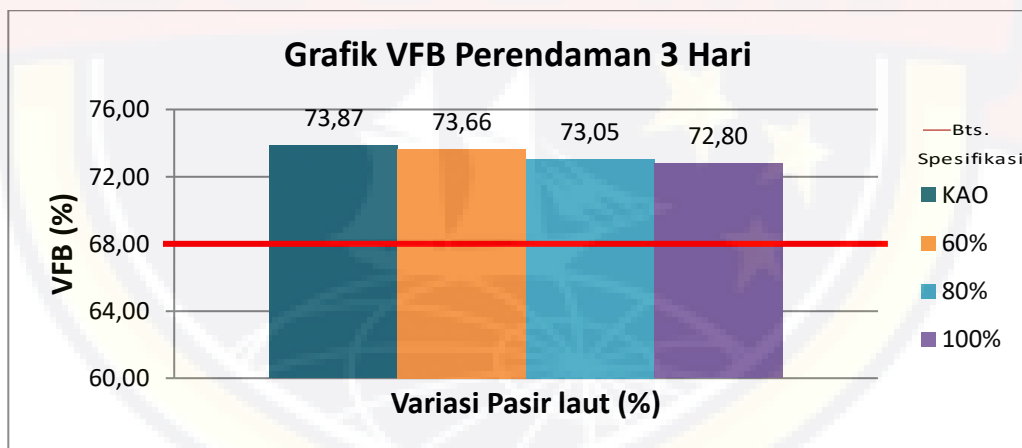
Grafik nilai *VMA* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4. 8 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap *VMA* pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.36 menunjukkan bahwa penambahan variasi pasir laut kedalam campuran mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar penambahan pasir laut. Nilai VMA tanpa penambahan pasir laut yaitu 20.16%, kemudian mengalami peningkatan pada penambahan pasir laut 60% yaitu 20.21%, pada penambahan kadar pasir laut 80% yaitu 20.34%, dan pada penambahan pasir laut 100% yaitu 20.40%. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68 (%)



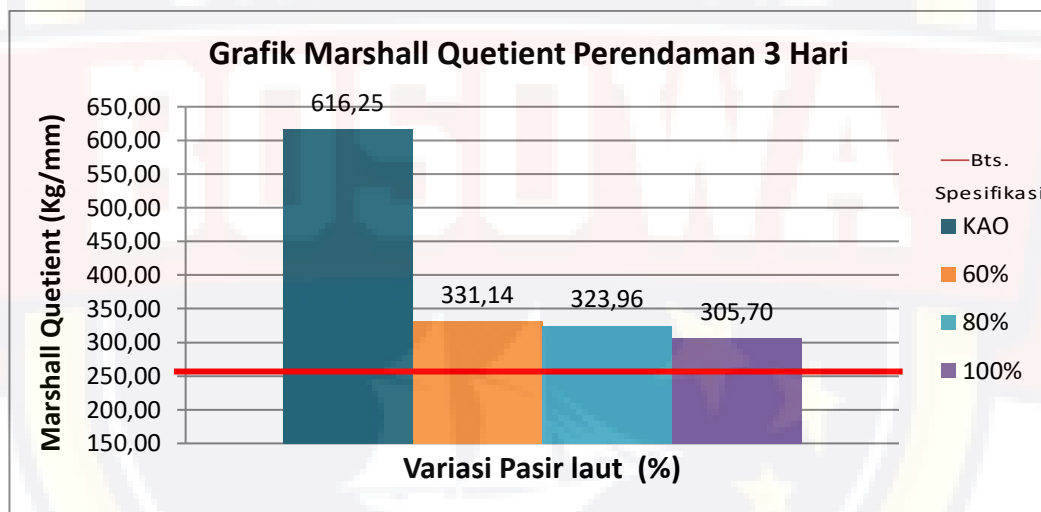
Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.9 menunjukkan bahwa penambahan pasir laut ke dalam campuran yang direndam selama 3 hari menyebabkan nilai VFB menurun seiring bertambahnya pasir laut tetapi masih memenuhi syarat

spesifikasi. Nilai VFB tanpa penambahan pasir laut yaitu 73.87%, kemudian mengalami penurunan pada penambahan pasir laut 60% nilainya adalah 73.66%, pada pasir laut 80% nilainya 73.05%, dan pada pasir laut 100% nilainya adalah 72.80%. Hal ini di sebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

g. Marshall Quotient (MQ) Minimum 250 kg/mm

Nilai MQ pada kadar aspal optimum yang direndam 3 hari dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap nilai VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar diatas terlihat bahwa variasi pasir laut menyebabkan nilai Marshall Quotient juga menurun. Nilai MQ tanpa penambahan kadar pasir laut yaitu 616.25 Kg/mm, kemudian mengalami penurunan pada penambahan kadar pasir laut 60% yaitu 331.14 Kg/mm, pada pasir laut 80% nilainya 323.96 Kg/mm, dan pada pasir laut 100% nilainya adalah

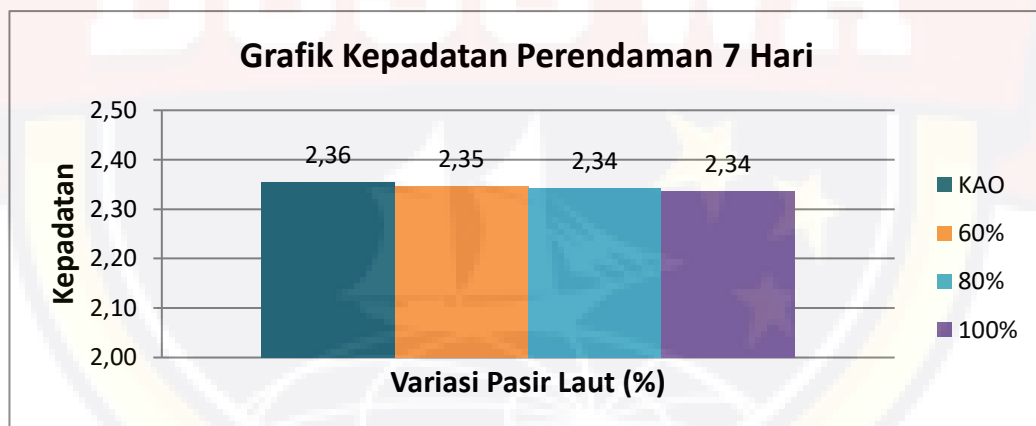
305.70 Kg/mm. Hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan pasir laut koheksi atau daya tarik dalam aspal menurun, selain itu juga kemungkinan adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Pasir laut Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC dengan Perendaman 7 Hari

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian marshall akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut :

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus HRS-WC dengan perendaman 7 hari, dapat dilihat pada gambar 4.11 untuk campuran beton aspal lapis aus HRS-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



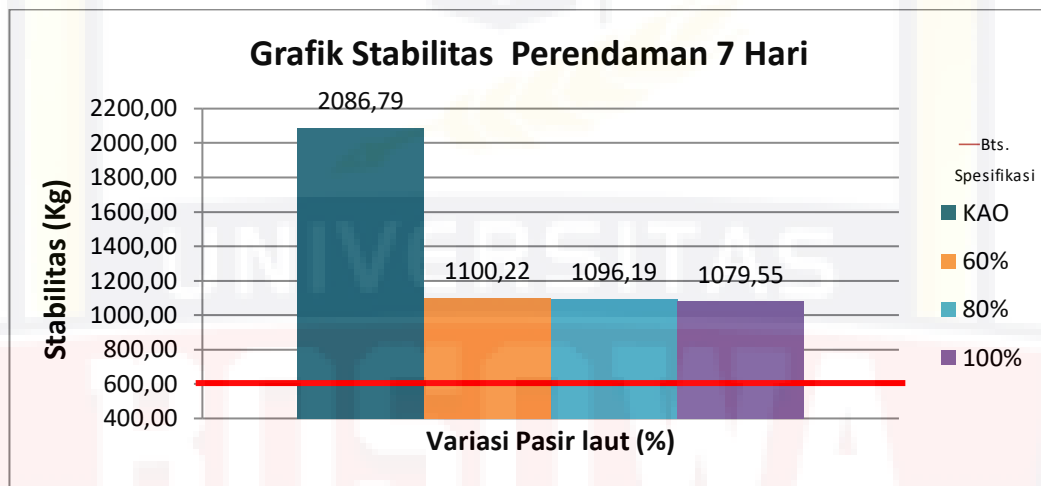
Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi Perendaman 7 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam selama 7 hari nilai kepadatan (*density*). Pada Pasir laut 60% nilai kepadatan yang diperoleh 2.35, pada pasir laut 80%

nilai kepadatannya adalah 2.34, dan pada pasir laut 100% nilai kepadatannya 2.34. Hal ini disebabkan belum dilakukanya pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.12.



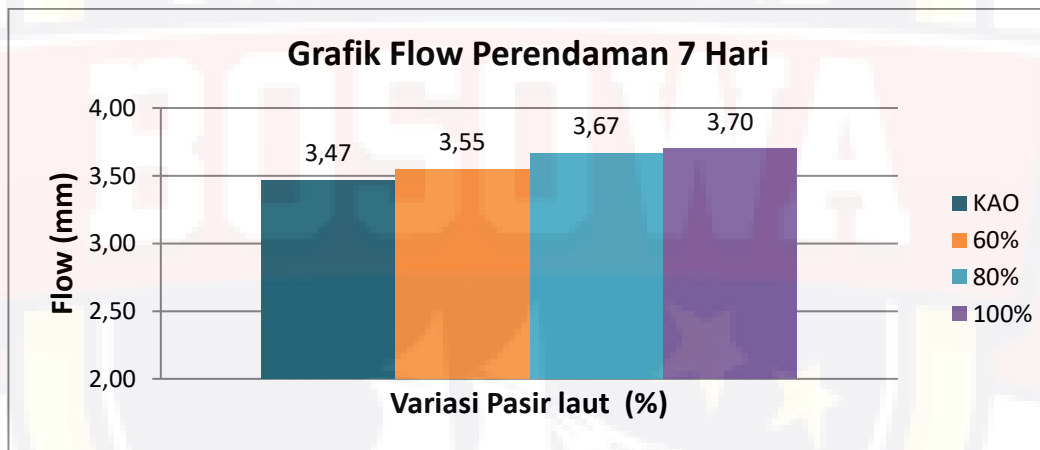
Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.12 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam 7 hari cenderung mengalami penurunan. Penambahan pasir laut 60% dari kadar aspal di peroleh nilai stabilitas 1100.22 Kg, pada pasir laut 80% nilainya 1096.19 Kg, dan pada pasir laut 100% nilainya 1079.55 Kg. Namun masih berada dalam batas spesifikasi. Hal ini disebabkan karena semakin banyak pasir laut yang di tambahkan kedalam campuran maka akan mengurangi daya rekat pada aspal.

c. Pelelehan Flow

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran HRS-WC untuk variasi pasir laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13



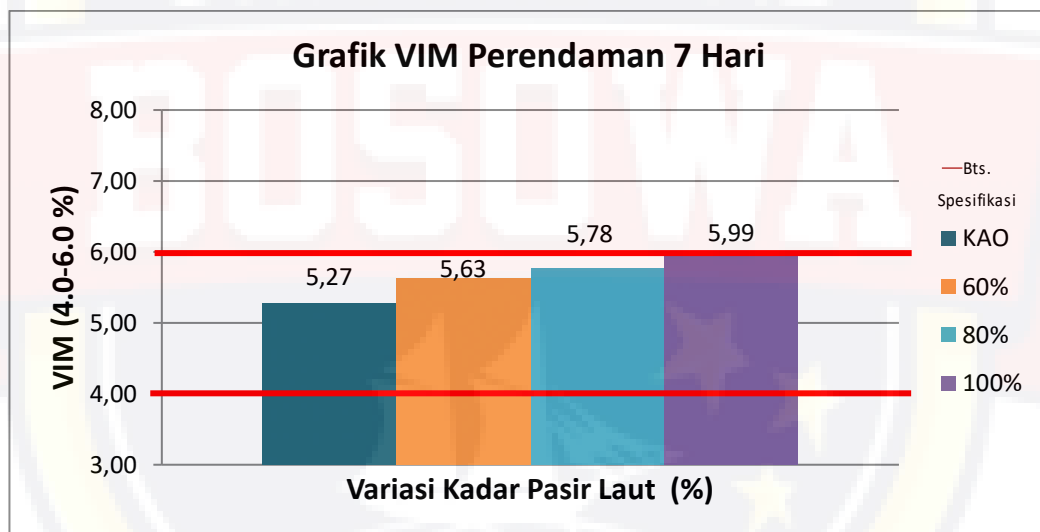
Gambar 4.13 Diagram hubungan Variasi perendaman 7 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan pasir laut kedalam campuran yang direndam 7 hari mengalami kenaikan seiring bertambahnya pasir laut. Nilai *flow* tanpa penambahan kadar pasir laut yaitu 3.47 mm. kemudian mengalami peningkatan pada penambahan pasir laut 60% yaitu 3.55 mm, pada pasir laut 80% adalah 3.67 mm, dan pada penambahan pasir laut 100%

adalah 3.70 mm. Hal ini disebabkan karna lamanya waktu perendaman, air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini akan mengurangi daya rekat aspal.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.14



Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

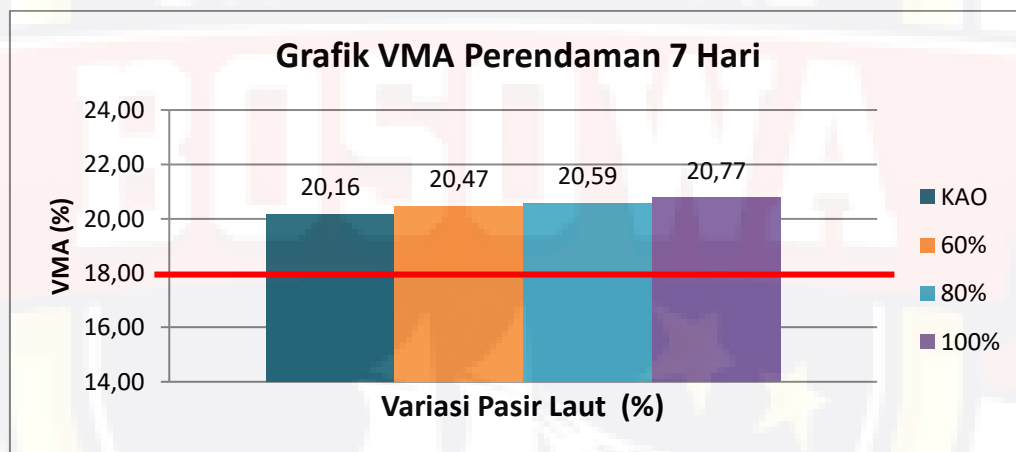
Dari gambar 4.14 menunjukkan bahwa penambahan variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam selama 7 hari menyebabkan nilai *VIM* mengalami kenaikan. Nilai *VIM* tanpa penambahan pasir laut yaitu 5.27%, kemudian mengalami kenaikan pada penambahan pasir laut 60% yaitu 5.63%, pada pasir laut 80% nilai *VIM* adalah 5.78%, dan pada pasir

laut 100% nilai yang diperoleh adalah 5.99%. Hal ini disebabkan rongga dalam campuran tidak mengalami perubahan karena belum dilakukan pembebanan.

e. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat..

Grafik nilai VMA campuran HRS-WC untuk berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.15



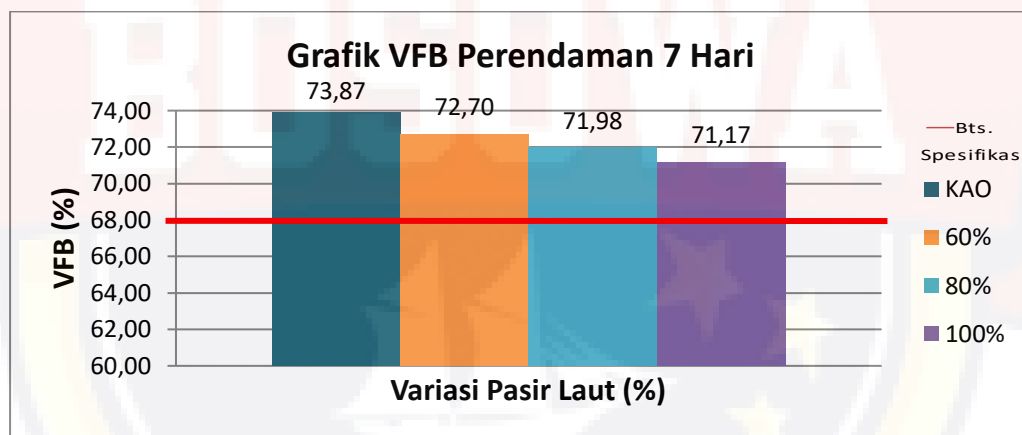
Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami kenaikan namun tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan. Pada penambahan pasir laut 60% dari kadar aspal nilai yang diperoleh 20.47%, pada penambahan pasir laut 80% nilai VMA 20.59%, dan pada penambahan pasir laut 100% nilai VMA 20.77%. Hal ini disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga

memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68 (%)

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kekendapan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



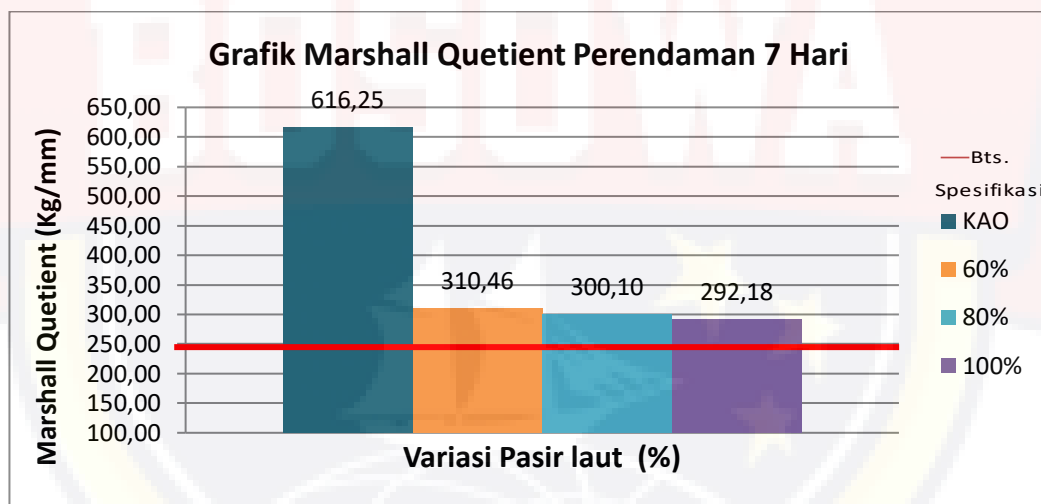
Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.16 menunjukkan bahwa penambahan pasir laut ke dalam campuran yang direndam selama 7 hari menyebabkan nilai VFB menurun seiring bertambahnya pasir laut tetapi masih memenuhi syarat spesifikasi. Nilai VFB tanpa penambahan kadar pasir laut yaitu 73.87%, kemudian mengalami penurunan pada penambahan pasir laut 60%

nilainya adalah 72.70%, pada pasir laut 80% nilainya 71.98%, dan pada pasir laut 100% nilainya adalah 71.17%. Hal ini disebabkan karena penambahan pasir laut yang memiliki sifat yang keras.

g. Marshall Quotient (MQ) Minimum 250 kg/mm

Semakin tinggi nilai *MQ* maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai *MQ* juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.17



Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap nilai *MQ* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas menunjukkan penurunan nilai *Marshall Quotient* pada campuran aspal, dikarenakan nilai *MQ* sebanding dengan nilai stabilitas, dimana nilai stabilitas pada campuran aspal juga menurun dengan semakin lama terendam dalam air. Penurunan nilai *MQ* ini

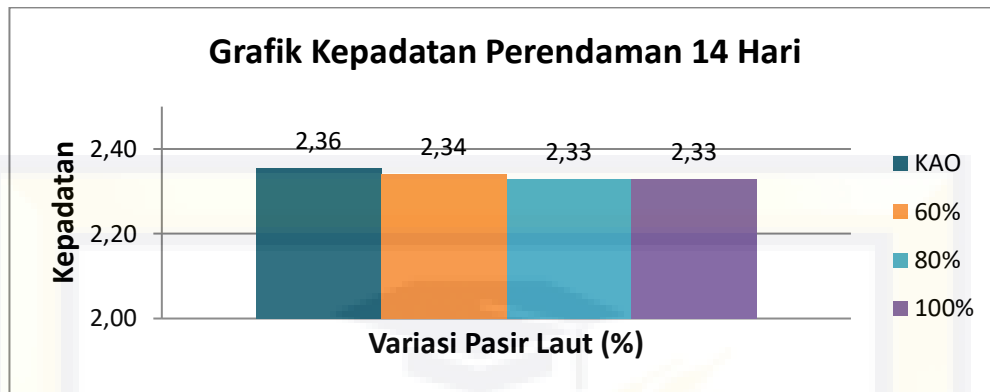
mengindikasikan kemampuan campuran aspal dalam merespon beban yang diberikan menurun. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama perendaman. Namun tetap berada dalam batas spesifikasi.

4.4.5. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Pasir laut Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC dengan Perendaman 14 Hari

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian marshall akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut :

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* dengan perendaman 14 hari, dapat dilihat pada gambar 4.18 untuk campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* pada kondisi kadar aspal optimum.

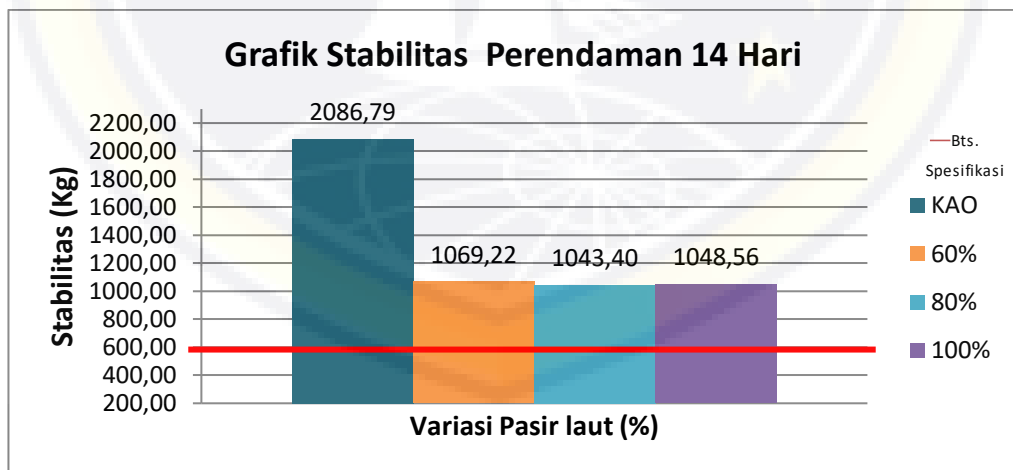


Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi Perendaman 14 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam selama 14 hari tidak terlalu mempengaruhi nilai kepadatan (*density*). Hal ini disebabkan karena campuran belum mengalami pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.19.

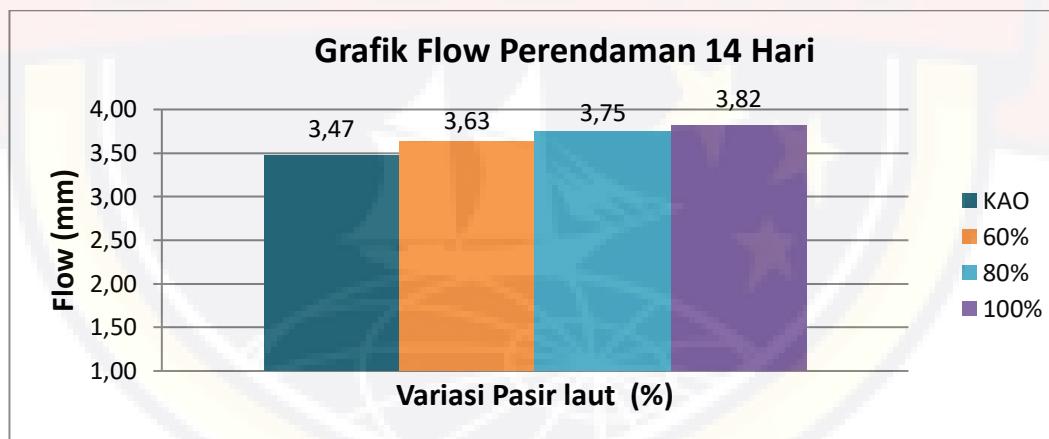


Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa stabilitas campuran yang menggunakan variasi pasir laut kedalam campuran cenderung mengalami penurunan. Nilai stabilitas yang didapatkan tanpa penambahan kadar pasir laut yaitu 2086.79 Kg, kemudian mengalami penurun pada penambahan pasir laut 60% yaitu 1069.22 Kg, pada pasir laut 80% nilai stabilitas yang di peroleh 1043.40 Kg, dan pada pasir laut 100% nilai stabilitasnya 1048.56 Kg. Hal ini disebabkan karena semakin banyak pasir laut yang di tambahkan kedalam campuran, sehingga daya rekat aspal menurun. Namun masih berada dalam batas spesifikasi.

c. Pelelehan Flow

Grafik nilai *Flow* campuran HRS-WC pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20



Gambar 4.20 Diagram hubungan Variasi perendaman 14 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

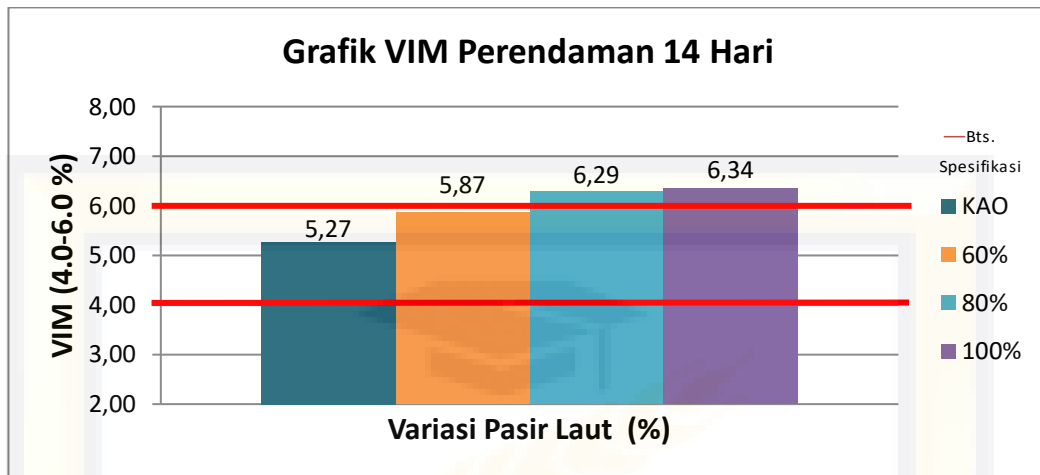
Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan pasir laut ke dalam campuran yang direndam 14 hari menyebabkan nilai *Flow* meningkat seiring bertambahnya pasir laut.

Pada penambahan pasir laut 60% nilai flow 3.63 mm, pada pasir laut 80% nilai flow 3.75 mm, pada pasir laut 100% nilai flow yang diperoleh 3.82 mm. Semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM* atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran.

Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi kadar plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.21



Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

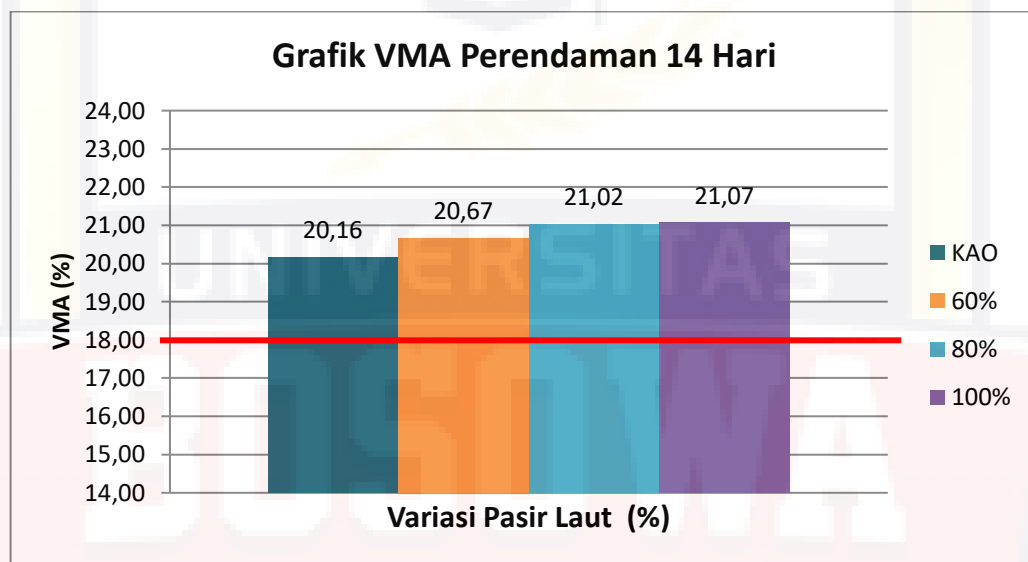
Dari gambar 4.21 menunjukkan bahwa penambahan variasi pasir laut kedalam campuran yang direndam selama 14 hari menyebabkan nilai *VIM* meningkat. Pada penambahan pasir laut 60% dari kadar aspal nilai yang diperoleh adalah 5,87%, pada penambahan pasir laut 80% nilai *VIM* 6,29%, dan pada pasir laut 100% nilai *VIM* yang diperoleh 6,34%. Pada penambahan pasir laut 80% dan 100% tidak memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan karena penambahan pasir laut dari kadar aspal, dan lama perendaman.

e. Rongga Dalam Agregat (*VMA*) Min 18%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk di dalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai *VMA* yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori.

Grafik nilai VMA campuran HRS-WC untuk variasi pasir laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22

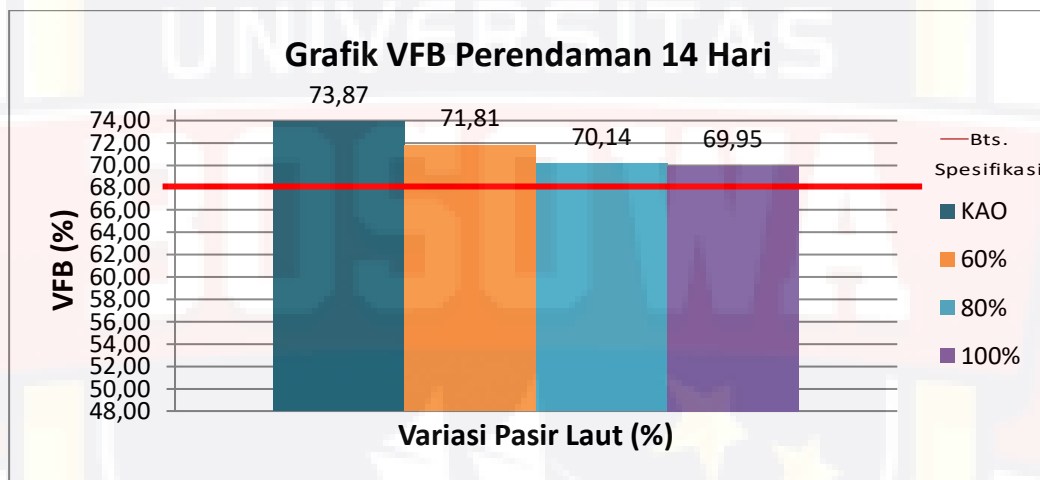


Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 terlihat bahwa nilai VMA meningkat namun tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan. Penambahan pasir laut 60% dari kadar aspal nilai VMA yang diperoleh yaitu 20,67%, pada penambahan pasir laut 80% nilai VMA 21.20%, dan pada penambahan pasir laut 100% nilai VMA yaitu 21,07%. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68 (%)

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kekendapan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.

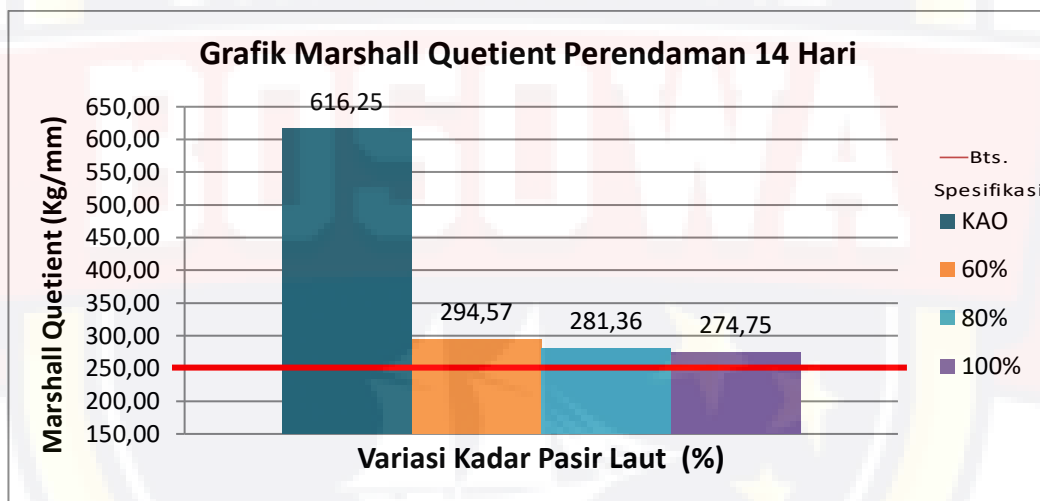


Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap *VFB* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.23 menunjukkan bahwa penambahan pasir laut ke dalam campuran yang direndam selama 14 hari mengalami penurunan. Pada penambahan pasir laut 60% dari kadar aspal nilai *VFB* 71,81%, pada penambahan pasir laut 80% nilai *VFB* adalah 70.14%, dan pada penambahan pasir laut 100% nilai *VFB* 69.95%. Hal ini di sebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

g. Marshall Quotient

Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai MQ juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.24



Gambar 4.24 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar diatas terlihat bahwa variasi penambahan pasir laut mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan. Pada penambahan pasir laut 60% dari kadar aspal diperoleh nilai *MQ* 294.57 Kg/mm, pada penambahan pasir laut 80% nilai *MQ* 281.36 Kg/mm, dan

pada penambahan pasir laut 100% nilai MQ 274.75 Kg/mm. Hal ini disebabkan karena adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

4.5. Hubungan KAO dengan Persentase Nilai Indeks Kekuatan (IKS) Sisa

Marshall sisa dilakukan setelah direndam selama 24 jam pada suhu 60° pada kondisi kadar aspal optimum. Jumlah tumbukan pada kondisi standar yaitu dua kali (2x) 50 tumbukan per sisi. Selanjutnya dibuat benda uji rendaman 30 menit pada kondisi KAO tersebut, kemudian dilakukan uji marshal sisa. Nilai marshall sisa diperoleh dari hasil stabilitas rendaman 24 jam dibagi dengan hasil stabilitas rendaman 30 menit kemudian dikalikan 100%.

Hubungan antara kadar aspal optimum dengan persentase nilai indeks kekuatan sisa tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Beton Aspal HRS– WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu $60^{\circ}C$		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	2153.9	2086.79	96.88	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.22 menunjukkan menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran HRS-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman 30 menit dan 24 jam pada suhu $60^{\circ}C$ menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 24 jam mengalami penurunan terhadap nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 30 menit pada suhu yang sama.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

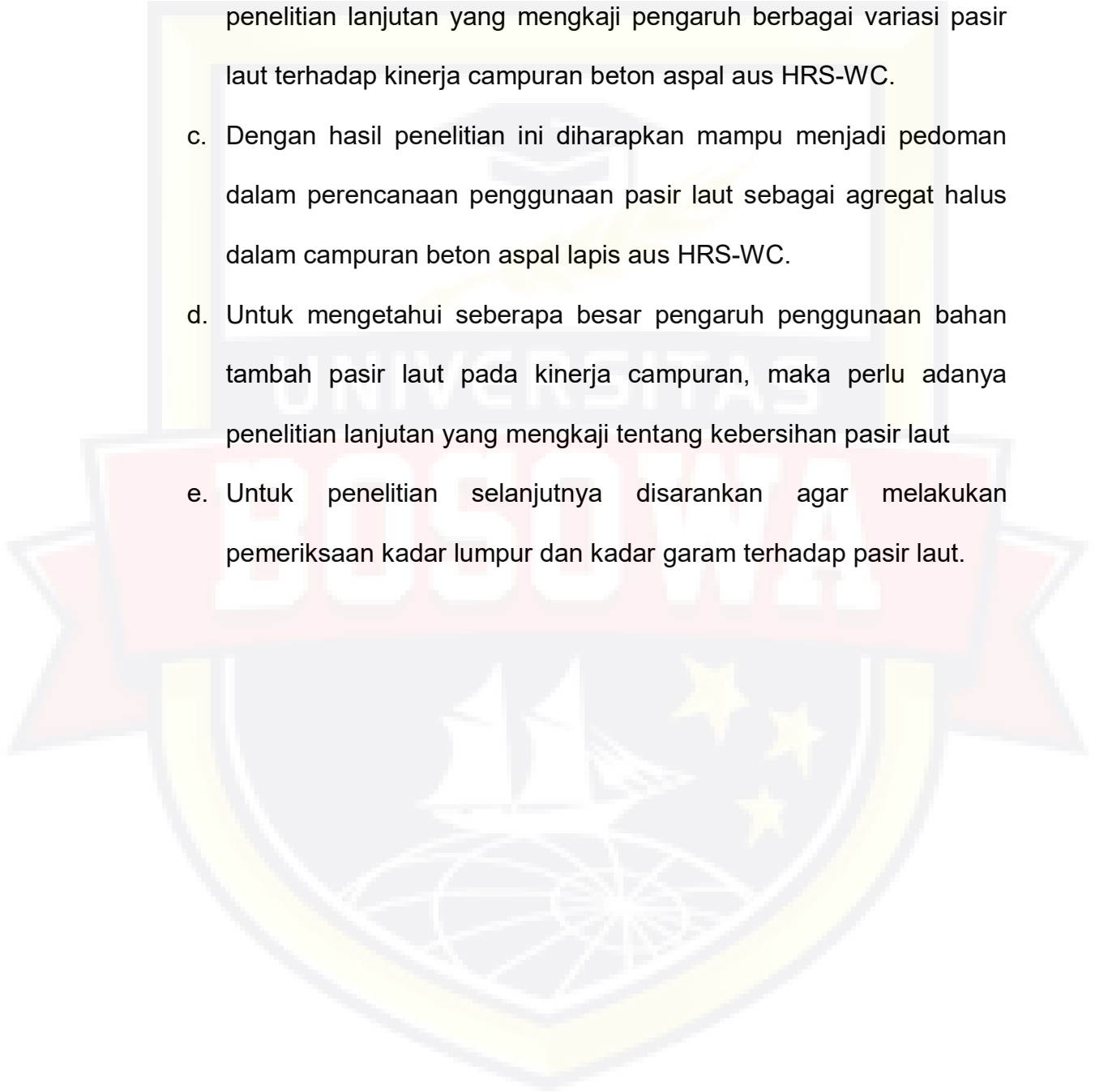
Berdasarkan hasil analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik campuran aspal panas (HRS-WC) dengan penambahan pasir laut sebagai bahan tambah agregat halus pada kadar aspal dapat meningkatkan nilai Stabilitas, Flow, dan VMA. Sedangkan pada nilai MQ, dan VIM mengalami penurunan. Kemudian nilai VFB cenderung baik pada setiap penambahan pasir laut.
2. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan adalah 7,5%. Hasil pengujian Marshall Test variasi bahan tambah pasir laut sebagai agregat halus, nilai yang terbaik untuk Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB dan MQ yaitu pada penambahan pasir laut 60% dengan perendaman 3 hari. Namun yang lain masih dalam batas-batas spesifikasi.

5.2. Saran

Beberapa hal yang disarankan sehubungan dengan hasil-hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar menggunakan penumbuk listrik (Elektrik Compaction), agar beban yg diterima pada benda uji tetap sama.

- 
- b. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan bahan tambah pasir laut pada kinerja campuran, maka perlu adanya penelitian lanjutan yang mengkaji pengaruh berbagai variasi pasir laut terhadap kinerja campuran beton aspal aus HRS-WC.
- c. Dengan hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi pedoman dalam perencanaan penggunaan pasir laut sebagai agregat halus dalam campuran beton aspal lapis aus HRS-WC.
- d. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan bahan tambah pasir laut pada kinerja campuran, maka perlu adanya penelitian lanjutan yang mengkaji tentang kebersihan pasir laut
- e. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar melakukan pemeriksaan kadar lumpur dan kadar garam terhadap pasir laut.

Daftar Pustaka

Anonim, 2010. *Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.

Anonim, 2014. *Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.

Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta.

Dasrin Udin (2021). Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Filler Terhadap Sifat Dan Karakteristik Campuran Perkerasan Aspal Panas Dengan Perendaman Berulang

Ratnasari Ramlan dan Novita Pradhani. (2008). Studi Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton Aspal. <https://doi.org/ISSN2580-023X>

Nikmatul Azizah Boedi Rahardjo. (2017) *Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (Hrs-Wc) Dengan Filler Abu Ampas Tebu*. <https://media.neliti.com/media/publications/217437-none.pdf>

Sukirman, Silvia, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung, Nova.

Sukirman, Silvia. 1994. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung, Nova.

Sukirman, S. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*.:Yayasan obor indonesia, jakarta.



L

A

M

P

BOSOWA

I

R

A

N



**PERHITUNGAN KOMPOSISI
CAMPURAN**

Kadar Aspal		=	6 %		100 %	-	6 %	=	94		
Hasil Combine											
BP 1- 2	11	%	x	94	%	=	0,1034	x	1200	=	124,08
BP 0,5 - 1	30	%	x	94	%	=	0,282	x	1200	=	338,4
Abu Batu	58	%	x	94	%	=	0,5452	x	1200	=	654,24
Filler	1	%	x	94	%	=	0,0094	x	1200	=	11,28
Aspal	6	%				X			1200	=	72
										1200	

Kadar Aspal		=	6,5 %		100 %	-	6,5 %	=	93,5		
Hasil Combine											
BP 1- 2	11	%	x	93,5	%	=	0,10285	x	1200	=	123,42
BP 0,5 - 1	30	%	x	93,5	%	=	0,2805	x	1200	=	336,6
Abu Batu	58	%	x	93,5	%	=	0,5423	x	1200	=	650,76
Filler	1	%	x	93,5	%	=	0,00935	x	1200	=	11,22
Aspal	6,5	%				X			1200	=	78
										1200	

Kadar Aspal		=	7 %		100 %	-	7 %	=	93		
Hasil Combine											
BP 1- 2	11	%	x	93	%	=	0,1023	x	1200	=	122,76
BP 0,5 - 1	30	%	x	93	%	=	0,279	x	1200	=	334,8
Abu Batu	58	%	x	93	%	=	0,5394	x	1200	=	647,28
Filler	1	%	x	93	%	=	0,0093	x	1200	=	11,16
Aspal	7	%				X			1200	=	84
										1200	

Kadar Aspal		=	7,5 %		100 %	-	7,5 %	=	92,5		
Hasil Combine											
BP 1- 2	11	%	x	92,5	%	=	0,10175	x	1200	=	122,1
BP 0,5 - 1	30	%	x	92,5	%	=	0,2775	x	1200	=	333
Abu Batu	58	%	x	92,5	%	=	0,5365	x	1200	=	643,8
Filler	1	%	x	92,5	%	=	0,00925	x	1200	=	11,1
Aspal	7,5	%				X			1200	=	90
										1200	

$$\text{Kadar Aspal} = 8 \% \qquad 100 \% - 8 \% = 92$$

Hasil Combine

BP 1- 2	11	%	x	92	%	=	0,1012	x	1200	=	121,44
BP 0,5 - 1	30	%	x	92	%	=	0,276	x	1200	=	331,2
Abu Batu	58	%	x	92	%	=	0,5336	x	1200	=	640,32
Filler	1	%	x	92	%	=	0,0092	x	1200	=	11,04
Aspal	8	%				X			1200	=	96
											<u>1200</u>





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST KAO

Nama : Safari Tabaika

Penetrasi : 60/70

campuran : HRS - WC

Berat Jenis Aspal (T) : 1.005 Gr/Cc

Tanggal Test : 26 Agustus 2021

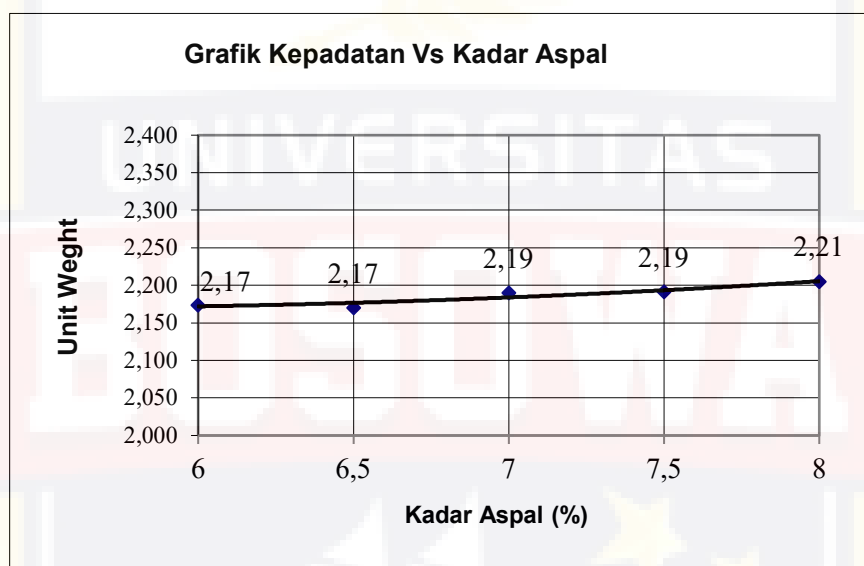
No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.40	2.55
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.47	2.65
c	Abu Batu	2.48	2.66
d	Filler	3.14	3.14

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal	Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (teoritis)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk campuran (Kepadatan)	%	Stability Kg		(mm)	(Kg/mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)	
	a	b	c	d					Di Udara (In Air)	Di Air (In Water)	Kering Permukaan				Pembacaan	Disesuaikan (kalibrasi)								Pelebaran
					A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
					% Terhadap Total Pencampuran			$\frac{100}{100-A + \frac{A}{C} + \frac{A}{T}}$				G - F	$\frac{E}{H}$	$100(D - I)$		(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi		$\frac{L}{M}$	Combined	$A + \frac{T(100-A)}{B}$	$\frac{100(A - P)}{D}$	$100 - \frac{(I/B)}{X}$	$\frac{(R - J)}{R} \times 100$	
I	10	38	51	1	6	2,49	2,58	2,36	1164,90	663,20	1197,70	534,50	2,18	7,7	63,0	950,43	6,70	141,86	4,83	1,30	10,30	17,86	57,06	
II	10	38	51	1	6	2,49	2,58	2,36	1166,60	661,70	1199,60	537,90	2,17	8,1	60,70	915,74	6,09	150,37	4,83	1,30	10,30	18,26	55,54	
III	10	38	51	1	6	2,49	2,58	2,36	1166,40	660,50	1196,90	536,40	2,17	7,9	58,30	879,53	5,60	157,06	4,83	1,30	10,30	18,05	56,35	
								Rata - Rata				536,27	2,17	7,9	60,7	915,23	6,1	149,76	4,83	1,30	10,30	18,06	56,32	
I	10	38	51	1	6,5	2,49	2,58	2,34	1164,40	661,40	1198,70	537,30	2,17	7,5	69,40	1046,99	5,50	190,36	4,83	1,29	11,47	18,76	59,85	
II	10	38	51	1	6,5	2,49	2,58	2,34	1165,00	660,50	1197,90	537,40	2,17	7,5	63,70	960,99	5,30	181,32	4,83	1,29	11,47	18,73	59,96	
III	10	38	51	1	6,5	2,49	2,58	2,34	1167,20	662,80	1199,40	536,60	2,18	7,2	70,40	1062,07	5,45	194,88	4,83	1,29	11,47	18,46	61,06	
								Rata-Rata				537,10	2,17	7,4	67,8	1023,35	5,4	188,85	4,83	1,29	11,47	18,65	60,29	
I	10	38	51	1	7	2,49	2,58	2,33	1168,50	663,50	1198,00	534,50	2,186	6,1	85,30	1286,86	4,80	268,10	4,83	1,29	12,66	18,48	67,24	
II	10	38	51	1	7	2,49	2,58	2,33	1169,40	662,50	1196,20	533,70	2,191	5,8	78,60	1185,78	4,83	245,50	4,83	1,29	12,66	18,30	68,08	
III	10	38	51	1	7	2,49	2,58	2,33	1167,10	664,70	1196,80	532,10	2,193	5,7	78,90	1190,31	4,40	270,52	4,83	1,29	12,66	18,21	68,46	
								Rata-Rata				533,43	2,19	5,9	80,9	1220,98	4,7	261,37	4,83	1,29	12,66	18,33	67,93	
I	10	38	51	1	7,5	2,49	2,58	2,31	1167,00	664,50	1196,50	532,00	2,19	5,1	90,10	1359,27	4,10	331,53	4,83	1,28	13,85	18,65	72,82	
II	10	38	51	1	7,5	2,49	2,58	2,31	1166,50	661,50	1197,10	535,60	2,18	5,7	85,50	1289,87	4,30	299,97	4,83	1,28	13,85	19,23	70,11	
III	10	38	51	1	7,5	2,49	2,58	2,31	1168,10	665,80	1195,90	530,10	2,20	4,6	89,20	1345,69	4,20	320,40	4,83	1,28	13,85	18,28	74,63	
								Rata-Rata				532,57	2,19	5,2	88,3	1331,61	4,2	317,30	4,83	1,28	13,85	18,72	72,52	
I	10	38	51	1	8	2,49	2,58	2,29	1167,30	667,50	1197,70	530,20	2,20	4,1	98,25	1482,22	3,40	435,95	4,83	1,27	15,06	18,79	78,44	
II	10	38	51	1	8	2,49	2,58	2,29	1161,70	666,50	1193,00	526,50	2,21	3,8	101,10	1525,22	3,70	412,22	4,83	1,27	15,06	18,61	79,36	
III	10	38	51	1	8	2,49	2,58	2,29	1160,70	666,10	1191,80	525,70	2,21	3,8	93,20	1406,04	3,90	360,52	4,83	1,27	15,06	18,56	79,64	
								Rata-Rata				527,47	2,21	3,9	97,5	1471,16	3,7	402,90	4,83	1,27	15,06	18,65	79,15	
SPESIFIKASI														4,0-6,0		Min 600		Min 250					Min 18	Min 68

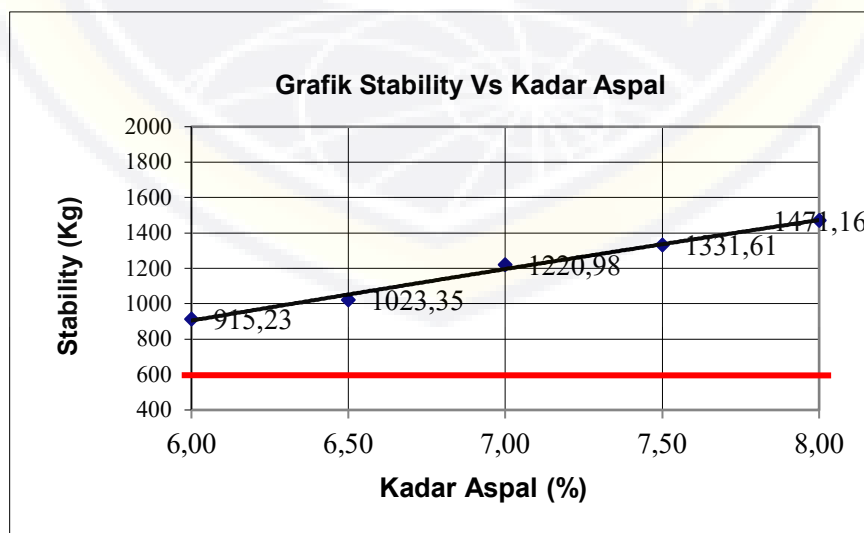
GRAFIK PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM (KAO)

Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
6	2,17	915,23	6,1	149,76	7,9	18,06	56,32
6,5	2,17	1023,35	5,4	188,85	7,4	18,65	60,29
7	2,19	1220,98	4,7	261,37	5,9	18,33	67,93
7,5	2,19	1331,61	4,2	317,30	5,2	18,72	72,52
8	2,21	1471,16	3,7	402,90	3,9	18,65	79,15

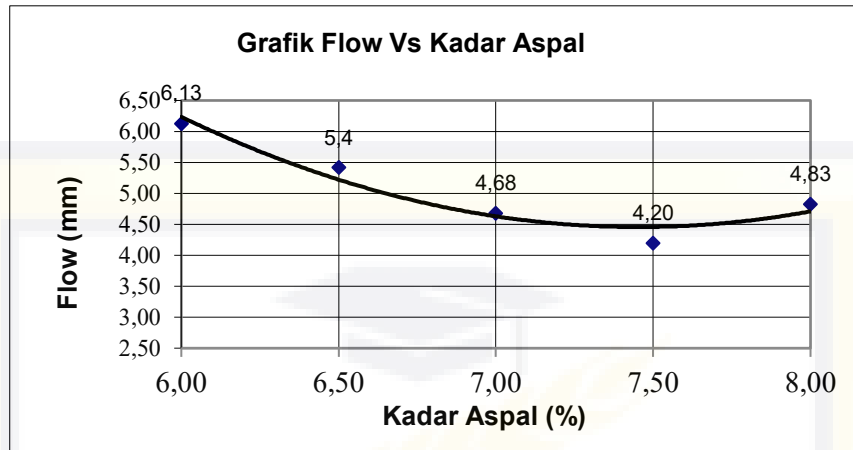
➤ Kepadatan



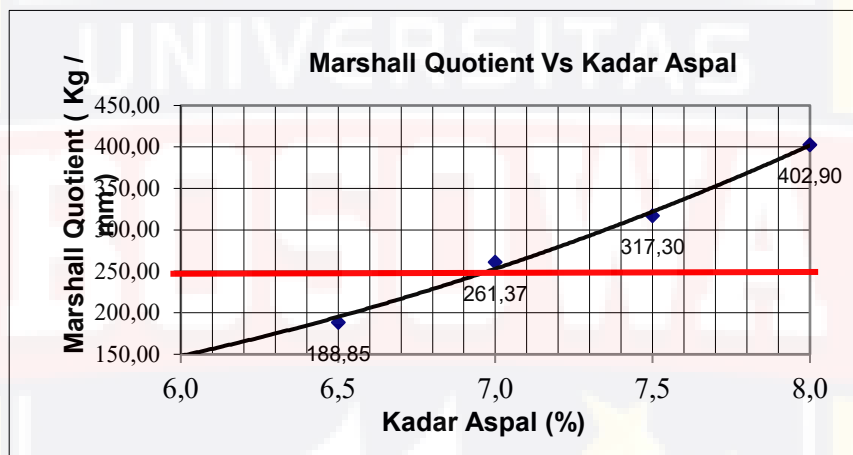
➤ Stabilitas Minimum 800 (KG)



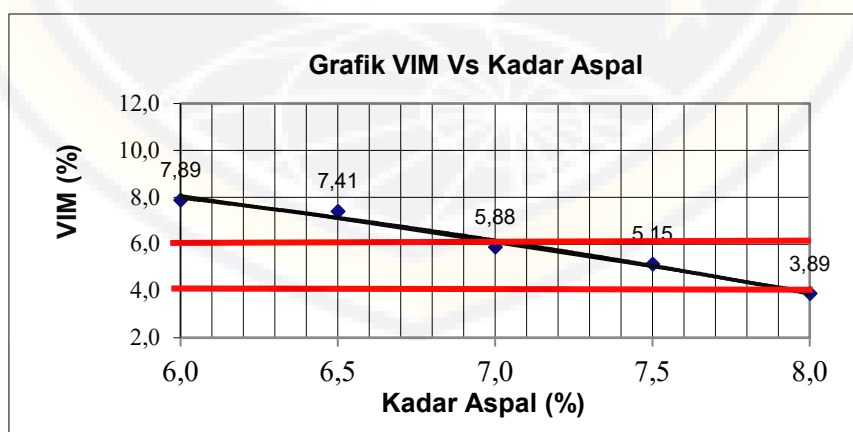
➤ Pelelehan (Flow)p



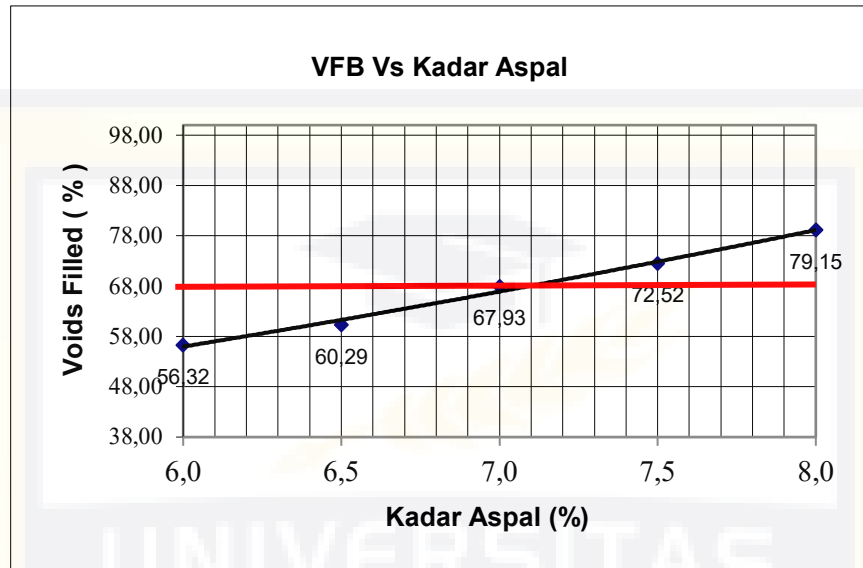
➤ Marshall Quotient 250 (Kg/mm)



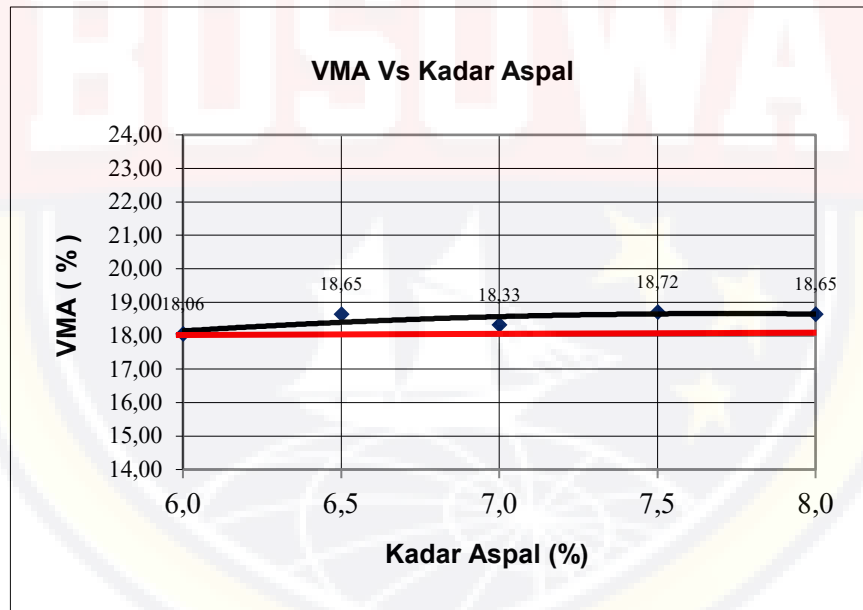
➤ Rongga Dalam Campuran (VIM) Antara 4,0 – 6,0 (%)



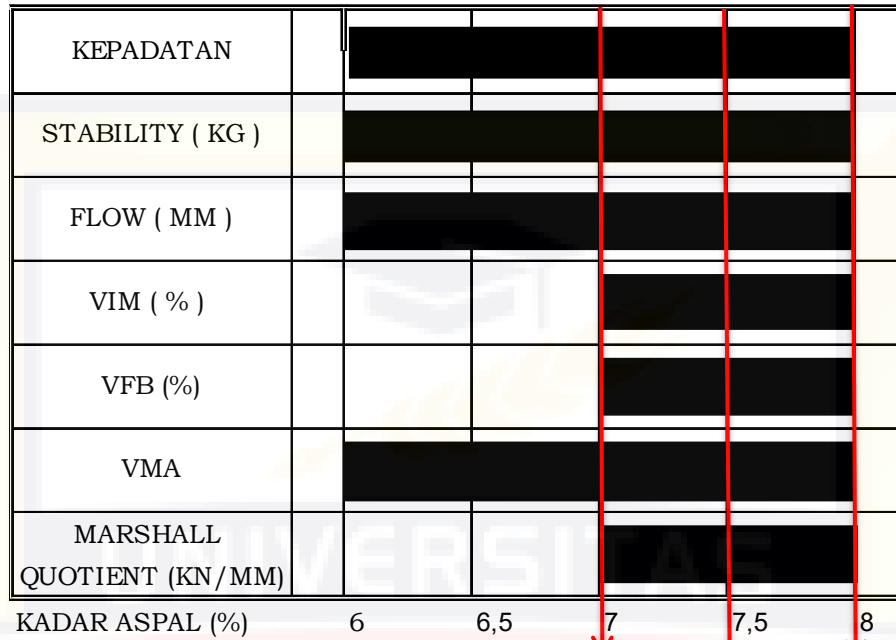
➤ Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 68 (%)



➤ Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 18 (%)



➤ **Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum**



$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal Optimum} &= \frac{7,0 + 8,0}{2} \\ &= 7,5 \end{aligned}$$

KADAR ASPAL OPTIMUM = 7,5



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL SISA TEST

Nama : Safari Tabaika

Penetrasi : 60/70

campuran : HRS - WC

Berat Jenis Aspal (T) : 1.005 Gr/Cc

Tanggal Test : 20 Oktober 2021

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif (%)		Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	% Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (Kg)		(mm)	(kg/mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)							
	a	b	c	d	A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
					$A - \left(\frac{P}{100}\right) \times (100 - A)$	% terhadap total Campuran				100					$100(D - I) / D$		$\frac{L}{M}$		Combined	$T(100 - A) / B$ $100.T / D$	$1000(A - P) / TO(100 - A)$	$100 - (I / B) \times (100 - A)$	$(R - J) / R$	
I	10	38	51	1	6,44	7,5	2,73	2,82	2,49	1175,50	677,20	1176,70	499,50	2,35	5,34	124,00	1921,50	3,80	505,66	4,83	1,14	14,16	20,22	73,59
II	10	38	51	1	6,44	7,5	2,73	2,82	2,49	1169,70	667,20	1170,70	503,50	2,32	6,56	151,00	2339,90	3,50	668,54	4,83	1,14	14,16	21,25	69,14
III	10	38	51	1	6,44	7,5	2,73	2,82	2,49	1178,40	675,20	1179,50	504,30	2,34	6,01	142,00	2200,43	2,90	758,77	4,83	1,14	14,16	20,79	71,09
Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°									2,49					5,97	139,00	2153,94	3,40	644,32	4,83	1,14	14,16	20,75	71,24	
I	10	38	51	1	6,44	7,5	2,73	2,82	2,49	1172,40	675,20	1175,60	500,40	2,34	5,76	100,00	1549,60	3,90	397,33	4,83	1,14	14,16	20,58	72,01
II	10	38	51	1	6,44	7,5	2,73	2,82	2,49	1189,00	690,20	1193,80	503,60	2,36	5,03	141,00	2184,94	3,30	662,10	4,83	1,14	14,16	19,96	74,79
III	10	38	51	1	6,44	7,5	2,73	2,82	2,49	1184,10	686,40	1187,80	501,40	2,36	5,01	163,00	2525,85	3,20	789,33	4,83	1,14	14,16	19,94	74,88
Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60°									2,49	1181,83	683,93	1185,73	501,80	2,36	5,27	134,67	2086,79	3,47	616,25	4,83	1,14	14,16	20,16	73,87
SPESIFIKASI															Min 4-6	Min 600	Min 2-4	Min 250			Min 18	Min 68		

$$\text{Stabilitas Sisa} = \frac{\text{Perendaman 24 jam}}{\text{Perendaman 30 Menit}} = \frac{2086,79}{2153,9} \times 100\% = 96,88 > 90$$

PERHITUNGAN KOMPOSISI CAMPURAN VARIASI PASIR LAUT SEBAGAI AGREGAT HALUS

Kadar Aspal =		7,5	%		100 %	-	7,5	%	=	92,5	
Hasil Combine											
Batu Pecah 1-2 cm	10	%	x	92,5	%	=	0,0925	x	1200	=	111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38	%	x	92,5	%	=	0,3515	x	1200	=	421,8
Abu Batu	51	%	x	92,5	%	=	0,47175	x	1200	=	566,1
	Pasir Laut 60% =			566,1	x	60%					
		=		339,66							
	Abu Batu 40% =			566,1	-	339,66					
		=		226,44							
Filler	1	%	x	92,5	%	=	0,00925	x	1200	=	11,1
Aspal	7,5	%			X				1200	=	90
											1200

Kadar Aspal =		7,5	%		100 %	-	7,5	%	=	92,5	
Hasil Combine											
Batu Pecah 1-2 cm	10	%	x	92,5	%	=	0,0925	x	1200	=	111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38	%	x	92,5	%	=	0,3515	x	1200	=	421,8
Abu Batu	51	%	x	92,5	%	=	0,47175	x	1200	=	566,1
	Pasir Laut 80% =			566,1	x	80%					
		=		452,88							
	Abu Batu 20% =			566,1	-	452,88					
		=		113,22							
Filler	1	%	x	92,5	%	=	0,00925	x	1200	=	11,1
Aspal	7,5	%			X				1200	=	90
											1200

Kadar Aspal =		7,5	%		100 %	-	7,5	%	=	92,5	
Hasil Combine											
Batu Pecah 1-2 cm	10	%	x	92,5	%	=	0,0925	x	1200	=	111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38	%	x	92,5	%	=	0,3515	x	1200	=	421,8
Abu Batu	51	%	x	92,5	%	=	0,47175	x	1200	=	566,1
	Pasir Laut 100% =			566,1	x	100%					
		=		566,1							
	Abu Batu 0% =			566,1	-	566,1					
		=		0							
Filler	1	%	x	92,5	%	=	0,00925	x	1200	=	11,1
Aspal	7,5	%			X				1200	=	90
											1200



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL, FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Rumus Komposisi Campuran HRS

Kadar Aspal = 6 % 100 % - 6 % = 94,00											
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	94,00	%	=	0,09	x	1200	=	112,80
BP 0,5 - 1	38	%	x	94,00	%	=	0,36	x	1200	=	428,64
Pasir Laut	51	%	x	94,00	%	=	0,48	x	1200	=	575,28
Filler	1	%	x	94,00	%	=	0,01	x	1200	=	11,28
Aspal	6	%			X				1200	=	72,00
1200,00											

Kadar Aspal = 6,5 % 100 % - 6,5 % = 93,50											
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	93,50	%	=	0,09	x	1200	=	112,20
BP 0,5 - 1	38	%	x	93,50	%	=	0,36	x	1200	=	426,36
Pasir Laut	51	%	x	93,50	%	=	0,48	x	1200	=	572,22
Filler	1	%	x	93,50	%	=	0,01	x	1200	=	11,22
Aspal	6,5	%			X				1200	=	78,00
1200,00											

Kadar Aspal = 7 % 100 % - 7 % = 93,00											
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	93,00	%	=	0,09	x	1200	=	111,60
BP 0,5 - 1	38	%	x	93,00	%	=	0,35	x	1200	=	424,08
Pasir Laut	51	%	x	93,00	%	=	0,47	x	1200	=	569,16
Filler	1	%	x	93,00	%	=	0,01	x	1200	=	11,16
Aspal	7	%			X				1200	=	84,00
1200,00											

Kadar Aspal =		7,5 %		100 %	-	7,5 %	=	92,50
Hasil Combine								
BP 1-2	10 %	x	92,50 %	=	0,09	x	1200	= 111,00
BP 0,5 - 1	38 %	x	92,50 %	=	0,35	x	1200	= 421,80
Pasir Laut	51 %	x	92,50 %	=	0,47	x	1200	= 566,10
Filler	1 %	x	92,50 %	=	0,01	x	1200	= 11,10
Aspal	7,5 %			X			1200	= 90,00
								<u>1200,00</u>

Kadar Aspal =		8 %		100 %	-	8 %	=	92,00
Hasil Combine								
BP 1-2	10 %	x	92,00 %	=	0,092	x	1200	= 110,40
BP 0,5 - 1	38 %	x	92,00 %	=	0,3496	x	1200	= 419,52
Pasir Laut	51 %	x	92,00 %	=	0,4692	x	1200	= 563,04
Filler	1 %	x	92,00 %	=	0,0092	x	1200	= 11,04
Aspal	8 %			X			1200	= 96,00
								<u>1200,00</u>

Diperiksa Oleh

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.



**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

SNI 03-2442-1991

Material : Aspal

Sumber : Pabrik

Tanggal : 27 Agustus 2021


URAIAN		I	II
Berat Piknometer (gram)	A	53,50	51,90
Berat Piknometer + Air (gram)	B	116,40	111,70
BERAT AIR / ISI PIKNOMETER (gram)	(B - A)	62,90	59,80
Berat Piknometer + Aspal (gram)	C	86,60	84,30
BERAT ASPAL (gram)	(C - A)	33,10	32,40
Berat Piknometer + Air + Aspal (gram)	D	116,50	111,90
BERAT AIR (gram)	(D - C)	29,90	27,60
Berat Jenis Aspal	$\frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$	1,003	1,006
Rata-rata		1,005	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.



**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Abu Batu

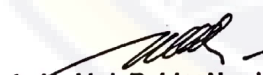
Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 27 Agustus 2021

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500.30	1500.10
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1360.00	1363.40
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	9.35	9.11
4	Hasil Rata - rata	9.23	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 27 Agustus 2021


No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.40	2500.60
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2475.40	2475.80
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	1.00	0.99
4	Hasil Rata - rata	1.00	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 0,5 - 1


Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 27 Agustus 2021


No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.40	2500.60
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2475.40	2475.80
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	1.00	0.99
4	Hasil Rata - rata	1.00	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 1 - 2

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 27 Agustus 2021


No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.3	2500.5
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2479.2	2477.4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	0.84	0.92
4	Hasil Rata - rata	0.88	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1969-1990

Material : Batu Pecah 1 - 2

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2445.20	2450.80	2448.00
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2500.50	2500.60	2500.55
Berat benda uji didalam air	B_a	1565.40	1570.40	1567.90

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.61	2.63	2.62
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.67	2.69	2.68
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.78	2.78	2.78
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.26	2.03	2.15

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1969-1990

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven B_k	2448,20	2439,10	2443,65
Berat benda uji kering - permukaan jenuh B_j	2500,50	2500,70	2500,60
Berat benda uji didalam air B_a	1586,30	1578,80	1582,55

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,68	2,65	2,66
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,74	2,71	2,72
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,84	2,84	2,84
Penyerapan (Absorption) $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,14	2,53	2,33

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BCSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

SNI 03-1969-1990

Material : Abu Batu

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500.00	500.30	500.15
Berat benda uji kering oven B_k	487.40	488.60	488.00
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	688.30	687.40	687.85
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) B_t	1009.80	1011.60	1010.70

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2.73	2.78	2.75
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2.80	2.84	2.82
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.94	2.97	2.95
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2.61	2.35	2.48

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1988 - 1990

Material : Batu Pecah 1 - 2

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 25 Agustus 2021

Saringan No	Total : 2500,10			Total : 2500,30			Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	1432,10	57,28	42,72	1261,80	50,47	49,53	46,13
3/8"	2395,50	95,82	4,18	2375,90	95,02	4,98	4,58
No. 8	2426,50	97,06	2,94	2433,70	97,34	2,66	2,80
No. 30	2428,70	97,14	2,86	2443,10	97,71	2,29	2,57
No. 200	2443,00	97,72	2,28	2453,20	98,12	1,88	2,08





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

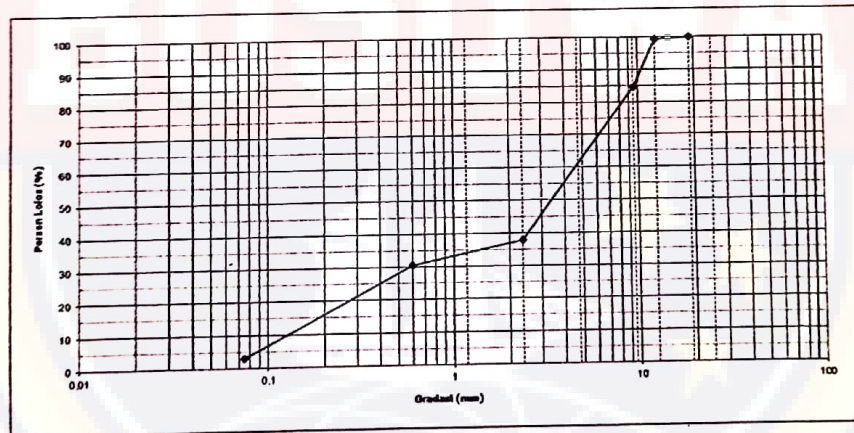
AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1968 - 1990

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

Saringan No	Total :	2500,00		Total :	2500,10		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	6,10	0,24	99,76	8,40	0,34	99,66	99,71
3/8"	393,40	15,74	84,26	364,60	14,58	85,42	84,84
No. 8	1569,70	62,79	37,21	1561,70	62,47	37,53	37,37
No. 30	1724,90	69,00	31,00	1714,20	68,57	31,43	31,22
No. 200	2393,90	95,76	4,24	2373,80	94,95	5,05	4,65




Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

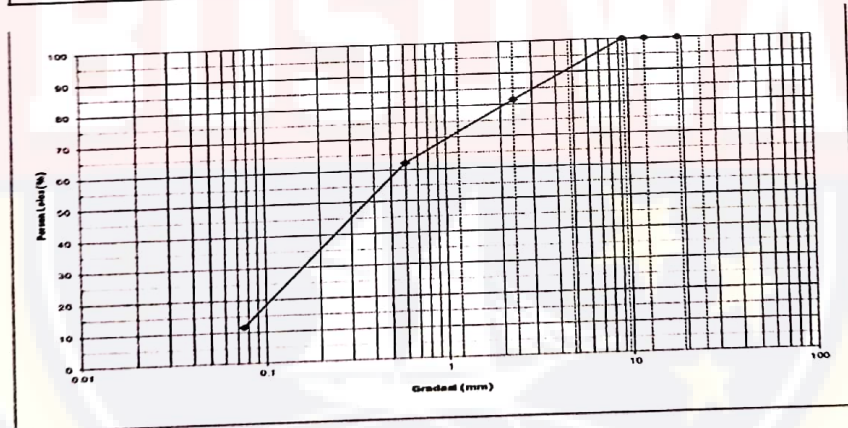
AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1968 - 1990

Material : Pasir Laut

Sumber : Pantai Kuri

Tanggal : 26 Agustus 2021

Saringan No	Total :	2500,00		Total :	2500,00		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 8	0,40	0,02	99,98	0,50	0,02	99,98	99,98
No. 30	708,30	28,33	71,67	849,10	33,96	66,04	68,85
No. 200	2346,40	93,86	6,14	2327,00	93,08	6,92	6,53



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN FILLER

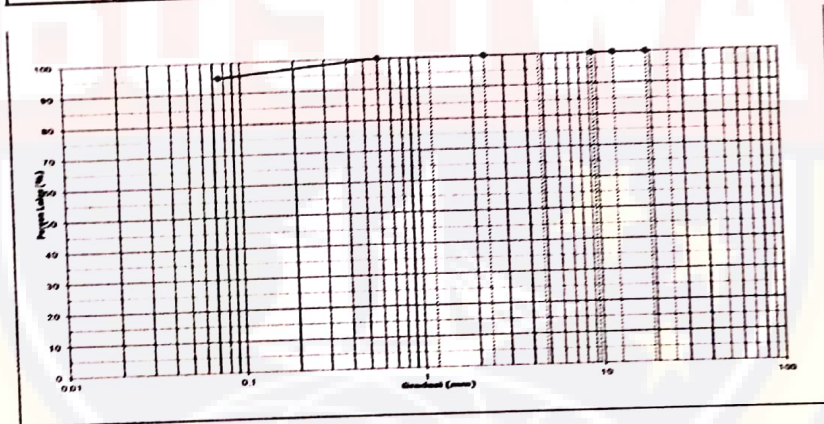
AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1988 - 1990

Material : Semen

Sumber : Bill-Bill

Tanggal : 28 Agustus 2021

Saringan No	2000,0				2000			Rata - rata % Lolos
	Total : Sampel	1		Total : Sampel	2			
	Kumulatif	%	%	Kumulatif	%	%		
3/4"	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	
1/2"	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	
3/8"	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	
No. 8	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	
No. 30	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	
No. 200	98,5	4,83	95,18	97,2	4,86	95,14	95,16	



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT
(COMBINE)

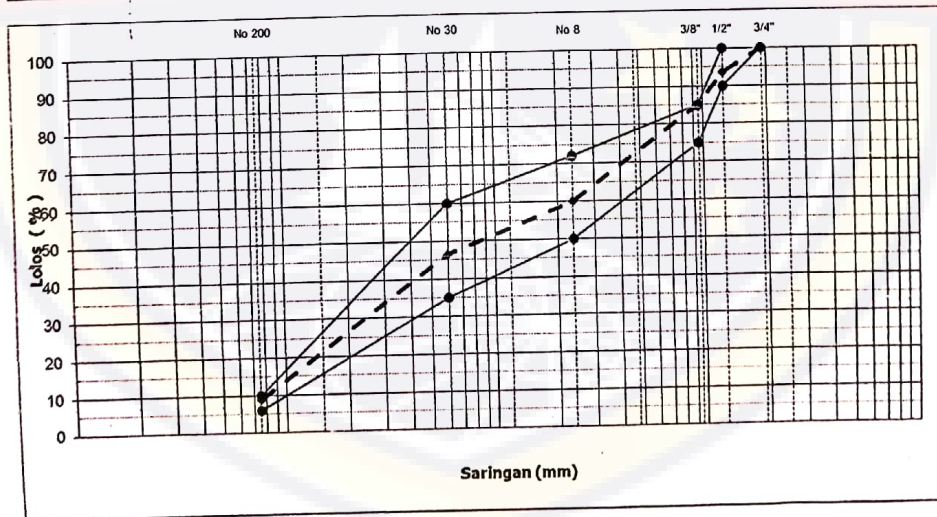
Material : BP 1-2, BP 0,5-1, Abu Batu, Filler

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

No Saringan	Gradasi Agregat (Rata-rata)				Gradasi Penggabungan Agregat Combine (AC-WC)						Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI			
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00							100	0,41
1/2"	46,13	99,71	100,00	100,00	94,50							90-100	0,41
3/8"	4,58	84,84	100,00	100,00	84,70							75-85	0,41
# 8	2,80	37,37	99,23	100,00	66,09							50-72	0,82
# 30	2,57	31,22	59,14	100,00	43,28							35-50	2,87
# 200	2,08	4,65	10,39	95,00	8,22							6-10	32,77

a. Batu Pecah 1 - 2	10				
b. Batu Pecah 0,5 - 1	38				
c. Abu Batu	51				
d. Filler	1				
	100				
Total Luas Permukaan Agregat (M²/KG)	4,83				



MARSHALL TEST
(AASHTO T. 246 - 97 (2003))

Peralatan : 507/70
 Berat dan Aspal (T) : 1.005 gr/cc

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)	Kadar Aspal Emulsi	Kadar Aspal	Bj. Bulk Gab	Bj. Emulsi Gab	Bj. Campuran (SMH)	Bj. Bulk		Bj. Campuran (Spesifikasi)	Rongga Dalam (VMA)	Rongga Total (VTV)	Kerapatan Relatif (K _r)	Ketebalan (mm)	M _h (kg/mm ²)	Luas Permukaan Aspal (m ²)	Absorpsi Aspal Total	Tebal Film	Rongga Dalam (VMA)	Rongga Terisi (VFA)			
							Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S				
I	38	51	1	6,41	2,73	2,81	2,51	1189,0	672,2	1179	508,8	2,31	8,2	110,0	1659,5	3,40	488,1	5,61	0,6	9,809	20,54	59,99
II	38	51	1	6,41	2,72	2,81	2,51	1155,9	658,4	1164,7	506,3	2,28	9,2	135,0	2036,6	2,80	783,3	5,61	0,6	8,608	21,09	58,51
III	38	51	1	6,41	2,73	2,81	2,51	1192,7	670,5	1208,4	539,9	2,23	11,4	145,0	2187,5	2,40	911,5	5,61	0,6	9,808	23,33	90,96
I	30	51	1	6,51	2,73	2,81	2,49	1172,6	667,0	1183,37	618,33	2,27	9,6	130,0	1881,21	2,80	727,6	5,61	0,8	9,808	21,64	65,02
II	30	51	1	6,51	2,73	2,81	2,49	1180,4	674,4	1185,5	511,1	2,31	7,4	108,0	1628,3	3,10	525,6	5,61	0,6	10,788	20,86	64,70
III	30	51	1	6,51	2,73	2,81	2,49	1191,3	684,3	1195,9	511,6	2,33	6,6	148,0	2202,6	3,70	595,3	5,61	0,6	10,788	20,21	67,34
I	30	51	1	6,51	2,73	2,81	2,49	1186,07	686,6	1197,6	529,0	2,24	10,0	145,0	2187,5	2,90	754,3	5,61	0,6	10,788	23,14	56,64
II	30	51	1	6,51	2,73	2,81	2,49	1188,07	687,7	1193,00	517,23	2,29	8,0	133,0	2008,47	3,23	629,1	5,61	0,8	10,788	21,41	62,89
III	30	51	1	6,51	2,73	2,81	2,49	1188,7	693,5	1195	501,5	2,27	4,3	130,0	1961,2	2,20	691,5	5,61	0,6	11,779	19,35	77,62
I	38	51	1	6,42	2,73	2,81	2,47	1188,6	692,6	1199,2	506,6	2,35	5,1	128,0	1991,0	2,40	804,6	5,61	0,6	11,779	20,03	74,33
II	38	51	1	6,42	2,73	2,81	2,47	1188,6	692,6	1199,2	506,6	2,35	5,1	128,0	1991,0	2,40	804,6	5,61	0,6	11,779	20,03	74,33
III	38	51	1	6,42	2,73	2,81	2,47	1191,3	692,5	1200,6	508,1	2,34	5,2	130,0	2052,2	3,90	321,1	5,61	0,6	11,779	20,09	74,08
I	30	51	1	6,42	2,73	2,81	2,47	1188,87	692,67	1198,27	505,40	2,35	4,9	113,7	1714,80	2,83	672,4	5,61	0,6	11,779	19,82	76,34
II	30	51	1	6,42	2,73	2,81	2,47	1179,9	679,3	1188,6	489,3	2,41	0,8	70,0	1056,0	3,60	293,3	5,61	0,1	13,654	18,42	95,80
III	30	51	1	6,42	2,73	2,81	2,47	1164,9	675,3	1188,9	511,6	2,28	6,1	88,0	1327,6	2,60	510,6	5,61	0,1	13,654	22,81	73,04
I	38	51	1	7,37	2,73	2,77	2,43	1184,7	667,4	1187,3	519,9	2,28	6,1	102,0	1538,0	2,40	641,2	5,61	0,1	13,654	22,75	73,39
II	38	51	1	7,37	2,73	2,77	2,43	1184,7	667,4	1187,3	519,9	2,28	6,1	102,0	1538,0	2,40	641,2	5,61	0,1	13,654	22,75	73,39
III	38	51	1	7,37	2,73	2,77	2,43	1176,60	674,00	1181,27	507,27	2,32	4,3	88,7	1307,48	2,87	481,7	5,61	0,1	13,654	21,33	80,64
I	38	51	1	7,44	2,73	2,81	2,43	1185,6	680,2	1184,1	503,9	2,31	5,0	97,0	1463,4	3,50	418,1	5,61	0,6	13,793	22,01	77,29
II	38	51	1	7,44	2,73	2,81	2,43	1188,4	676,5	1171	484,5	2,36	3,0	107,0	1614,2	3,30	489,2	5,61	0,6	13,793	20,34	65,43
III	38	51	1	7,44	2,73	2,81	2,43	1172,8	671,5	1180	509,5	2,31	4,4	110,0	1639,3	3,10	535,3	5,61	0,6	13,793	22,24	76,36
I	38	51	1	7,44	2,73	2,81	2,43	1188,93	678,07	1179,37	507,30	2,33	4,4	104,7	1519,03	3,30	489,9	5,61	0,6	13,793	21,63	79,66
II	38	51	1	7,44	2,73	2,81	2,43	1188,93	678,07	1179,37	507,30	2,33	4,4	104,7	1519,03	3,30	489,9	5,61	0,6	13,793	21,63	79,66
III	38	51	1	7,44	2,73	2,81	2,43	1188,93	678,07	1179,37	507,30	2,33	4,4	104,7	1519,03	3,30	489,9	5,61	0,6	13,793	21,63	79,66

SPESIFIKASI

Min 4,3

Min 3,0 - 6,0

Min 800

Min 2,4

Min 280

Max 1,2

Min 15

Min 65



**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOJOWA**

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT

(COMBINE)

Material : BP 1-2, BP 0,5-1, Pasir Laut, Filler

Nama : Anto

Sumber : Laboratorium Aspal & Bahan Jalan

Tanggal : 26 Agustus 2021

No Saringan	Gradasi Agregat (Rata-rata)				Gradasi Penggabungan Agregat Combine (AC-WC)						Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI			
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00							100	0,41
1/2"	46,13	99,71	100,00	100,00	94,50							90-100	0,41
3/8"	4,58	84,84	100,00	100,00	84,70							75-85	0,41
# 8	2,80	37,37	99,98	100,00	66,47							50-72	0,82
# 30	2,57	31,22	68,85	100,00	48,24							35-60	2,87
# 200	2,08	4,65	6,53	95,00	6,25							6-10	32,77

a Batu Pecah 1 - 2	10					
b Batu Pecah 0,5 - 1	38					
c Abu Batu	51					
d Filler	1					
	100					
Total Luas Permukaan Agregat (M²/KG)	4,33					

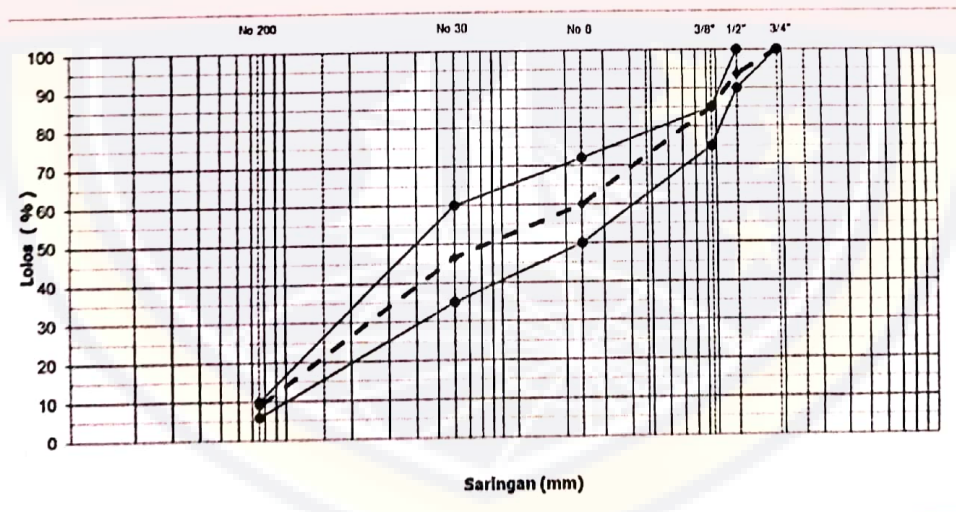
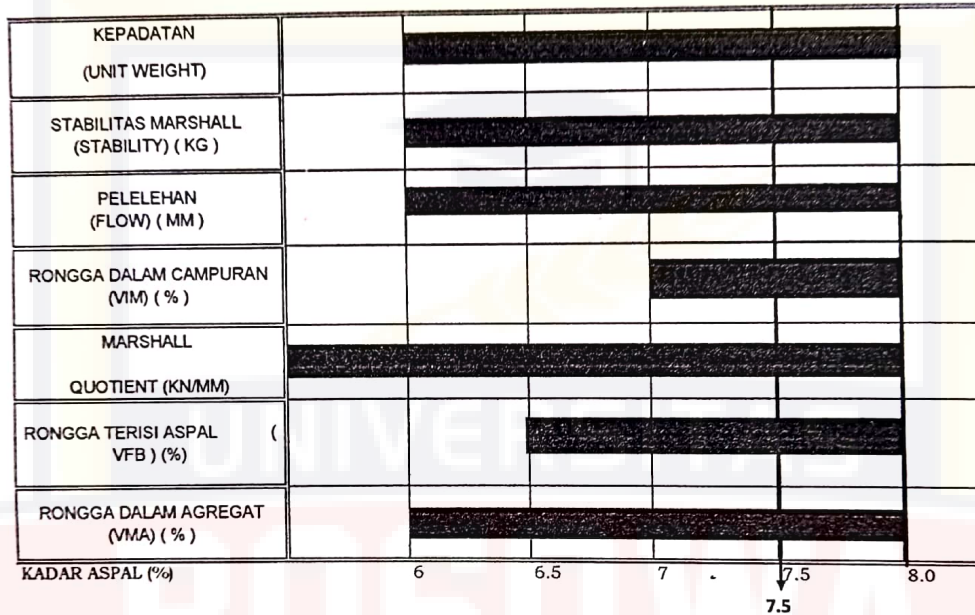


DIAGRAM PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM



$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{7 + 8}{2}$$

$$= 7.5$$

$$\text{KAO} = 7.5\%$$



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL NORMAL

Nama : Safari Tabaika

Penetrasi : 60/70

campuran : HRS - WC

Berat Jenis Aspal (T) : 1.005 Gr/Cc

Tanggal Test : 26 Agustus 2021

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.40	2.55
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.47	2.65
c	Abu Batu	2.47	2.66
d	Filler	3.14	3.14

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal	Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (teoritis)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk campuran (Kepadatan)	%	Stability Kg		(mm)	(Kg/mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)											
	a	b	c	d					A	B	C				D	Di Udara (In Air)							Di Air (In Water)	Kering Permukaan	Rongga dalam Campuran (VIM)	Pembacaan	Disesuaikan (kalibrasi)	Pelelehan	Marshall Quetient	P	Q	R	S
								100					E	100 (D - I)		(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi		L	Combined	$A + \frac{T(100-A)}{B}$	$1000(A - P)$	$100 - (I / B)$	$\frac{(R - J)}{R} \times 100$										
					% Terhadap Total Pencampuran			$\frac{100-A}{C} + \frac{A}{T}$			G - F	H	D			M	$\frac{100.T}{D}$	TO (100 - A)		(100 - A)													
I	10	38	51	1	7,5	2,49	2,58	2,31	1167,00	664,50	1196,50	532,00	2,19	5,1	90,10	1359,27	4,10	331,53	4,83	1,28	13,85	18,65	72,82										
II	10	38	51	1	7,5	2,49	2,58	2,31	1166,50	661,50	1197,10	535,60	2,18	5,7	85,50	1289,87	4,30	299,97	4,83	1,28	13,85	19,23	70,11										
III	10	38	51	1	7,5	2,49	2,58	2,31	1168,10	665,80	1195,90	530,10	2,20	4,6	89,20	1345,69	4,20	320,40	4,83	1,28	13,85	18,28	74,63										
								Rata-Rata				532,57	2,19	5,2	88,3	1331,61	4,2	317,30	4,83	1,28	13,85	18,72	72,52										
SPEKIFIKASI																																	
														4.0-6.0		Min 600		Min 250				Min 18	Min 68										



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST 3 hari

Nama : Safari Tabaika

Penetrasi : 60/70

campuran : HRS - WC

Berat Jenis Aspal (T) : 1.005 Gr/Cc

Tanggal Test : 11 Oktober 2021

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2,62	2,78
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2,66	2,84
c	Abu Batu	2,75	2,95
d	Filler	3,17	3,17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				%			Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran GMM	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	%	Stabilitas (Kg)		(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Kadar Pasir Laut				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Rongga Dalam Campuran (VIM)	Pembacaan							
a	b	c	d	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
				$A - \frac{(P/100) \times (100-A)}{100}$	% terhadap total Campuran	% Terhadap Kadar Filler				$\frac{100}{\frac{100-A}{C} + \frac{A}{T}}$				G - F	$\frac{E}{H}$	$\frac{100(D-I)}{D}$	(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi	$\frac{L}{M}$	Combine	$A + \frac{T(100-A)}{B}$	$\frac{1000(A-P)}{100 \cdot T}$	$\frac{100 - (R-J)}{(100-A)}$	$\frac{(R-J)}{R} \times 100$		
IA	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1193,20	691,70	1196,50	504,80	2,36	4,92	77	1193,19	3,45	345,85	4,83	1,14	14,15	19,87	75,22
IIA	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1190,60	688,20	1195,20	507,00	2,35	5,54	71	1100,22	3,30	333,40	4,83	1,14	14,15	20,39	72,82
IIIA	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1191,90	687,90	1195,30	507,40	2,35	5,51	74	1146,70	3,65	314,17	4,83	1,14	14,15	20,37	72,93
Perendaman 3 Hari Suhu 60°C										2,49			506,40	2,35	5,33	74,00	1146,70	3,47	331,14	4,83	1,14	14,15	20,21	73,66	
IA	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1198,80	695,80	1206,70	510,90	2,35	5,62	75	1162,20	3,45	336,87	4,83	1,14	14,15	20,46	72,54
IIA	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1200,10	698,50	1208,20	509,70	2,35	5,29	76	1177,70	3,90	301,97	4,83	1,14	14,15	20,18	73,77
IIIA	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1198,20	689,90	1200,10	510,20	2,35	5,54	72	1115,71	3,35	333,05	4,83	1,14	14,15	20,39	72,84
Perendaman 3 Hari Suhu 60°C										Rata - rata			510,27	2,35	5,48	74,33	1151,87	3,57	323,96	4,83	1,14	14,15	20,34	73,05	
IA	10	38	51	1	6,44	7,5	100	2,73	2,82	2,49	1192,80	690,20	1196,10	505,90	2,36	5,16	74	1146,70	3,80	301,76	4,83	1,14	14,15	20,07	74,28
IIA	10	38	51	1	6,44	7,5	100	2,73	2,82	2,49	1189,40	684,60	1194,40	509,80	2,33	6,16	68	1053,73	3,45	305,43	4,83	1,14	14,15	20,91	70,56
IIIA	10	38	51	1	6,44	7,5	100	2,73	2,82	2,49	1192,60	688,50	1195,30	506,80	2,35	5,35	71	1100,22	3,55	309,92	4,83	1,14	14,15	20,23	73,57
Perendaman 3 Hari Suhu 60°C										Rata - rata			507,50	2,35	5,56	71,00	1100,22	3,60	305,70	4,83	1,14	14,15	20,40	72,80	
SPESIFIKASI															Min 4,0 - 6,0		Min 600	min 2-4	Min. 250			Min 18	Min 68		



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST 7 hari

Nama : Safari Tabaika

Penetrasi : 60/70

campuran : HRS - WC

Berat Jenis Aspal (T) : 1.005 Gr/Cc

Tanggal Test : 15 Oktober 2021

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2,62	2,78
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2,66	2,84
c	Abu Batu	2,75	2,95
d	Filler	3,17	3,17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar (%)			Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (Kg)		(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Kadar Pasir Laut				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)							
a	b	c	d	A	% terhadap total Campuran	% Terhadap p Kadar Filler	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
				$A - \frac{(P/100) \times (100-A)}{100}$					$\frac{100-A}{C} \times \frac{A}{T}$				G - F	$\frac{E}{H}$	$\frac{100(D-I)}{D}$		$(Pembacaan \times Kalibrasi \text{ Alat}) \times \text{Angka Korelasi}$	$\frac{L}{M}$	Combine	$A + \frac{T(100-A)}{B}$	$\frac{1000(A-P)}{100(100-A)}$	$100 - \frac{(R-J)}{(100-A)} \times 100$	$\frac{R}{R}$		
IB	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1176,40	684,50	1177,90	493,40	2,38	4,10	70	1084,72	3,75	289,26	4,83	1,14	14,15	19,17	78,63
IIB	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1188,20	686,70	1194,50	507,80	2,34	5,88	74	1146,70	3,50	327,63	4,83	1,14	14,15	20,68	71,56
IIIB	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1183,70	685,60	1197,10	511,50	2,31	6,92	69	1069,22	3,40	314,48	4,83	1,14	14,15	21,55	67,91
Perendaman 7 Hari Suhu 60°C										2,49				504,23	2,35	5,63	71,00	1100,22	3,55	310,46	4,83	1,14	14,15	20,47	72,70
IB	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1190,90	690,30	1196,00	505,70	2,35	5,28	69	1069,22	3,40	314,48	4,83	1,14	14,15	20,17	73,84
IIB	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1189,30	685,70	1196,10	510,40	2,33	6,27	73	1131,21	4,05	279,31	4,83	1,14	14,15	21,01	70,13
IIIB	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1191,20	686,60	1195,10	508,50	2,34	5,77	67	1088,15	3,55	306,52	4,83	1,14	14,15	20,59	71,95
Perendaman 7 Hari Suhu 60°C										Rata - rata				508,20	2,34	5,78	69,67	1096,19	3,67	300,10	4,83	1,14	14,15	20,59	71,98
IB	10	38	51	1	6,44	7,5	100	2,73	2,82	2,49	1197,60	692,40	1195,80	503,40	2,38	4,31	70	1084,72	3,90	278,13	4,83	1,14	14,15	19,35	77,74
IIB	10	38	51	1	6,44	7,5	100	2,73	2,82	2,49	1192,90	689,70	1195,10	505,40	2,36	5,06	68	1053,73	3,50	301,07	4,83	1,14	14,15	19,99	74,68
IIIB	10	38	51	1	6,44	7,5	100	2,73	2,82	2,49	1194,20	687,20	1196,20	509,00	2,35	5,63	71	1100,22	3,70	297,36	4,83	1,14	14,15	20,47	72,49
Perendaman 7 Hari Suhu 60°C										Rata - rata				505,93	2,36	5,00	69,67	1079,55	3,70	292,18	4,83	1,14	14,15	19,94	74,97
SPESIFIKASI															Min 4,0 - 6,0	Min 600	min 2-4	Min. 250			Min 18	Min 68			



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST 14 hari

Nama : Safari Tabaika

Penetrasi : 60/70

campuran : HRS - WC

Berat Jenis Aspal (T) : 1.005 Gr/Cc

Tanggal Test : 22 Oktober 2021

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2,62	2,78
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2,66	2,84
c	Abu Batu	2,75	2,95
d	Filler	3,17	3,17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar (%)			Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (Kg)		(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Kadar Pasir Laut				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)							
a	b	c	d	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		
				$A = \frac{P}{100} \times (100 - A)$	% terhadap total Campuran	% Terhadap Kadar Filler			$\frac{100}{100 - A} \times \frac{A}{C}$				$G - F$	$\frac{E}{H}$	$100 \left(\frac{D - I}{D} \right)$	(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi	$\frac{L}{M}$	Combine	$A + \frac{T(100 - A)}{B} - \frac{100 \cdot T}{D}$	$\frac{1000(A - P)}{TO(100 - A)}$	$100 - \left(\frac{I}{B} \right) \times (100 - A)$	$\left(\frac{R - J}{R} \right) \times 100$			
IC	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1185,50	685,20	1196,60	511,40	2,32	6,76	69	1069,22	3,80	281,37	4,83	1,14	14,15	21,42	68,45
IIC	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1189,80	695,60	1195,30	499,70	2,38	4,23	66	1022,74	3,40	300,80	4,83	1,14	14,15	19,28	78,08
IIIC	10	38	51	1	6,44	7,5	60	2,73	2,82	2,49	1182,10	685,80	1195,00	509,20	2,32	6,62	72	301,54	3,70	301,54	4,83	1,14	14,15	21,30	68,91
Perendaman 14 Hari Suhu 60°C										2,49				506,77	2,34	5,87	69,00	1069,22	3,63	294,57	4,83	1,14	14,15	20,67	71,81
IC	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1189,60	690,20	1195,30	505,10	2,36	5,27	65	1007,24	3,90	258,27	4,83	1,14	14,15	20,16	73,87
IIC	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1190,90	692,40	1196,40	504,00	2,36	4,96	70	1084,72	4,15	261,38	4,83	1,14	14,15	19,90	75,09
IIIC	10	38	51	1	6,44	7,5	80	2,73	2,82	2,49	1187,20	688,80	1195,10	506,30	2,34	5,68	67	1038,23	3,20	324,45	4,83	1,14	14,15	20,51	72,30
Perendaman 14 Hari Suhu 60°C										Rata - rata				505,13	2,35	5,30	67,33	1043,40	3,75	281,36	4,83	1,14	14,15	20,19	73,75
IC	11	30	58	1	6,44	7,5	100	2,73	2,83	2,49	1189,20	680,40	1195,80	515,40	2,31	7,37	67	1038,23	3,80	273,22	4,83	1,15	14,15	21,95	66,44
IIC	11	30	58	1	6,44	7,5	100	2,73	2,83	2,49	1190,90	685,20	1195,90	510,70	2,33	6,38	66	1022,74	3,70	276,42	4,83	1,15	14,15	21,12	69,79
IIIC	11	30	58	1	6,44	7,5	100	2,73	2,83	2,49	1191,30	688,70	1196,50	507,80	2,35	5,82	70	1084,72	3,95	274,61	4,83	1,15	14,15	20,65	71,83
Perendaman 14 Hari Suhu 60°C										Rata - rata				511,30	2,33	6,52	67,67	1048,56	3,82	274,75	4,83	1,15	14,15	21,24	69,35
SPESIFIKASI																Min 4,0 - 6,0		Min 600	min 2-4	Min. 250				Min 18	Min 68

TABEL PENAMBAHAN VARIASI PASIR LAUT

No	Pemeriksaan	Penambahan Pasir Laut				Spesifikasi 2018
		KAO 7.5 %				
		Kadar Pasir Laut 60 %				
		KAO 7,5 %	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,49	2,35	2,35	2,34	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1146,70	1100,22	1069,22	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,47	3,55	3,63	-
4	VIM (%)	5,27	5,33	5,63	5,87	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,21	20,47	20,67	Min 18
6	VFB (%)	73,87	73,66	72,70	71,81	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	331,14	310,46	294,57	Min 250

No	Pemeriksaan	Penambahan Pasir Laut				Spesifikasi 2018
		KAO 7.5 %				
		Kadar Pasir Laut 80 %				
		KAO 7,5 %	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,49	2,35	2,34	2,35	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1151,87	1096,19	1043,40	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,57	3,67	3,75	-
4	VIM (%)	5,27	5,48	5,78	5,30	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,34	20,59	20,19	Min 18
6	VFB (%)	73,87	73,05	71,98	73,75	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	323,96	300,10	281,36	Min 250

No	Pemeriksaan	Penambahan Pasir Laut				Spesifikasi 2018
		KAO 7.5 %				
		Kadar Pasir Laut 100 %				
		KAO 7,5 %	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,49	2,35	2,36	2,33	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1100,22	1079,55	1048,56	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,60	3,70	3,82	-
4	VIM (%)	5,27	5,56	5,00	6,52	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,40	19,94	21,24	Min 18
6	VFB (%)	73,87	72,80	74,97	69,35	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	305,70	292,18	274,75	Min 250

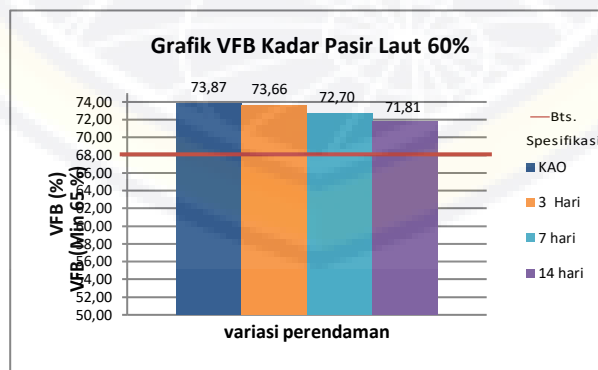
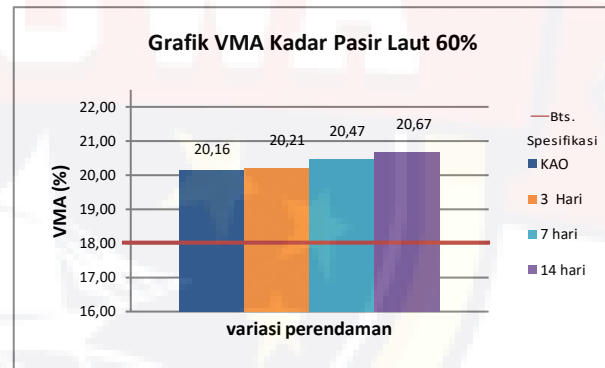
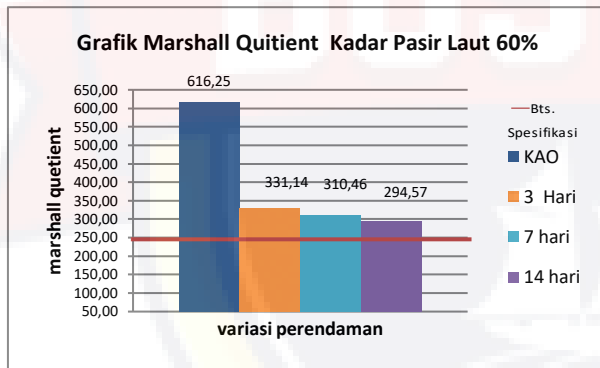
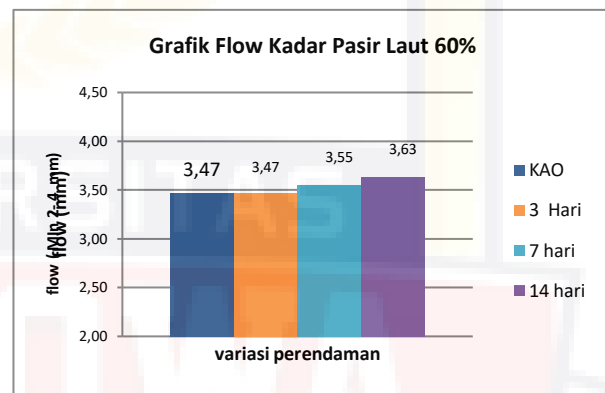
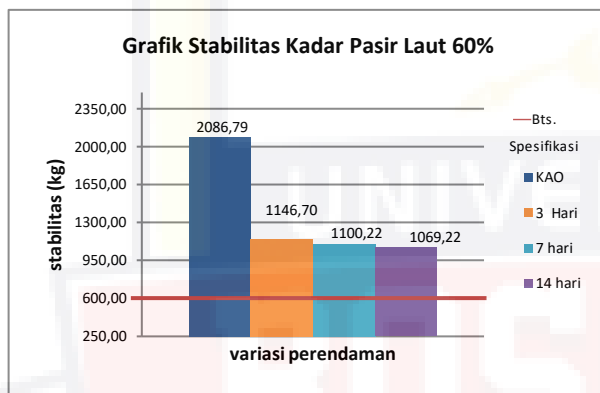
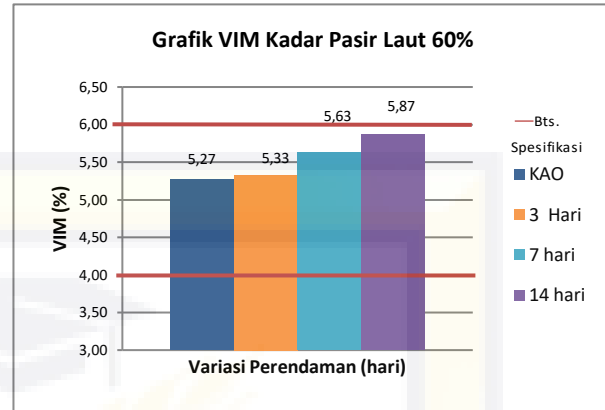
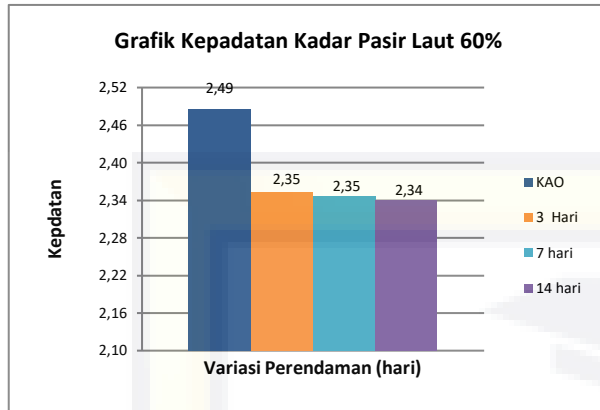
TABEL PERENDAMAN VARIASI PASIR LAUT

No	Pemeriksaan	KAO 7.5 %				Spesifikasi 2018
		Perendaman 24 Jam	Perendaman 3 Hari			
			Pasir Laut			
			60%	80%	100%	
1	Kepadatan	2,36	2,35	2,35	2,35	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1146,70	1151,87	1100,22	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,47	3,57	3,60	-
4	VIM (%)	5,27	5,33	5,48	5,56	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,21	20,34	20,40	Min 18
6	VFB (%)	73,87	73,66	73,05	72,80	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	331,14	323,96	305,70	Min 250

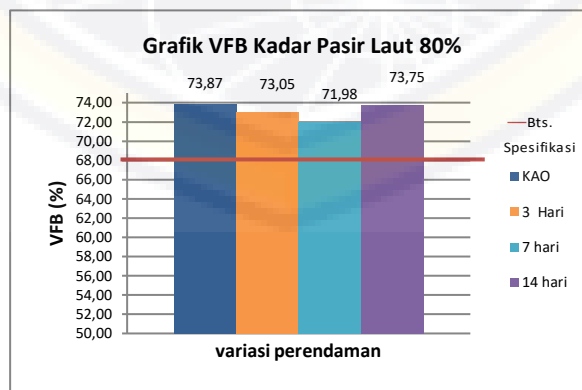
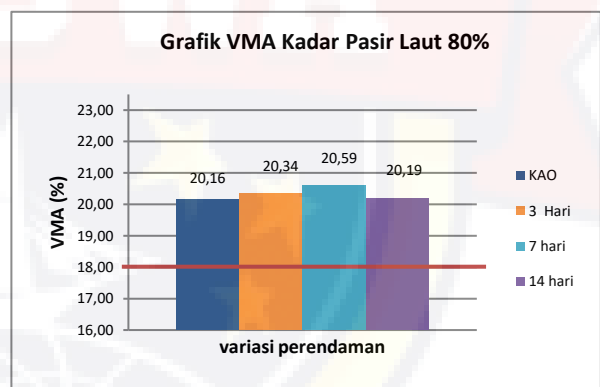
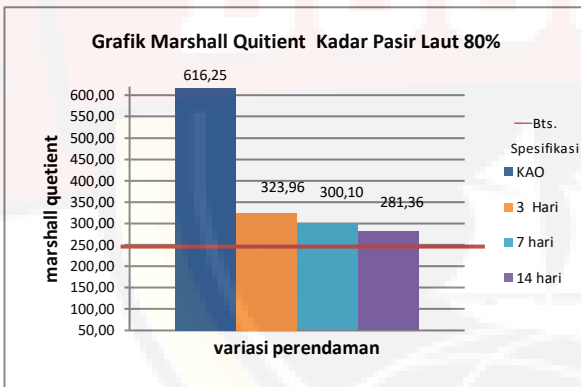
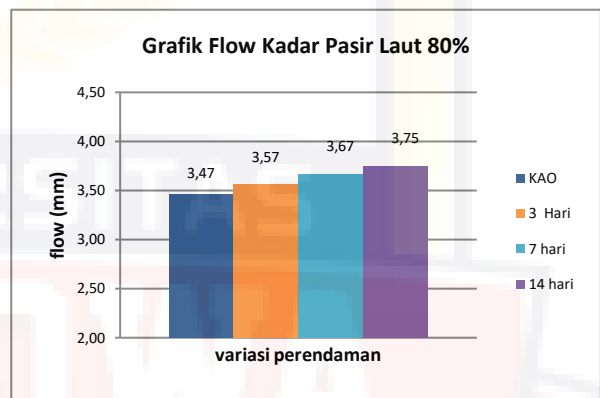
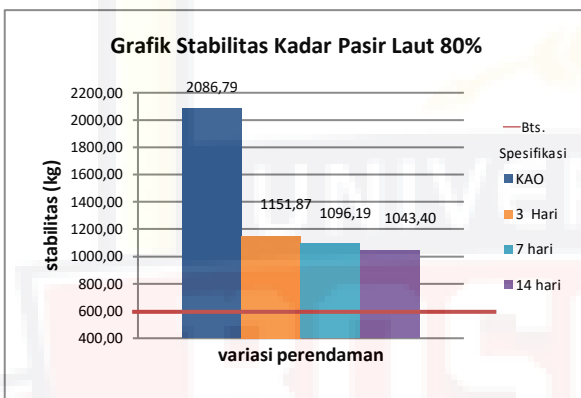
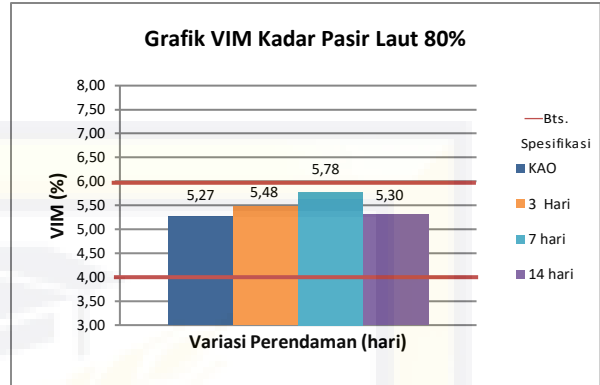
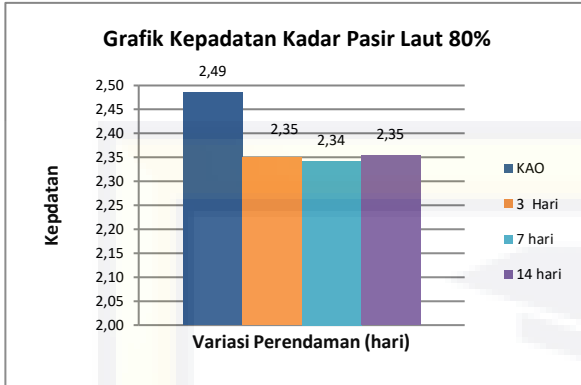
No	Pemeriksaan	KAO 7.5 %				Spesifikasi 2018
		Perendaman 24 Jam	Perendaman 7 Hari			
			Pasir Laut			
			60%	80%	100%	
1	Kepadatan	2,36	2,35	2,34	2,34	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1100,22	1096,19	1079,55	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,55	3,67	3,70	-
4	VIM (%)	5,27	5,63	5,78	5,99	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,47	20,59	20,77	Min 18
6	VFB (%)	73,87	72,70	71,98	71,17	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	310,46	300,10	292,18	Min 250

No	Pemeriksaan	KAO 7.5 %				Spesifikasi 2018
		Perendaman 24 Jam	Perendaman 14 Hari			
			Pasir Laut			
			60%	80%	100%	
1	Kepadatan	2,36	2,34	2,33	2,33	-
2	Stabilitas (Kg)	2086,79	1069,22	1043,40	1048,56	Min 600
3	Flow (mm)	3,47	3,63	3,75	3,82	-
4	VIM (%)	5,27	5,87	6,29	6,34	Min 4 - 6
5	VMA (%)	20,16	20,67	21,02	21,07	Min 18
6	VFB (%)	73,87	71,81	70,14	69,95	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	616,25	294,57	281,36	274,75	Min 250

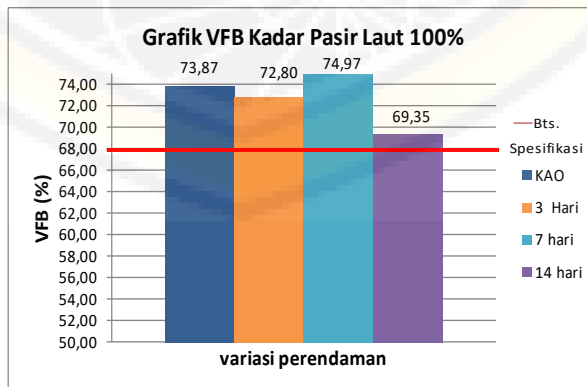
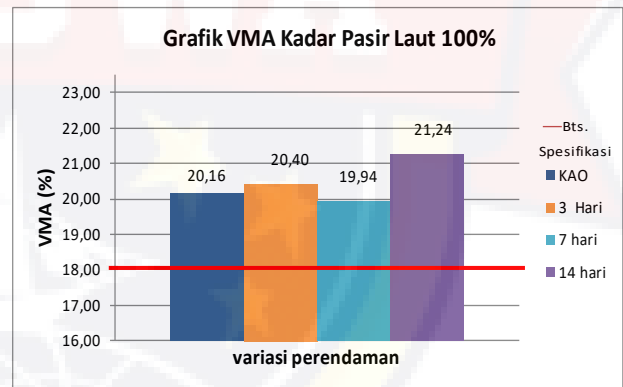
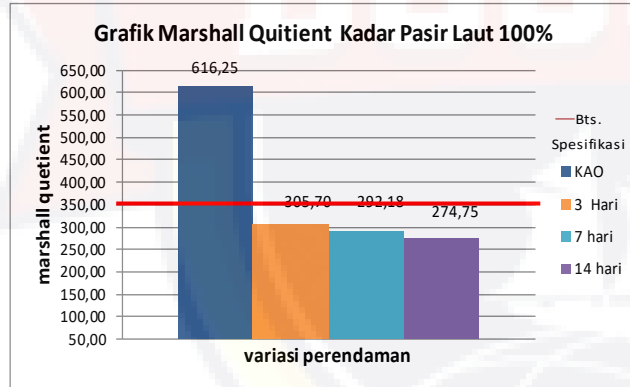
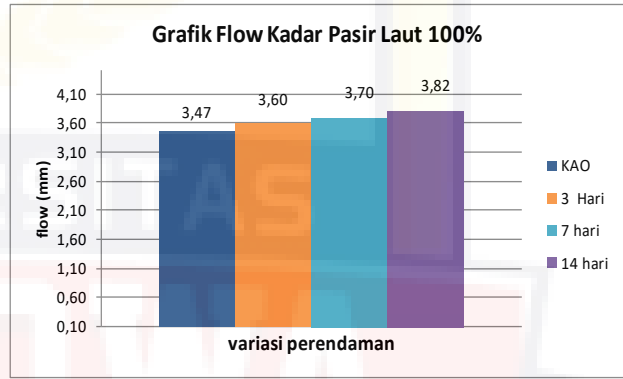
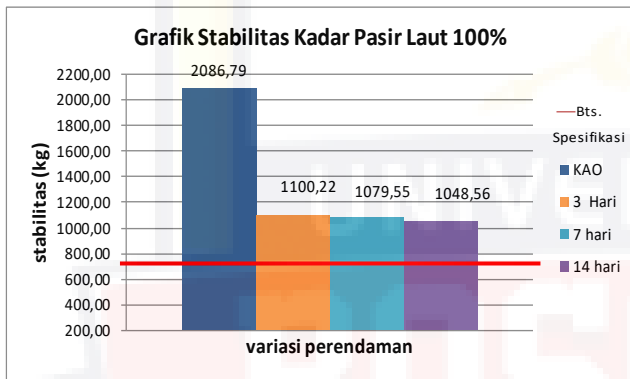
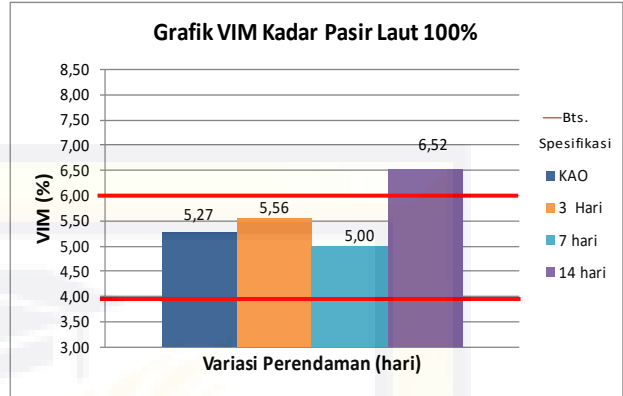
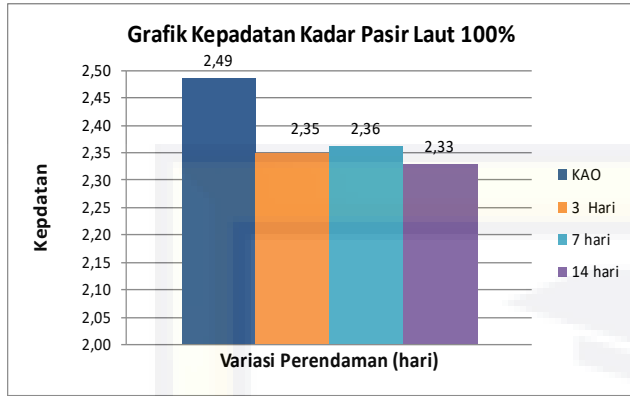
GRAFIK PENAMBAHAN VARIASI PASIR LAUT 60%



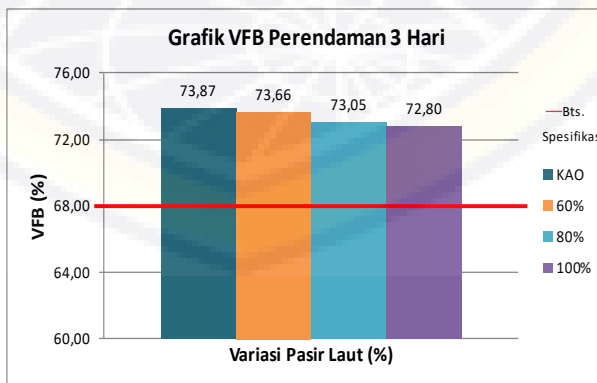
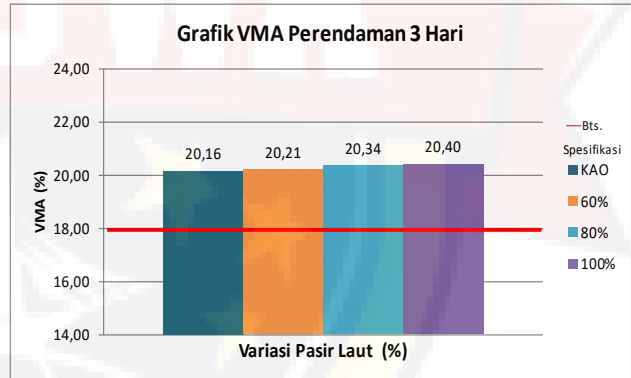
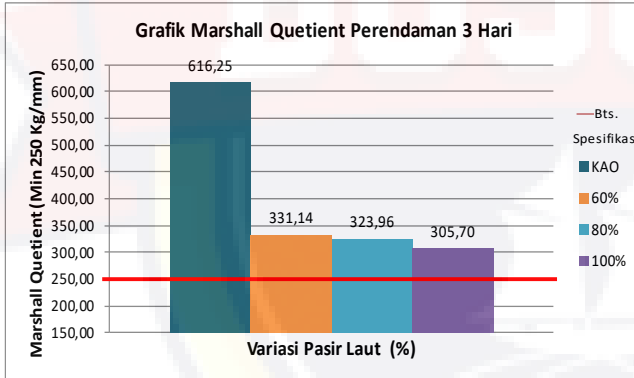
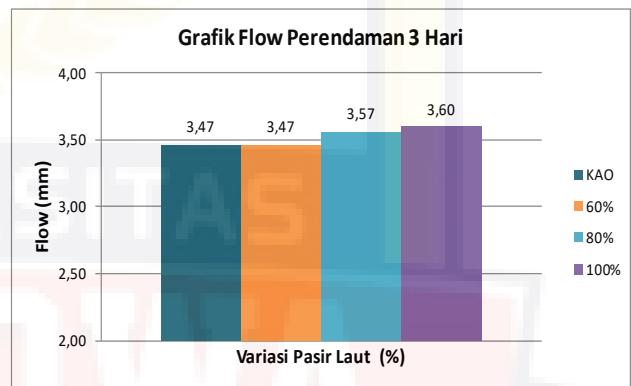
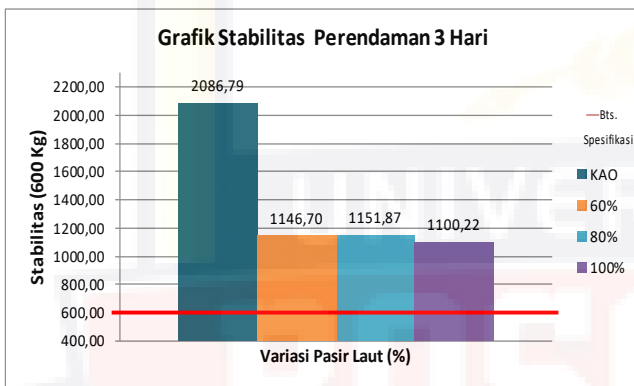
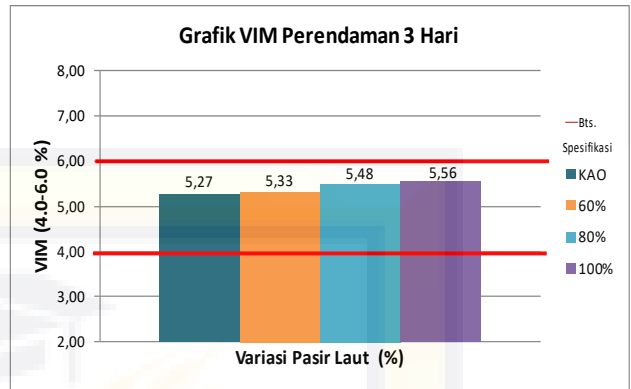
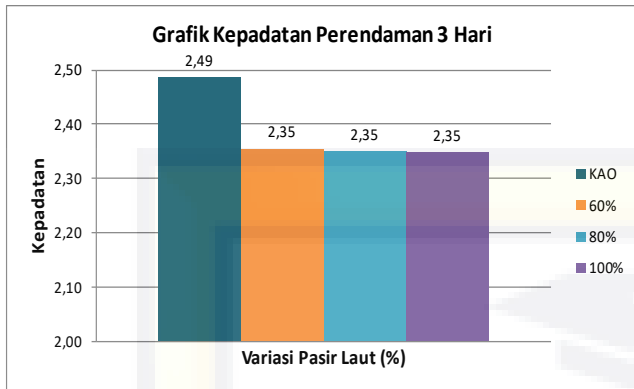
GRAFIK PENAMBAHAN VARIASI PASIR LAUT 80%



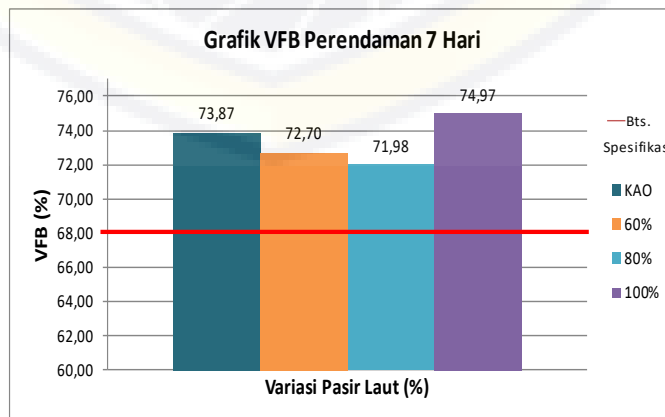
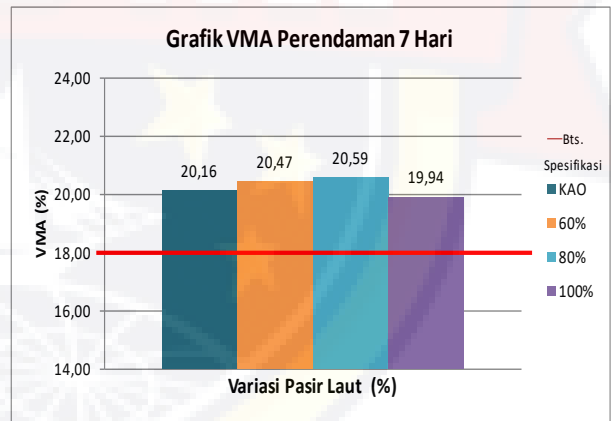
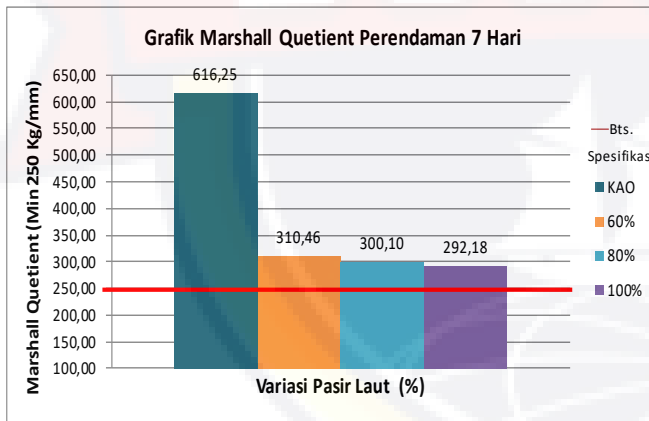
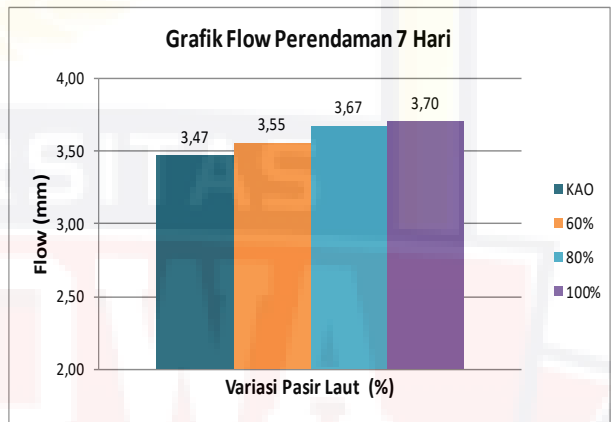
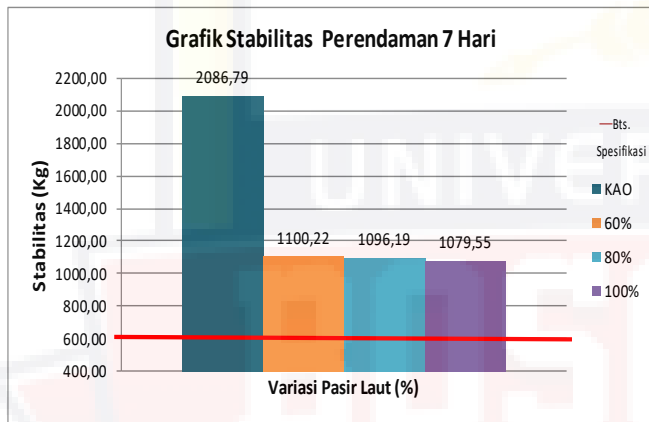
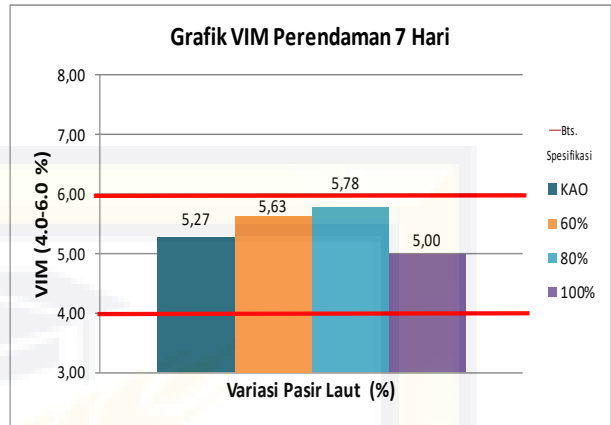
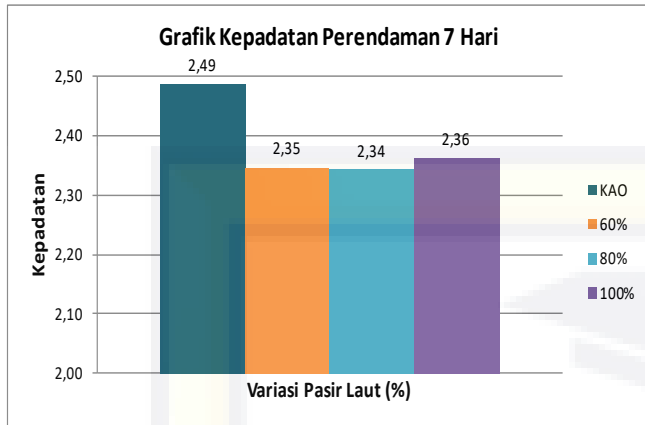
GRAFIK PENAMBAHAN VARIASI PASIR LAUT 100 %



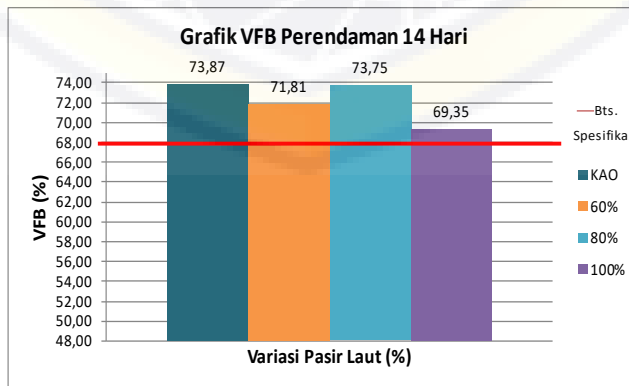
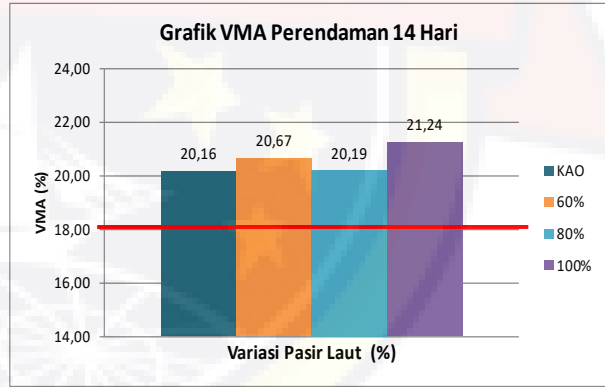
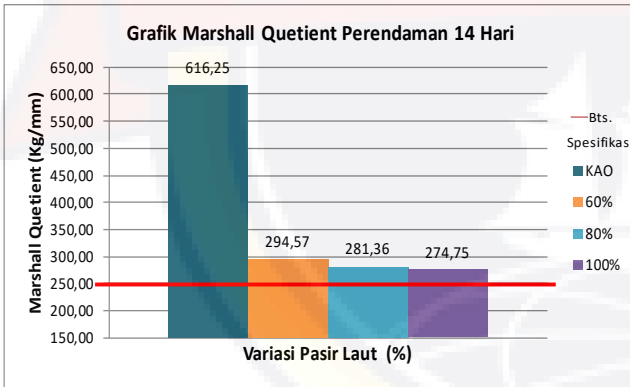
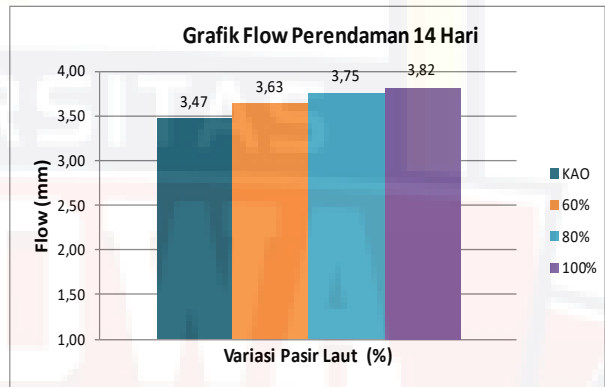
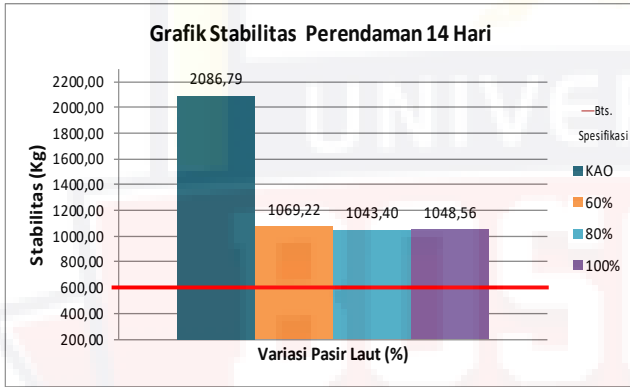
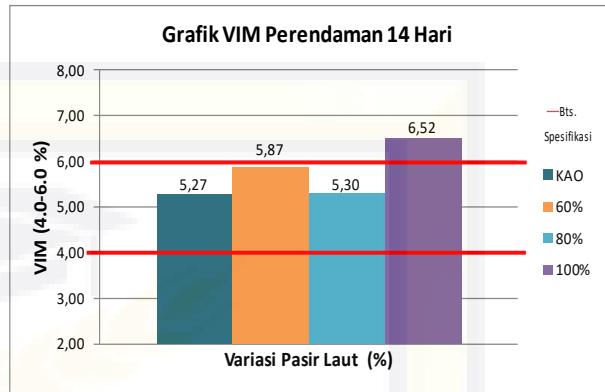
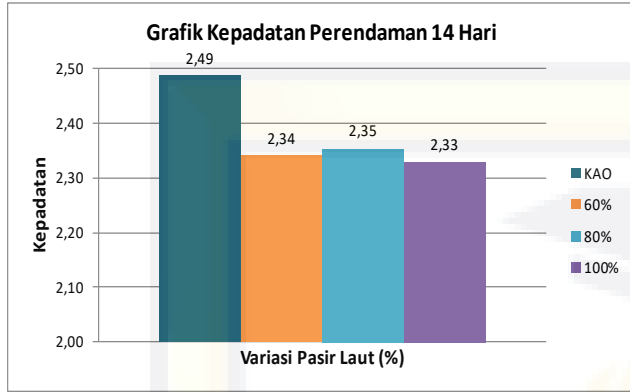
GRAFIK PERENDAMAN VARIASI PASIR LAUT 3 HARI



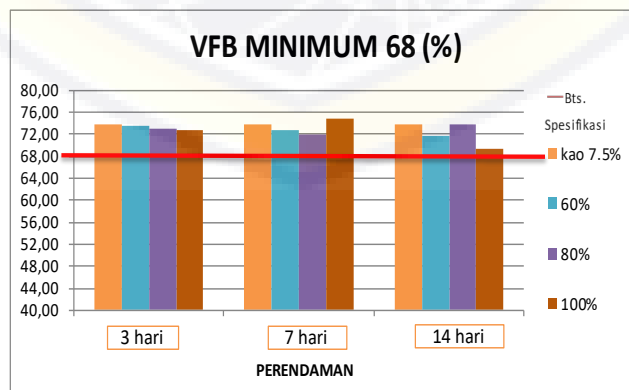
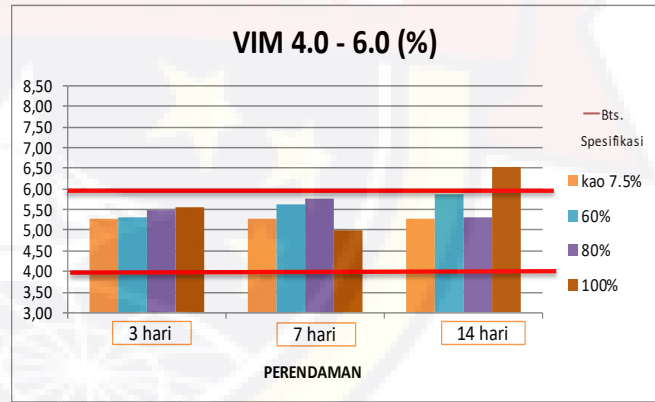
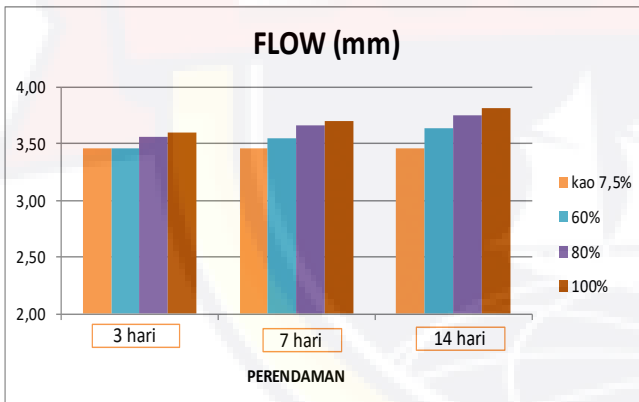
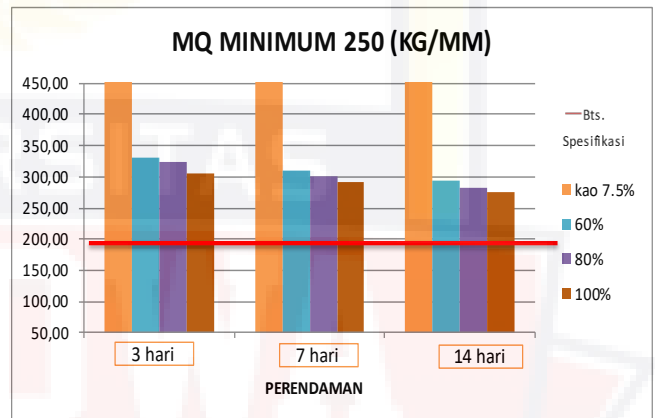
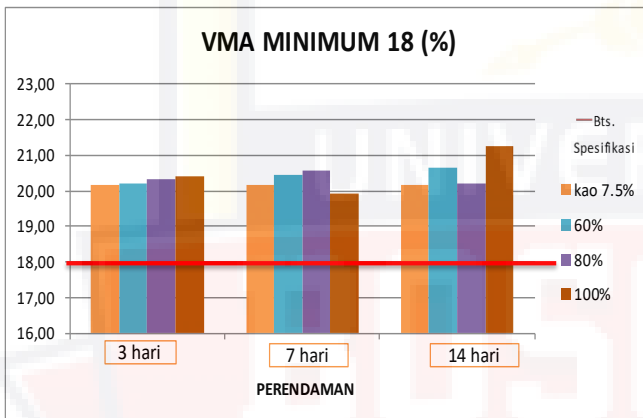
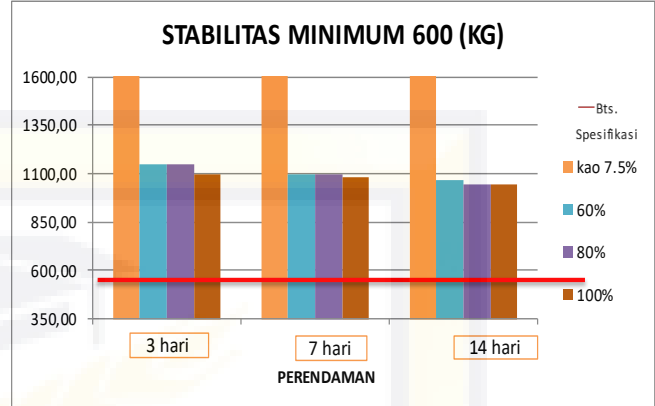
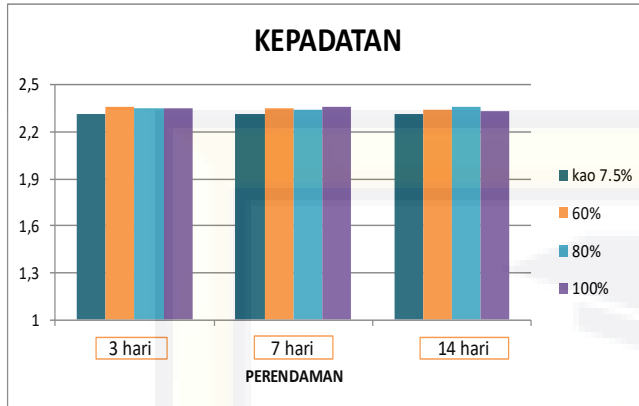
GRAFIK PERENDAMAN VARIASI PASIR LAUT 7 HARI



GRAFIK PERENDAMAN VARIASI PASIR LAUT 14 HARI



Grafik Gabungan KAO Dengan Kadar Pasir Laut



D

O

K

U

M

E

N

T

A

S

I





Proses Sangrai Material



Penambahn aspal Pada material



Sangrai Material Dan Aspal



Proses memasukan material ke dalam mol briket



Proses meratakan material dan aspal menggunakan spatula



Pengukuran suhu pemadatan



Proses Pemadatan Briket



Proses Mengeluarkan mol briket



Proses Mengeluarkan briket



Briket Aspal



Timbang Kering Benda uji



Proses Perendaman



Proses SSD Pada Briket



Timbang SSD



Proses Timbang Dalam Air



Timbang Dalam Air



Proses Perendaman Dalam Waterbath



Proses Uji Marshall