

TUGAS AKHIR

Pengaruh Terendahnya Aspal Oleh Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan Program
Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Nurul Isna Lutfiyah

NIM: 3.02.017.00142

Jauharotun Nisa

NIM: 3.02.017.00194

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2021



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp. (024) 6583584 Ext. 507 Semarang 50112

Usulan Penelitian Tugas Akhir
Pengaruh Terendahnya Aspal Oleh Air Rob Yang Ditinjau Terhadap
Karakteristik Marshall

Yang diajukan oleh :

Nurul Isna Lutfiyah

NIM : 3.02.017.00135

Jauhrotun Nisa

NIM : 3.02.017.00179

Telah disetujui oleh :

Tanggal,

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D

Eko Muliawan Satrio, ST., MT

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil



M. Rusli Ahyar, ST, M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN

Pengaruh Terendamnya Aspal Oleh Air Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall

Oleh :



Nurul Isna Lutfivah
NIM : 3.02.017.00142



Jauhrotun Nisa
NIM : 3.02.017.00194

Telah disetujui dan disahkan di Semarang

Tim Penguji

1. Ir. H. Rachmat Mudiyan, MT., Ph.D
2. Eko Muliwan Satrio ST., MT
3. Ir. Gata Dian Asfari, MT

Tanda Tangan

Universitas Islam Sultan Agung

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng

M Rusli Ahyar, ST., M.Eng



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No:

Pada hari ini tanggal ,, juli 2021 berdasarkan surat keputusan Kaprodi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan dosen pembimbing dan asisten dosen pembimbing :

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudiyan, MT., Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Eko Muliawan Satrio, ST., MT
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi :

Nama : Nurul Isna Lufiyah

Nama : Jauhrotun Nisa

NIM : 3.02.017.00142

NIM : 3.02.017.00194

Judul : Pengaruh Terendahnya Aspal Oleh Air Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing		
2	Proposal		
3	Pengumpulan data		
4	Analisis data		
5	Penyusunan laporan		
6	Selesai laporan		

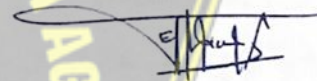
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir/Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D



Eko Muliawan Satrio, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurul Isna Lutfiyah (30201700142)
Jauhrotun Nisa (30201700194)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **Pengaruh Terendamnya Aspal Oleh Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall** merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain dan benar bebas dari plagiasi, dan apabila pernyataan ini terbukti benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 2021

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,


Nurul Isna Lutfiyah


Jauhrotun Nisa



MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ
عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ ءَامَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ
لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِّنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ
الْفَاسِقُونَ

1. Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik. (QS. Ali Imron : 110)

وَلَا تَهِنُوا وَلَا تَحْزَنُوا وَأَنْتُمْ الْأَعْلَوْنَ إِنْ كُنْتُمْ مُّؤْمِنِينَ

2. Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah (pula) kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-orang yang beriman. (QS. Ali 'Imran : 139)

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ

3. Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. (QS. Al-Mujadilah : 11)

وَعَسَى أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَّكُمْ وَعَسَى أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا
وَهُوَ شَرٌّ لَّكُمْ وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

4. Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui. (QS. Al-Baqarah : 216)

مَنْ خَرَجَ فِي طَلَبِ الْعِلْمِ فَهُوَ فِي سَبِيلِ اللَّهِ حَتَّى يَرْجِعَ

5. “Barang siapa keluar mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah hingga ia pulang”. (HR. Turmudzi)

وَقُلْ اَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى
عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ

6. Dan Katakanlah: “Bekerjalah kamu, maka Allah dan Rasul-Nya serta orang-orang mu'min akan melihat pekerjaanmu itu, dan kamu akan dikembalikan kepada (Allah) Yang Mengetahui akan yang ghaib dan yang nyata, lalu diberitakan-Nya kepada kamu apa yang telah kamu kerjakan”. (QS. At-Taubah : 105)

وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا ۚ إِنَّمَا يَبْغَىٰ
عِنْدَكَ الْكِبَرُ أَحَدُهُمَا أَوْ كِلَاهُمَا فَلَا تَقُلْ لَهُمَا أَفٍّ وَلَا تَنْهَرْهُمَا
وَقُلْ لَهُمَا قَوْلًا كَرِيمًا

7. Dan Tuhanmu telah memerintahkan agar kamu jangan menyembah selain Dia dan hendaklah berbuat baik kepada ibu bapak. Jika salah seorang di antara keduanya atau kedua-duanya sampai berusia lanjut dalam pemeliharaanmu, maka sekali-kali janganlah engkau mengatakan kepada keduanya perkataan “ah” dan janganlah engkau membentak keduanya, dan ucapkanlah kepada keduanya perkataan yang baik. (QS. Al-Isra' : 23)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan Semesta alam.
Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Diri saya sendiri karna telah berusaha dalam mengikuti semua proses perkuliahan hingga kini
2. Kedua orang tua saya, Bapak saya Bambang Supriyanto dan Ibu saya Suprihati, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
3. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D dan Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bias menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
6. Partner laporan tugas akhir Jauharotun Nisa. Terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini
7. Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Sipil UNISSULA karna telah mengizinkan dan memperlancar proses praktikum.
8. Adin, Yusia, Vina, Nila, Afidah, Tama, dan Zaki terimakasih karena telah membantu memperlancar proses praktikum dan juga memberi semangat dalam melakukan masa perkuliahan.
9. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Nurul Isna Lutfiyah

NIM : 3.02.017.00142

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan Semesta alam Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Diri saya sendiri karna telah berusaha dalam mengikuti semua proses perkuliahan hingga kini.
2. Kedua orang tua saya, Bapak saya Almarhum Ahmad Sudarno Abdul Aiziz dan Ibu saya Siti Sofiatun atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang , kesabaran dan do'a
3. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Ir. H Rachmat Mudiyono MT., Ph.D., dan Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bias menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
6. Partner laporan tugas akhir Nurul Isna Lutfiyah. Terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Sipil UNISSULA karna telah mengizinkan dan memperlanar proses praktikum.
8. Kedua kakak saya Hasan dan Ismad saya yang telah mendukung semua material.
9. Adin , Yusia , Vina , Nila , Afidah , Tama , dan Zaki terimakasih karena telah membantu memperlancar proses praktikum dan juga memberi semangat dalam melakukan masa perkuliahan.
10. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Jauharotun Nisa

NIM : 3.02.017.00194

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “Rancang Bangun Model Bendung Gerak dengan Radia Gate untuk Penanganan Banjir Rob”. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.
2. Bapak M Rusli Ahyar, ST ,M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.
3. Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bias menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Eko Muliawan Satrio, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untk memberikan bimbingan pada kami agar bias menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Fakultas Teknik Sipil UNISSULA.
6. Kedua orang tua yang telah memberikan doa dan motivasi.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi pada pembaca.

Semarang, 2021

Penulis

Pengaruh Terendamnya Aspal Oleh Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall

ABSTRAK

Nurul Isna Lutfiyah 1*,Jauhrotun Nisa 1*,Rachmat Mudiyo 2, Eko Muliawan Satrio 2

1 Fakultas Teknik , Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

2 Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

Semarang termasuk suatu kota yang terletak di dekat pantai, maka hal tersebut menyebabkan sering mengalami genangan rob atau naiknya muka air laut. Air rob yang sering masuk ke pemukiman warga dan sering juga menggenangi jalan raya. Kawasan yang sering terdampak ialah Semarang Timur. Maka dari itu penelitian lebih lanjut untuk menyelidiki efek yang disebabkan oleh genangan Rob terhadap perkerasan jalan HRS-WC.

Penelitian ini bertujuan untuk mengaji perubahan bentuk karakteristik campuran aspal, pengaruh lama perendaman aspal antara air rob dan air laboratorium, dampak air rob terhadap campuran aspal, dan pengaruh pola perendaman pada campuran aspal terhadap air rob dan air laboratorium. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu eksperimen yang pada dasarnya dapat di definisikan metode sistematis yaitu mencari tahu tentang dampak perlakuan terhadap perilaku yang timbul sebagai akibat perlakuan (Alsa,2002) dan metode yang kedua yaitu sebab akibat antara variable terkait dan variable bebas dengan dapat memperhatikan nilainya(Sugiyono,2011).

Untuk melihat kinerja daya tahan campuran aspal perlu beberapa indeks indicator yaitu *index of retained stability* (IRS), *First Durability Index* (IDP), dan *The Second Durability Index* (IDK). Hasil penelitian menunjukan bahwa efek kerusakan perendaman dengan rob lebih cepat mengalami kerusakan dibandingkan dengan air tawar laboratorium. Merendam campuran aspal HRC-WC memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan air laboratorium. Hal ini ditunjukkan dengan nilai daya tahan (durabilitas) campuran aspal pada rendaman dengan air rob lebih kecil dibandingkan campuran aspal yang di rendam dengan air laboratorium.

Kata kunci : Rob, Perendaman, Daya Tahan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xii
ABSTRAK	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan Penelitian.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Pembatasan Masalah	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penyebab rob.....	6
2.2. Akibat rob	6
2.3. Dampak Rob terhadap Campuran Aspal.....	7
2.4. <i>Hot Rlled Sheet-Wearing Course</i>	7

2.4.1. Bahan Campuran	8
2.4.1.1 proses pengujian Agregat.....	10
2.4.1.2. Aspal sebagai bahan campuran	13
2.5. Karakteristik Campuran Beraspal	17
2.5.1. Stabilitas (Stability).....	17
2.5.2. Daya Tahan (Durability)	17
2.5.3. Kelenturan (Flexibility).....	17
2.5.4. Kekesatan (<i>Skid Resistance</i>)	18
2.5.5. Ketahanan Terhadap Kelelahan (<i>Fatigue Resistance</i>)	18
2.5.6. Kemudahan Pelaksanaan (<i>Workability</i>).....	18
2.5.7. Impermeabilitas (<i>Impermeability</i>).....	18
2.6. Kadar Aspal Optimum	19
2.6.1. Penentuan KAO pada <i>Marshall</i>	20
2.6.2. <i>Density-Void Analysis</i>	21
2.6.2.1. <i>Density</i> atau Kepadatan.....	21
2.6.2.2. VMA atau Voids in Mineral Aggregate	21
2.6.2.3. Voids in the Mix (VIM)	22
2.6.2.4. Voids Filled with Asphalt (VFA).....	23
2.6.2.5. Stabilitas	23
2.6.2.6. Flow	24
2.6.2.7. Marshall Quotient (MQ)	25
2.7. Pengujian Modifikasi	25
2.7.1. Pengujian Standar.....	26
2.7.2. Pengujian Modifikasi	26
2.9. Penelitian Terdahulu	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1. Tipe Penelitian	31
3.2. Waktu dan Tempat	32
3.3. Bahan dan Peralatan Penelitian.....	32
3.3.1. Bahan Penelitian	32
3.3.2. Peralatan Penelitian	32
3.4. Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian	33

BAB IV HASIL DAN ANALISA PENELITIAN	46
4.1. Menghitung Berat Jenis Air Laut	46
4.2. Pembuatan Benda Uji dan Variasi Kadar Kapas 47	47
4.2.1. pengujian Aspal..... 47	47
4.2.1.1. Uji Penetrasi	47
4.2.1.2. Titik Lembek..... 50	50
4.2.1.3. Titik Nyala	53
4.2.2. Bahan Penelitian agregat..... 55	55
4.2.2.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat..... 56	56
4.2.2.2. Analisa Saringan Agregat	62
4.2.2.3. Uji Los Angeles..... 68	68
4.2.2.4. Uji Soundness	71
4.3. Uji Marshall	73
4.3.1. Prosedur Pelaksanaan..... 73	73
4.3.2. Persiapan Benda Uji..... 75	75
4.3.3. Cara Pengujian	77
4.3.4. Hasil Penelitian	78
4.3.5 KAO	79
4.3.6 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall	81
4.4. Uji Durabilitas Modifikasi	90
BAB V PENUTUP.....	95
5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kandungan Aspal (Nuryanto,2008).....	14
Gambar 2.2. Alat Test Marshall dan Marshall Hammer	20
Gambar 2.3. Skema Volume Beton Aspal (Sukirman,2003)	26
Gambar 2.4. Ilustrasi pori Aspal(<i>The Ashpaslt institute, 1983</i>)	27
Gambar 2.5. Gambaran Skerma kurva keawetan (<i>Craus et al., 1981</i>)	31
Gambar 3.1. Bagan Alur Peneliatian	44
Gambar 3.2. Diagram Perendaman Berkala	48
Gambar 3.3. Diagram Perendaman Menerus	48
Gambar 3.4. Perendaman Menerus air lab	49
Gambar 3.5. Perendaman Menerus air lab	49
Gambar 3.6. Perendaman Berkala air lab	50
Gambar 3.7. Perendaman Berkala air lab	50
Gambar 3.8. Perendaman Berkala air lab	50
Gambar 3.9. Perendaman Berkala air lab	50
Gambar 3.10. Perendaman Menerus air rob	50
Gambar 3.11. Perendaman Menerus air rob	50
Gambar 3.12. Uji Titik Lembek	51
Gambar 3.13. Pencampuran aspal dan agregat.....	51
Gambar 3.14. Pemanasan Aspal.....	51
Gambar 3.15. Uji Penetrasi	51
Gambar 3.16. Penumbukan	51
Gambar 3.17. Penimbangan Agregat.....	51
Gambar 3.18. Uji Soundness	51
Gambar 3.19. Hasil perendaman 6 jam air lab	52
Gambar 3.20. Hasil perendaman 6 jamoleh air lab	52
Gambar 3.21. Hasil perendaman 12 jam air lab	52
Gambar 3.22. Hasil perendaman 12 jam air lab	52

Gambar 3.23. Hasil perendaman 24 jam air lab	52
Gambar 3.24. Hasil perendaman 24 jam air lab	52
Gambar 3.25. Hasil perendaman 48 jam air lab	53
Gambar 3.26. Hasil perendaman 48 jam air lab	53
Gambar 3.27. Hasil perendaman 12 jam air lab	53
Gambar 3.28. Hasil perendaman 12 jam air lab	53
Gambar 3.29. Hasil perendaman 24 jam air lab	53
Gambar 3.30. Hasil perendaman 24 jam air lab	53
Gambar 3.31. Hasil perendaman 48 jam air lab	54
Gambar 3.32. Hasil perendaman 48 jam air lab	54
Gambar 3.33. Hasil perendaman 12 jam air rob	54
Gambar 3.34. Hasil perendaman 12 jam air rob	55
Gambar 3.35. Hasil perendaman 24 jam air rob	55
Gambar 3.36. Hasil perendaman 24 jam air rob	55
Gambar 3.37. Hasil perendaman 48 jam air rob	55
Gambar 3.38. Hasil perendaman 48 jam air rob	55
Gambar 3.39. Hasil perendaman 6 jam air rob	55
Gambar 3.40. Hasil perendaman 6 jam air rob	55
Gambar 3.41. Hasil perendaman 12 jam air rob	55
Gambar 3.42. Hasil perendaman 12 jam air rob	56
Gambar 3.43. Hasil perendaman 24 jam air rob	56
Gambar 3.44. Hasil perendaman 24 jam air rob	56
Gambar 3.45. Hasil perendaman 48 jam air rob	56
Gambar 3.46. Hasil perendaman 48 jam air rob	56
Gambar 4.2. Nomogram Untuk Indeks Penetrasi	65
Gambar 4.3. Grafik Analisa Agregat	80
Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Hasil Uji Kepadatan <i>Marshall</i>	98
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Hasil Uji Stabilitas <i>Marshall</i>	99
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Hasil Uji Kelelahan (<i>Flow</i>) <i>Marshall</i>	99

Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Hasil Uji <i>Marshall Quotient</i> (MQ).....	100
Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Hasil Uji VMA <i>Marshall</i>	100
Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Uji VIM <i>Marshall</i>	101
Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Hasil Uji VFW <i>Marshall</i>	101
Gambar 4.11. Grafik Nilai IRS dan Waktu Perendaman	104
Gambar 4.12. Grafik Nilai IDP dan Waktu Perendaman	105
Gambar 4.13. Grafik Nilai IDK (a) dan Waktu Perendaman	105
Gambar 4.14. Grafik Nilai IDK (Sa) dan Waku Perendaman	106

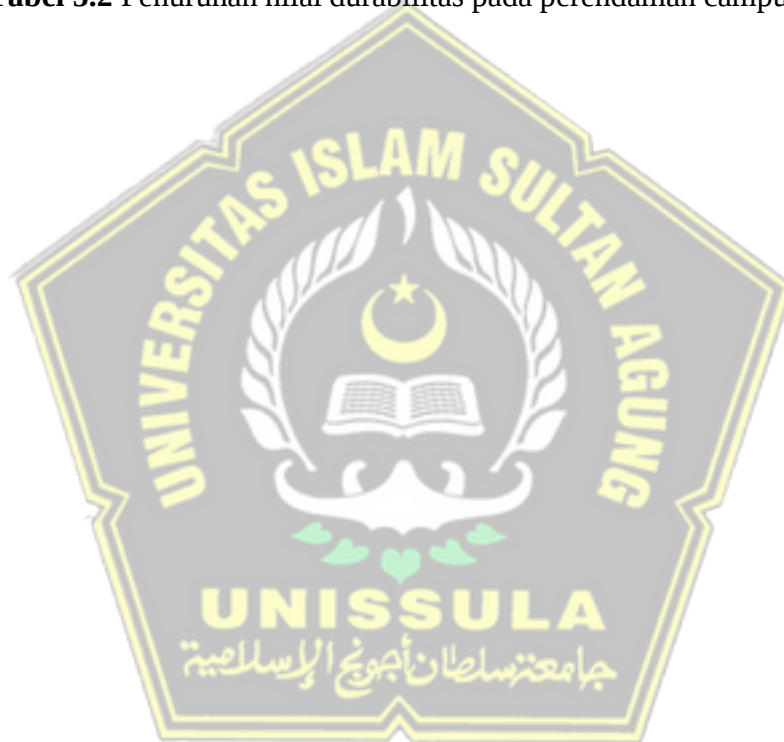




DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat Campuran Lataston.....	10
Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar	11
Tabel 2.3 Pernyataan Agregat Halus.....	12
Tabel 2.4 Ketentuan Aspal Penetrasi 60/70)	19
Tabel 3.1 Perhitungan Jumlah Sampel Penentuan Kadar Aspal Optimum	46
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Air Rob dan Air Laut.....	57
Tabel 4.2 Hasil Uji Penetrasi Aspal	61
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Titik Lembek	64
Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar.....	67
Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Agregat Kasar	71
Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Agregat Halus	73
Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Agregat.....	75
Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan.....	77
Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan.....	78
Tabel 4.10 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan.....	79
Tabel 4.11 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan.....	80
Tabel 4.12 Pebandingan dan Total Agregat	83
Tabel 4.13 Data Agregat.....	83
Tabel 4.14 Kekekalan.....	86
Tabel 4.15 Syarat Pencampuran dan Pemadatan Aspal	88
Tabel 4.16 Hasil Pemeiksaan Aspal	92
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO (sampel 1)	93
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Marshall Pada kondisi Normal.....	93
Tabel 4.19 Hasil Uji Marshall pada campuran HRS-WC pada variasi durasi perendaman air tawar laboratorium dengan perendaman menerus	94
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran HRS-WC dengan Variasi Durasi Perendaman Air Laboratorium Dengan Perendaman Berkala.....	95

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran HRS-WC dengan Variasi Durasi Perendaman Air Rob	96
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran HRS-WC dengan Variasi Durasi Perendaman Air Rob Dengan Metode Perendaman Berkala.....	97
Tabel 4.24 Pengaruh Perendaman Menerus Terhadap Durabilitas Campuran Aspal.....	102
Tabel 4.23 Pengaruh Perendaman Berkala Terhadap Durabilitas Campuran Aspal.....	103
Tabel 5.1 Penurunan nilai durabilitas pada perendaman campuran beraspal	103
Tabel 5.2 Penurunan nilai durabilitas pada perendaman campuran beraspal	103



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki beberapa ruas jalan yang berdekatan dengan pantai sehingga jika air laut pasang jalan akan tergenang oleh air rob. Salah satunya yaitu Kota Semarang yang sering mengalami peristiwa rob. Ruas Jalan yang kerap tergenang diantaranya kawasan Kaligawe dan area Industri Kecil (LIK). Banjir rob adalah salah satu penyebab kerusakan struktur jalan yang kerap terjadi namun Kaligawe memiliki beberapa penyebab lain kehancuran struktur jalan diantaranya disebabkan oleh banyaknya muatan berlebih pada kendaraan berat, cuaca yang berubah-ubah menyebabkan suhu udara juga berubah, dan berubahnya permukaan tanah yang turun per tahunnya, hal tersebut berpengaruh pada permukaan air laut pada daerah di sekitarnya yang meninggi sehingga mengakibatkan terjadinya genangan rob. Air laut mempunyai kandungan asam yang lumayan tinggi sehingga bisa mempengaruhi kualitas dari struktur jalan.

Bhakti (2010) Dikarenakan berada pada daerah pesisir pantai, kasus genangan rob kerap terjadi pada Kota Semarang. Efek yang diakibatkan dari kejadian alam tersebut berpengaruh terhadap pengelola Kota Semarang ataupun kelompok masyarakat yang mengalami dampaknya kerugian. Dampak negatif diantaranya adalah hancurnya prasarana jalan. Rob adalah kejadian yang kerap terjadi di Kota Semarang bagian Timur. Setiap tahunnya, banyaknya bencana rob semakin meningkat dan cenderung semakin menyebar. Hal tersebut diduga disebabkan oleh adanya penurunan permukaan tanah yang menginjak 3 cm – 15 cm pertahun, dan tindakan oseanografi dan klimatologi di Semarang dan sekitarnya.

Kemungkinan kerusakan jalan disebabkan oleh stabilitas pada perkerasan jalan yang tidak optimum dan keragaman dari agregat yang kurang sehingga menyebabkan adanya rongga maupun penghamparan yang terbilang tidak mudah. Dan pembebanan lalu lintas yang tidak sesuai dengan rencana perhitungan awal pada saat terjadinya kerusakan kemungkinan terjadi cracking atau retakan yang

mulanya rongga kemudian terisi oleh air mengembang menjadi lubang hal tersebut dikemukakan oleh Djalante (2011).

Penyebab terjadinya kerusakan jalan menurut Nurhudayah et al (2009) yakni topografi, kontur dan luapan air laut, luapan air sungai dan tidak berfungsinya saluran drainase dengan semestinya. Ketika aspal terendam oleh air secara terus menerus hal tersebut mengakibatkan adanya retakan yang kemudian berkembang menjadi lubang yang disebabkan oleh lepasnya antar bukitan agregat. Sedangkan menurut Suripin, (2004) perlindungan terhadap air merupakan kunci penting terhadap keawetan jalan raya.

Luapan air pada jalan pantura Kota Semarang menyebabkan kerusakan yang terbilang sedang dan berat karena daya durabilitas pada lapisan permukaan mengalami titik jenuh sehingga keterkaitan antar campuran mengalami retakan. Pada saat retakan terjadi beban lalu lintas yang diterima tidak sesuai dengan kemampuan mengakibatkan kerusakan yang makin parah. (Djalante, 2011)

Penelitian Riyadi (2011) mengungkapkan bahwa angka *flow*, VMA (*Void in Mineral Agregat*), VIM (*Void in Mix*) yang tinggi mengakibatkan angka stabilitas dan MQ (*Marshall Quotient*) menurun hal tersebut terjadi karena genangan rob.

Kemudian saran pada penelitian Perdana (2013) yakni dengan perendaman kadar senyawa klorida dan sulfat dimana sampel campuran aspal mempunyai kadar yang berbeda. Kemungkinan terjadi penurunan daya tahan kombinasi aspal.

Berpedoman pada peneliti sebelumnya dan rusaknya lapisan aus disebabkan terendam rob di kota Semarang, oleh karena itu perlu diadakan penelitian menggunakan uji laboratorium tentang dampak rendaman rob kepada karakteristik aspal. Jenis campuran yang di pakai pada penelitian ialah desain yang digunakan untuk lapisan aus dengan kombinasi *Lataston* yang sering disebut (HRS-WC) atau *Hot Rolled Sheet-Wearing Course*. Dan juga variasi dalam rob sebagai perendaman. Perendaman Campuran lapisan aspal dibuat dengan metode perendaman menerus dan berkala. Perendaman menerus dilakukan selama 6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam. Dimana setiap variasi waktu perendaman dibutuhkan 2 sampel benda uji. Sedangkan pada perendaman berkala dilakukan pada waktu 12 jam, 24 jam, dan 48 jam yang dimana pada setiap variasi lamanya durasi 2 benda uji. Teruntuk perendaman siklik atau berkala

benda uji 12 jam perendaman dan 12 jam di angin anginkan, lalu dilakukan uji siklus 24 jam dan 48 jam setelah direndam sampel harus di taruh pada suhu ruangan dan di angin-anginkan.

1.2 Permasalahan penelitian

Sesuai uraian diatas, terdapat beberapa permasalahan yaitu:

- a) Bagaimana karakteristik sampel aspal panas Hot Rolled-Sheet-Wearing Course (HRS-WC) yang terendam oleh rob dan air tawar laboratorium dengan perubahannya.
- b) Membandingkan pengaruh lamanya perendaman yang menggunakan rob dan air tawar laboratorium sampai pada titik mana tingkat keawetan nya (durabilitas).
- c) Dampak perendaman yang divariasikan oleh pola perendaman menerus dan berkala pada campuran aspal panas (HRS-WC).

1.3 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan penelitian, percobaan berikut memiliki tujuan::

- a) Mempelajari perubahan karakteristik pada campuran aspal panas Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) yang terendam pada air yang berasal dari rob lalu membandingkannya dengan yang terendam pada air standar laboratorium.
- b) Mempelajari pengaruh durasi rendaman pada rob dan dibandingkan dengan perendaman pada air tawar laboratorium terhadap keawetan (*durabilitas*) campuran aspal panas (HRS-WC)
- c) Mempelajari sampai mana dampak pola perendaman yang di pakai yaitu menerus (*continuous*) dan siklik atau berkala terhadap data kuat aspal *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC)?

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil yang di dapat dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi pedoman atau sumber referensi kepada pihak yang akan meneliti perkerasan jalan atau pihak yang membutuhkan informasi mengenai perkerasan jalan yang diselenggarakannya. Dan penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan

pertimbangan saat akan melakukan suatu penelitian yang berhubungan campuran aspal panas atau tentang jalan.

1.5 Batasan Masalah

Perlu adanya pembatasan pada penelitian ini supaya tidak menyimpang dari tujuannya.

Berikut lingkup penelitian ini terbatas oleh beberapa ketentuan sebagai berikut:

- i. Gradasi agregat halus dan kasar yang berasal dari batu ex-jepara didapatkan dari hasil pemecahan batu (stone crusher) dari AMP (Asphalt Mixing Plant) PT. Maju Karya.
- ii. Aspal yang digunakan dari Pertamina Penetrasi 60/70
- iii. Proses pencampuran aspal berpedoman pada ketentuan umum Campuran Aspal Standar Departemen Pekerjaan Umum (2010) kemudian campuran aspal yang dibuat yaitu *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC).
- iv. Supaya mendapatkan kombinasi aspal yang digunakan adalah varian aspal Pb – 1%, Pb – 0,5%, Pb%, Pb+0,5%, dan Pb+1%.
- v. Pengujian Durabilitas Modifikasi dan Marshall Menggunakan kurun waktu 6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam. Metode perendaman meliputi pola menerus (*continuous*) dan berkala (*siklik*).
- vi. Pengujian berat jenis rob, untuk bahan rendam aspal HRS-WC.
- vii. Penelitian dikerjakan secara terbatas yaitu pada laboratorium Fakultas Teknik Unissula tanpa adanya uji lapangn.
- viii. Analisa senyawa aspal yang kurang teliti
- ix. Analisa biaya tidak diperhitungkan

1.6 Sistematika Penulisan

Ada pula perencanaan sistematika pada penulisan tesis ini yang disusun sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, maksud dan tujuan penelitian, dan batasan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang membahas tentang jalan dan rob serta gambaran umum tentang isi dari penelitian yang diperoleh dari sumber referensi internet, tesis, penelitian lain, dan skripsi..

BAB III : METODE PENELITIAN

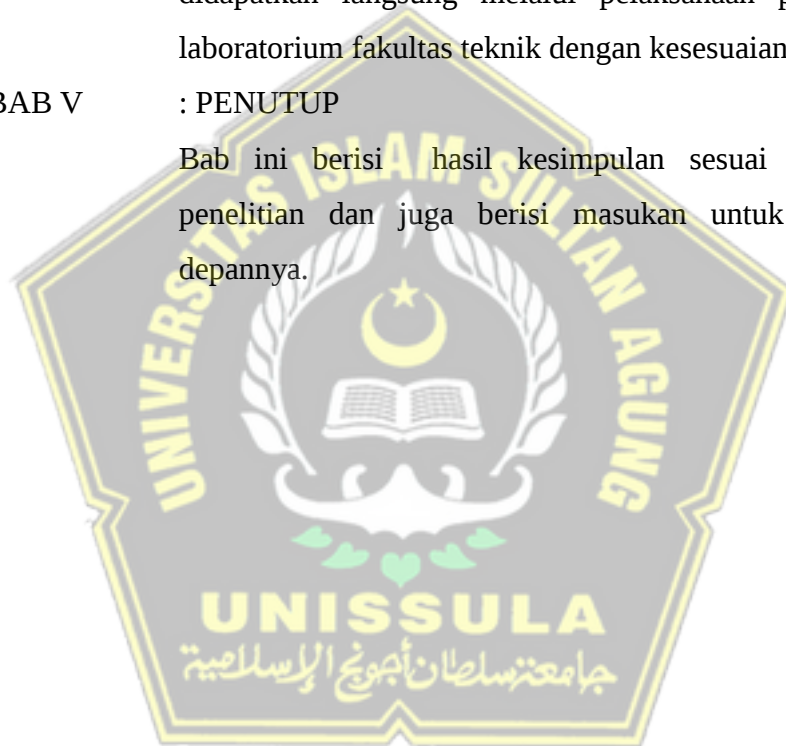
Bab ini berisi tentang apa saja metode-metode yang dipakai pada saat penelitian ini dan langkah-langkah sistematis nya.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

Bab ini berisi tentang pembahasan hasil penelitian yang didapatkan langsung melalui pelaksanaan penelitian pada laboratorium fakultas teknik dengan kesesuaian uji penelitian.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi hasil kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian dan juga berisi masukan untuk penelitian ke depannya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyebab Rob

Rob terjadi akibat pasang surut air laut. Pasang surut tersebut dipengaruhi oleh perputaran bumi yang mengelilingi bulan. Rob mengalami pasang ketika bulan purnama terjadi yakni bulan berada dibelakang bumi. Pengertian tersebut dipaparkan oleh Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional (2008).

Rob merupakan luapan air laut yang menaiki daratan. Pada setiap hulu sungai terdapat hilir yang merupakan laut. Dengan begitu air laut yang naik adalah campuran air laut dan hilir sungai. Semarang merupakan salah satu Kota yang berada pada tepian laut atau berdekatan dengan laut sehingga Semarang sering mengalami rob. (Rahayu 2008)

Naiknya muka air laut yang menyebabkan rob diakibatkan oleh beberapa reaksi antar gaya yakni gaya tarik menarik benda, gaya gravitasi bumi dan beberapa benda benda di ruang angkasa yakni bulan maupun matahari.

2.2 Akibat Rob

Akibat sering terjadi rob kerusakan pada lingkungan sekitar berupa infrastruktur maupun kerusakan alam. Kerusakan infrastruktur yang biasa terjadi rusaknya jalan maupun rumah rumah warga sekitar, dan terbatasnya pergerakan warga maupun logistik. Sedangkan kerusakan alam salah satunya abrasi pantai. Rob pada kawasan pesisir biasanya karena daratan yang rendah sehingga menjadi akhir muara sungai dan drainase kota yang menuju langsung ke laut.(Putra dan Marfai 2012).

Berdasarkan penelitian Dermawan dan Sukamdi (2012) dampak yang terjadi:

- a) Korosi yang pada bangunan maupun rumah warga dan kerusakan kendaraan terjadi karena seringnya genangan air rob.
- b) Akibat terendam oleh rob lahan lahan warga tidak dapat digunakan
- c) Kadar garam pada rob meresap dan menyebar pada permukaan tanah yang tergenang sehingga air minum berkurang.

Akibat fisik dan non fisik pada banjir rob Wuriyanti (2002):

- a) Hilangnya lahan pertanian, tambak, maupun area bermain warga seperti lapangan sepak bola yang terendam.
- b) Turunnya kualitas tanah karena erosi.
- c) Rusaknya tempat-tempat umum dan tiang listrik yang berkarat.

2.3 Dampak Rob Terhadap Campuran Aspal

Pada air laut terdapat kandungan natrium klorida lebih banyak dibanding kandungan mineral lain. Klorida memiliki persentase sebesar (55%), untuk natrium sebesar (31%), dan kemudian dilanjutkan sulfat, magnesium, kalsium dan yang paling akhir potassium. Kandungan kimia pada air laut berasal dari pelapukan batuan, lubang hidro termal dan gas vulkanik (Suardi, 2009).

Prabowo (2003), Kadar alkalinitas pada rob yang merendam sampel aspal mempunyai pengaruh angka durabilitas dan stabilitas aspal. Begitupun lama perendaman juga mempengaruhi keawetan campuran. Pada penelitiannya diungkapkan (VIM) nilai kecil menggunakan gradasi yang rapat. Dan untuk (VFA) berpengaruh terhadap kekedapan, stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas. Ketika kadar rongga tinggi menyebabkan blending dan porous sehingga mudah retak.

2.4 Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS WC)

(HRS) adalah perkerasan lentur dimana aspal sebagai pengikat. Campuran aspal beton memiliki elastisitas yang tinggi dengan memperhitungkan agregat dan aspal dengan demikian harus memperhitungkan kadar campuran yang tepat(Huriyanto,2008).

Kriteria campuran aspal menurut Departemen Pekerjaan Umum(2010)

Sifat-sifat Campuran		HRS	
		WC	BC
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,7	
Jumlah tumbukan per bidang		75	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0	
	Maks.	6,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	18	17
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68	
Stabilitas (kg)	Min.	800	

	Maks.	-
Pelelehan/ <i>Flow</i> (mm)	Min.	3
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah Perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	75

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2010)

2.4.1 Bahan Campuran (HRS-WC)

Apabila ingin membuat bahan uji aspal (HRS) sebaiknya menggunakan campuran dan tahapan penelitian yang sesuai campuran tersebut ialah agregat halus da kasar tak lupa aspal. Apabila campuran aspal pada keadaan optimum maka nilai fleksibilitas durabilitas, dan yang lainnya berada pada keadaan optimum. Maka akan didapatkan umur rencana perkerasan jalan.

Agregat/batuan amemiliki pengisi volume berat 75% - 85% untuk perdentase berat yakni 90-95%⁰ berdasar presentase volume (Sukirmann,1999)

Berdasarkan *American Socienty for testing material (astm, 2003)*

- Agregat split lolos saringan >4,75 mm
- Agregat screen lolos saringan <4,75mm
- Abu batu lolos saringan no.200

Pada SNI 03-1968-1990 agregat yang baik merupakan agregat yang dapat diuji sesuai ketentuan yakni agregat yang setaip fraksinya melewati ayakan nomor 200 dan setaipnya memiliki kandungan filler. Kemudian untuk kemampuan penyerapan air max. 3% memiliki kadar $\geq 2,5$ berat jenis agregat ketentuan dapat dilihat pada **Tabel 2.2.** dan **Tabel 2.3.**

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standart	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%

Campuran AC bergradasi Kasar		Maks. 30%
Abrasi Mesin Los Angels	SNI 2417:2008	
Keseluruhan campuran agregat	type	Maks. 30%
Kelekatan terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas <10 cm	DoT' Pennsylvania	95/90*
Angularitas $\geq$ 10 cm	Test Metode, PTM No. 621	80/75*
Kepipihan dan kelongongan	ASTM D479	
	Perbandingan 1:5	Maks.10%
Bahan melwasti saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%
<i>Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2010)</i>		
<i>Catatan: (*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat memiliki bidang pecah satu atau lebih 90%</i>		
Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Halus		
Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-2439-1997	Min. 50% untuk SS,HRS dan AC yang Halus Min. 70% untuk AC kasar
Melewati Ayakan No. 200	SNI 03-2439-1997	Maks. 8%

Presentasi	Lempung		Maks. 1%
Angularitas <10 cm		AASHTO TP-033	Min. 45
Angularitas ≥ 10 cm		ASTM C1252-93	Min. 40

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2010)

2.4.1.1 Proses pengujian Agregat yakni:

- a) Berat Jenis Agregat (SNI 1969:2008 mengenai agregat kasar dan halus)

Perbandingan volume agregat dan volume air:

- Berat Jenis Agregat Kasar (Persamaan 2.2 dan 2.3)

$$\text{Berat jenis (bulk)} = \frac{BK}{(BJ - BA)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Berat Jenis kering Permukaan Jenuh (SSD)

$$= \frac{BJ}{(BJ - BA)} \dots \dots \dots (2.3)$$

Berat jenis semu (Apparent)

$$= \frac{BK}{(B + BK - Bt)} \dots \dots \dots (2.4)$$

BK = berat ketika kering oven (gr)

BJ = berat ketika permukaan jenuh (gr)

BA = berat ketika dalam air (gr)

- Berat Jenis Agregat halus (persamaan 2.5 dan 2.7)

$$\text{Berat jenis (bulk)} = \frac{BK}{(B + 500 - Bt)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Berat Jenis kering Permukaan Jenuh (SSD)

$$= \frac{500}{((B + 500 - Bt))} \dots \dots \dots (2.6)$$

Berat jenis semu (Apparent)

$$= \frac{BK}{(B + BK - Bt)} \dots \dots \dots (2.7)$$

SSD = ditetapkan 500 (gr) berat benda uji kering permukaan jenuh

BK = berat ketika kering oven (gr)

B = berat piknometer + air 25°C (gr)

Bt = berat piknometer +benda uji SSD + air 25°C (gr)

b) *Kekekalan Agregat atau Abrasi (SNI 2417:2008)*

Kekekalan agregat atau kekuatan agregat terhadap abrasi atau pengikisan yang menggunakan mesin *Los Angeles*. Dimana agregat yang mengalami kehancuran ketika dihantam oleh benda pejal dan pengujian.

Dapat dilihat melalui persamaan 2.8:

$$keausan (\%) = \frac{(a - b)}{a} \times 100 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

a = berat sebelum dimasukkan (gr)

b = berat setelah pengujian (gr)

c) *Daya Serap Air (SNI 1969:2008 agregat Kasar dan SNI 1979:2008 agregat halus)*

Kadar daya serap agregat terhadap air mempengaruhi daya lekat terhadap aspal perhitungan dapat dilihat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$absorpsi = \frac{BJ - BK}{BK} 100\% \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

BK = Berat benda uji Kering (gr)

BJ = Berat permukaan jenuh yang kering (gr)

$$absorpsi = \frac{500 - BK}{BK} 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

SSD = ketetapan berat 500 gr

BK = berat benda uji Kering (gr)

d) Kepipihan dan lonjong (ASTDM D 4791-95)

Pengujian ini menggunakan alat jangka ukur rasio dengan cara memasukkan dan memperhitungkan jumlah butiran dapat diatur sesuai dengan ketentuan agregat kasar yang digunakan. Dapat dihitung menggunakan persamaan 2.10:

$$\begin{aligned} & \% \text{ butiran pipih dan lonjong} \\ & = \frac{\text{jumlah butiran yang pipih dan lonjong}}{\text{jumlah total}} \times 100 \end{aligned}$$

e) Daya Lekat Agregat (SNI-06-2439-1991)

Kelekatan yaitu terselimuti nya aspal terhadap luas total luas presentasi permukaan batuan dengan pengamatan tanpa ada perhitungan

f) Soundness (SNI 3407:2008)

Uji agregat terhadap senyawa kimiawi yaitu dengan menggunakan natrium sulfat maupun magnesium sulfat dapat diperhitungkan dengan persamaan 2.11.

$$X\% = \frac{(B - C)}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana:

X = presentasi bahan lolos saringan %

B = berat awal benda uji (gr)

C = berat tertahan pada ayakan (gr)

g) Gradasi Agregat Gabungan

Kombinasi atau campuran agregat merupakan salah satu kunci penentuan bahan sample karena gradasi dapat diperhitungkan menggunakan analisa saringan agregat. MENURUT SNI-M-02-1994-03 Pemeriksaan agregat menggunakan alat *sieve shaker*. pada agregat memiliki tiga golongan yakni:

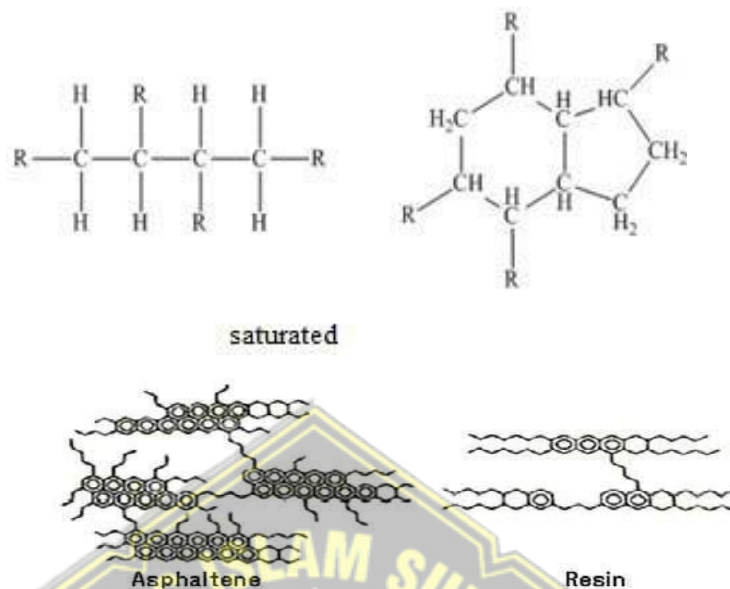
- a) Gradasi tak baik (*poorly graded*), merupakan agregat yang salah satu fraksi yang tidak dimiliki dimana hal tersebut dapat menyebabkan pecahnya lapisan perkerasan.
- b) Gradasi yang rapat atau (*dense graded*), ialah gradasi agregat yang seragam dimana kombinasi antar saringan memiliki proporsi yang sesuai sehingga celah agregat besar dapat diisi oleh agregat yang kecil dan aspal sehingga memiliki stabilitas dan nilai daktilitas yang tinggi.
- c) Gradasi yang seragam (*uniform grade*) dimana ukuran agregat yang cenderung sama atau serupa yakni memiliki jumlah agregat halus maupun kasar dengan jumlah yang sedikit yang nantinya akan terisi oleh banyaknya aspal sehingga dapat menyebabkan *blending*.

2.4.1.2 Aspal sebagai bahan campuran

Aspal didapat dari proses masak minyak bumi serta dapat ditemukan dalam bentuk lain yaitu deposit dan komponen dimana bentuk ini menyimpan aspal yang tercampur dengan mineral lainnya (*British Standard 1989*). Senyawa-senyawa kompleks seperti *Asphaltene*, *Reins*, dan *Oils* merupakan senyawa-senyawa pembentuk campuran aspal (*Hunter, 1994*).

Pada umumnya aspal terdiri dari suatu komposisi kimia yang meliputi 82% - 88% karbon; 8% - 11% hidrogen; 0% - 16% sulfur; 0% - 1% nitrogen; serta 0% - 1,5% oksigen (*Shell Bitumen, 1990*). *Asphaltene* dan *maltene* merupakan dua kelas senyawa utama dari bagian aspal yang ditinjau berdasarkan sudut pandang kualitatif. Campuran kompleks hidrokarbon (5% - 25%) yang terdiri dari senyawa heterokromatik yang mengandung amina, amida, belerang, senyawa oksigen (asam karboksilat serta fenol), vanadium dan nikel juga campuran dari cincin aromatik merupakan campuran yang membentuk *Asphaltene*. *Saturated*, *aromatis*, dan *resin* merupakan komponen

penyusun yang berada pada *maltene*. Gambar 2.1 Dibawah ini merupakan struktur kandungan aspal (Nuryanto, 2008).



Gambar 2.1 Kandungan Aspal (Nuryanto, 2008)

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat dilihat struktur pembentuk aspal yang masing-masing mempunyai suatu struktur, sifat reologi bitumen, serta komposisi kimia berbeda. Berat molekul antara 500 – 50000, terlarut di dalam n-heptan, memiliki perbandingan H/C sebesar 1,3-1,4, senyawa berwarna coklat tua, mempunyai bentuk semi solid atau solid yang sangat polar dimana disusun dari atom C, H, O, S, dan N merupakan rangkaian penyusun *Resin*. Tersusun atas senyawa nafta aromatic yang mengandung 40 – 65% dari seluruh total bitumen, memiliki berat molekul sebesar 300-2000, sifat non polar, berbentuk cairan yang kental dan berwarna cokelat tua serta didominasi oleh cincin yang tidak jenuh merupakan rangkaian penyusun *Aromatic*. Tersusun dari beberapa campuran hidrokarbon lurus, bercabang, *aromatic* dan *alkil naphthene*, mengandung 5 – 20% dari seluruh total bitumen, memiliki berat molekul yang mirip dengan *aromatic*, juga berbentuk cairan kental non polar merupakan rangkaian penyusun *Saturated* (Nuryanto, 2008).

Susunan kimia molekul-molekul yang terdapat di dalam aspal menentukan suatu susunan struktur internal aspal. Karbon dan nitrogen mendominasi (90 – 95%) penyusun molekul aspal kompleks. Karena hal

tersebut, senyawa hidrokarbon merupakan nama lain senyawa aspal, dari persentase aspal tersisa 5 – 10% dari dua jenis atom, yaitu atom logam dan heteroatom.

Oksigen, nitrogen, serta sulfur merupakan unsur-unsur *heteroatom* yang menggantikan atom karbona dalam struktur aspal. Sehingga dapat mempengaruhi bentuk fisik pada aspal. Sifat heteroatom terkait dengan usia minyak bumi yang membentuk nama, ketika pengikatan oksigen, sulfur lebih reaktif maka mengalami oksidasi yang cepat.

Unsur logam pada aspal merupakan kandungan yang nilainya satu persen dengan perwujudan garam organik dan hidroksida diantara yang lain yaitu vanadium, besi, nikel, magnesium dan kalsium hanya memiliki kadar yang sangat kecil sehingga dibutuhkan analisa yang dapat menggolongkan asphalted atau malted (Shell Bitumen, 1990).

1) Asphalted (*Asphaltenes*)

Dengan kondisi fisik warna yang cenderung coklat hitam yang tidak dapat teralarut oleh n-heptane dengan nilai perbandingan 1;1 dengan hydrogen. dan kadang muncul unsur sulfur dan oksigen. Kandungan aspalten dapat mempengaruhi aliran pada aspal dimana asphalted berukuran 5-30 nano meter. (Shell Bitumen, 1990).

2) Malted (*maltenes*)

Menurut (Shell Bitumen, 1990) Unsur senyawa lain yakni:

a. Resin

Kandungan resin sangat berpengaruh terhadap aspal dimana resin sebagai zat pendespiran terhadap aspal yang ber bentuk larutan gel yang memiliki warna coklat dan kandungan senyawa sulfur, nitrogen dan oksigen yang cukup sedikit. Unsur Hidrogen pada karbon yakni antar 1,3 sampai 1,4 dengan ukuran 1- 5 nanometer.

b. Aromatic

Aromatic bersifat cair dengan persentase 40-60 persen di dalam berat aspal. Dan termasuk kedalam golongan yang bersifat non polar yang memiliki unsur tak jenuh (unsaturated) dengan daya larut molekul hydrogen yang cepat. Berwarna cokelat tua.

c. Saturated

Berupa minyak dengan warna putih atau kekuningan bersifat non polar dan persentase 5 – 20% berat aspal. Berasal dari paraffin dan non paraffin.

Fungsi aspal pada campuran yakni sebagai pengikat agregat hal itulah yang membuat aspal sebagai bagian penting. Sehingga perlu diadakannya pengujian diantaranya penetrasi, titik lembek, titik nyala, viscositas, dan daktilitas supaya tidak terjadi blending atau crack pada aspal. Ketentuan terdapat pada **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 ketentuan aspal penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gram, 5 detik, 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60-79
2	Titik lembek, °C	SNI 06-2434-1991	Min. 48
3	Titik nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 232
4	Daktilitas, 25°C, cm	SNI 06-2432-1991	Min.100
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min.1,0
6	Kelarutan dalam <i>Toluene</i> , % berat	ASTM D5546	Min.99
7	Penurunan berat (dengan TFOT), % berat	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8
8	Penetrasi setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 54
9	Daktilitas setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min.50
10	Viskositas 135°C (cSt)	SNI 03-6721-2002	385

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2010)

Pemeriksaan aspal dijelaskan sebagai berikut:

a. Penetrasi (SNI 06-2456-1991)

Dengan memasukkan jarum penetrasi dengan ketentuan suhu, dan waktu dilakukan untuk mendapatkan nilai penetrasi. Dilakukan lima kali penusukan dan dapat dianalisa menggunakan peramaa 2.18:

nilai Penetrasi

$$= \frac{\frac{p + q + r + s + t}{5} + \frac{u + v + w + x + y}{5}}{2} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

Variable huruf = nilai pengamatan pada benda uji masing masing

b. Titik Lembek (SNI 06-2434-1991)

Uji titik lemek bertujuan mendapatkan nilai kekerasan atau lelehnya aspal pada suhu berapa. Tidak terdapat rumus karena data tersebut dilakukan melalui pengamatan.

c. Titik Nyala (SNI-062433-1991)

Pengujian titik nyala bertujuan untuk mendapatkan nilai titik nyala dan bakar. Dengan cara memanaskan suhu api akan ada pada suhu berapa pada permukaan. Dan hidup pada suhu berapa.

2.5 Karakteristik campuran beraspal.

Beberapa sifat *Marshall* yaitu daya tahan, kelenturan, stabilitas, kelelahan, gaya gesek permukaan, dan kedekatan terhadap air (Departemen Pekerjaan Umum, 2005). Dengan begitu banyaknya sifat *Marshall* diharuskan para peneliti untuk memperhitungkan secara matang campuran aspal yang dibuat. Agar meminimalisir terjadinya kerusakan yang disebabkan kelalaian perkiraan aspal yang digunakan.

2.5.1 Stabilitas

Stabilitas adalah daya kombinasi aspal yang menahan lengkungan ataupun perubahan fisik lain yang terjadi karena laju lalu lintas. Yang berkaitan terhadap kombinasi aspal. Apabila kombinasinya tidak baik maka terjadi bleeding (Suparman, 2003).

2.5.2 Durabilitas

Durabilitas memiliki keterkaitan antar (VIM) dan (VFA) ketika nilai mereka kecil juga meminimalisir kemasukan air pada aspal. Sehingga dapat terhindar oleh kerusakan akibat keluarnya agregat.

2.5.3 Kelenturan

Daya lentur terhadap tekanan dan beban lalu lintas yang meminimalisir adanya keretakan. Hal tersebut didapatkan dari lapisan perkerasan yang tercampur dengan aspal yang memiliki nilai elastisitas tinggi. (suparman 2003)

2.5.4 Kekesatan (Skid Resistance)

Lapisan aspal yang baik memiliki daya kekesatan yang tinggi supaya terhindarkan lapisan yang licin atau slip. Hal yang mempengaruhi nilai kekesatan yaitu agregat. Karena rongga-rongga akan terisi oleh aspal namun, ketika aspal yang digunakan berlebih menyebabkan (bleeding) atau keluar kepermukaan perkerasan. (Supardi 2003).

2.5.5 Ketahanan Terhadap Kelelahan (fatigue resistance)

Kemampuan kelelahan dari kombinasi aspal dan agregat ketika menerima beban secara terus menerus dengan tidak adanya kepenatan yang ditimbulkan lubang atau retakan kecil. Kadar VIM yang kecil dapat meminimalisir terjadinya kelelahan dengan cara mengoptimalkan viskositas dan pemadatan yang maksimal.

2.5.6 Kemudahan Pelaksanaan

Kemudahan pelaksanaan dipengaruhi oleh cuaca dan gradasi agregat yang baik. Dengan pemilihan gradasi yang baik maka pencampuran antara aspal dan agregat lebih mudah tanpa harus menaikkan suhu aspal yang tinggi. kemudahan pengerjaan pada saat pemadatan dan penghamparan memiliki nilai efektifitas atau efisien yang tinggi.

2.5.7 Impermeabilities

Impermeabilitas merupakan ketahanan aspal terhadap udara dan air pada kombinasi aspal. Kekuatan impermeabilitas yang kuat dapat diperoleh dari kerapatan agregat dan kadar aspal yang sesuai didukung pula ketika pemadatan aspal pada jalan yang sesuai dengan ketentuan.

2.6 Kadar Optimum Aspal

Kadar optimum aspal merupakan hal yang paling penting ketika terjadi pengkombinasian antara agregat hal tersebut karena suhu dan kadar aspal berpengaruh. Pemberian aspal yang terlalu banyak mengakibatkan kondisi aspal yang naik atau lebih sering disebut blending. Ketika pemberian terlalu sedikit maka rongga rongga antar agregat tidak terpenuhi dengan aspal memicu terjadinya cracking atau retakan.

Hal tersebut dapat dikatakan bahwa pencampuran aspal dan agregat harus diperhitungkan dengan baik dan cermat. Nilai KOA dapat diperhitungkan menggunakan persamaan 2.14

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18(\%FF) + C^* \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

Pb = Kadar aspal terhadap campuran

CA = agregat kasar persen pada saringan no.8

FA = agrgat halus lolos sarinagn no. 8 dan tertahan no.200

FF = filler C^* = konstanta

* Untuk Aspal concrete yaitu 0,5-1,0

* Untuk Hot rolled sheet yaitu 2,0-3,0

Membulatkan ke0,5% pada hasil perhitungan. Dengan kadar yang sudah ketentuan sebagai berikut:

Kadar Aspal (Pb-1)%

Kadar Aspal (Pb-0,5)%

Kadar Aspal (Pb)%

Kadar Aspal (Pb+0,5)%

Kadar Aspal (Pb+1)%

2.6.1 Penentuan KOA pada Marshall

Menurut (Riyadi,2011) gagasan ide ini ditemukan oleh insinyur Bruce *Marshall* yang berada pada Missipi Amerika Serikat pada tahun 1939. Dengan metode pemeriksaan hot mix supaya memperoleh nilai stabilitas dan kelelahan plastis campuran aspal. Yang dilanjutkan oleh The U.S. Army Corps of Engineering dengan lebih memperhitungkan dan mengembangkan tata cara pengujian *Marshall*.

Pada suhu 170 ± 20 centistoke agregat dan aspal akan dicampurkan kemudian dipadatkan menggunakan *Marshall hammer* dengan suhu 280 ± 30 cst. Dengan diameter alat 102 mm dan tinggi 64mm. pada suhu $60^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ akan dilakukan pengujian. Pengujian tersebut didapatkan nilai stabilitas, flow dan MQ.



Gambar 2.2 Alat Test Marshall dan Marshall Hammer

Ketika *Marshall* telah hancur maka didapatkan nilai persentase (VIM), (VMA), kepadatan, VFA serta MQ. Yang menggunakan ketentuan SKS SNI 1998 berisi ketentuan Lataston dapat dilihat pada **Tabel 2.1** yakni:

- 1) Berat kering (gr)
- 2) Berat jenuh air (gr)
- 3) Berat di dalam air
- 4) Tebal benda uji
- 5) Pembacaan arloji stabilitas (kg)
- 6) Pembacaan arloji flow (mm)

Setelah mendapatkan hasil maka didapatkan angka angka lain yang berkaitan yaitu nilai VIM, VMA, VFA, dan MQ. Berasal dari berat jenis aspal, berat jenis agregat efektif, dan berat jenis semu. Untuk nilai MQ dari perhitungan stabilitas dan flow.

2.6.2 Density Void Analisis

2.6.2.1 Density atau kepadatan

Kepadatan pada marshal begitu berbeda dengan kepadatan yang berada pada jalan karena mengalami beban lalu lintas yang tinggi. Kenaikan kadar kepadatan dapat dilakukan dengan menaikkan kadar aspal, pemadatan dan menaikkan kadar filler untuk foid.

Namun apabila kepadatan mengalami kelebihan menyebabkan blending dan nilai density yang tinggi nilai impermeabilitas tinggi. Perhitungan dijelaskan pada persamaan 2.15

$$S_m = \frac{W}{V} \text{ dimana } V = W_{SSD} - W_w \dots \dots \dots (2.15)$$

dimana:

S_m = berat volume sampel (gr/cm³) W = berat sample kering(gr)
 W_{SSD} = berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)
 W_w = berat sample rendaman (cm³) V = volume sampel(gr)

2.6.2.2 VMA atau Void in Mineral Agregat

Volume rongga-rongga udara antar agregat dalam sampel. Tak luput aspal termasuk kedalam volume. Apabila persentase berat total campuran, menggunakan persamaan 2.16

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots \dots \dots (2.16)$$

Sedangkan untuk total agregat menggunakan persamaan 2.17 hingga 2.18:

$$VMA = 100 - \frac{Gmn}{Gsb} \times \frac{100}{100 + Pb} \times 100 \dots \dots \dots (2.17)$$

$$Gsb = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}} \dots \dots \dots (2.18)$$

$$Gmb = \frac{Bk}{Bssd - Ba} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

- Gmb* = BJ bulk beton aspal
- Gsb* = BJ bulk total agregat (gr/cm³)
- Ps* = Kadar agregat, persen terhadap berat total
- Pb* = nilai aspal, persen terhadap berat total
- Bssd* = berat kering permukaan aspal beton
- Bk* = berat kering beton aspal padat
- Ba* = berat aspal beton dalam air
- Bssd – Bab* = volume bulk aspal padat
- BJ air = 1
- P1, P2,* = persen fraksi agregat
- G1, G2,* = Bj bulk masing masing agregat

2.6.2.3 VIM Void in the Mix

Volume rongga campuran perkerasan adalah pengertian VIM. Angka porositas mengalami penurunan ketika rongga antar agregat terisi aspal. Perhitungan pada persamaan 2.19 dan 2.20

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dengan:

G_{mm} = bj maksimum campuran yang belum didapatkan

G_{mb} = bj bulk dari beton aspal padat

P_{mm} = persen berat keseluruhan campuran

P_s = Kadar agregat, persen berat keseluruhan sampel

P_b = Kadar aspal, persen berat keseluruhan sampel

G_{se} = Bj efektif agregat (gr/cm^3)

G_b = BJ aspal agregat (gr/cm^3)

2.6.2.4 VFA Void Filled with Asphalt

Jumlah pada VMA memiliki keterkaitan dengan impermeabilitas dan durabilitas sample dan kadar presentasi aspal. Dan penjelasan mengenai VFA adalah persentase rongga sampel terisi oleh aspal. Dapat diperhitungkan menggunakan persamaan 2.21

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots \dots \dots (2.21)$$

dengan:

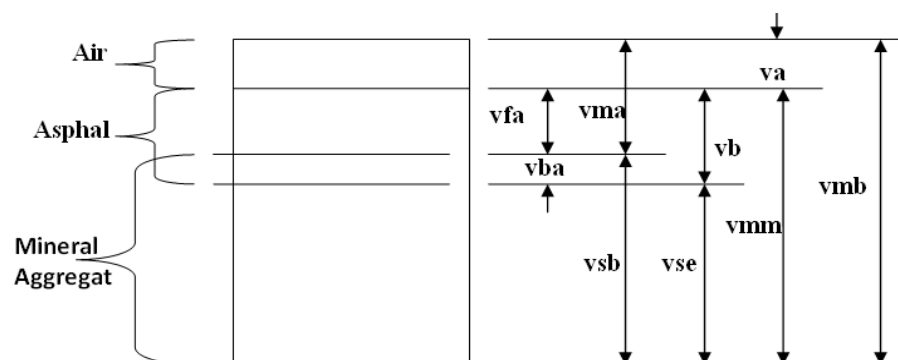
VFA = rongga berisi aspal, persen VMA (%)

VMA = rongga dalam mineral agrgat, persentase volume bulk (%)

VIM = rongga udara campuran padat, (%)

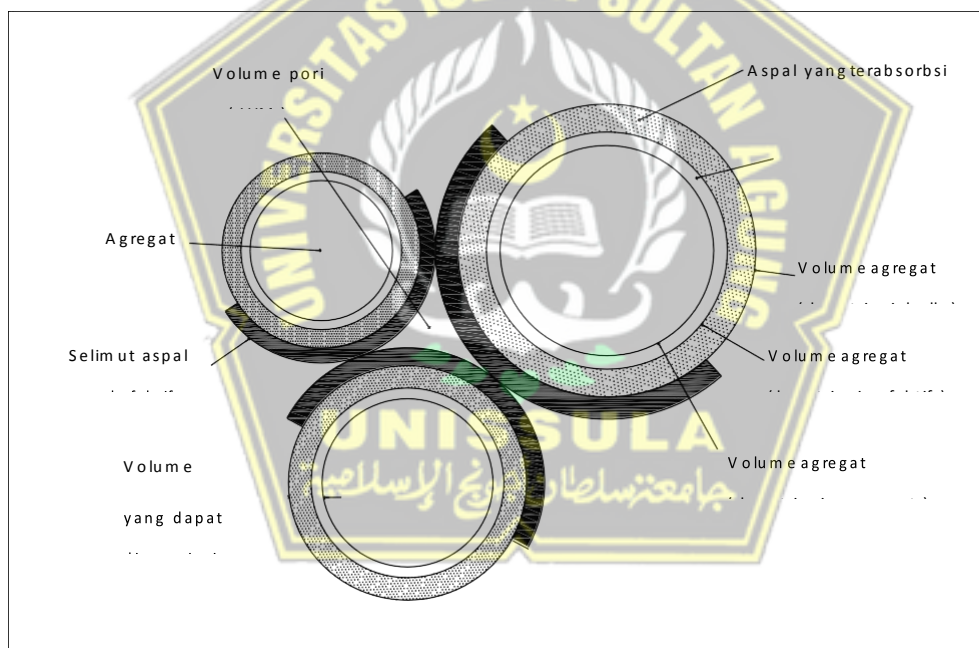
Penggambaran simple mengenai kandungan *Marshall* dapat dilihat pada

Gambar 2.3



Gambar 2.3 Skema volume beton aspal (Sukirman,2003)

- vma = volume of void in mineral agregat
- vmb = bulk volume of compact mix
- vmm = voids volume of paving mix
- vfa = volume of void filled with aspal
- va = volume of air void
- vb = volume of asphalt
- vba = volume of absort asphalt
- vsb = volume of mineral agregat (by bulk specific gravity)
- vse = volume of mineral agregat (by effective specific gravity)



Gambar 2.4 Ilustrasi Pori aspal (the aspal 1983)

2.6.2.5 Stabilitas

Kemampuan untuk tidak bergeser, plastis dan naik ketika mendapatkan beban dari luar. Sedangkan stabilitas pada marshal penerimaan beban yang tinggi pada temperature 60°C dengan laju 2 inci/menit. Ketika daya pada stabilitas tinggi menyebabkan mudahnya retakan. Yang di

disebabkan oleh viskositas pada aspal 60°c da internal friction. (Robert et al 1996)

Perhitungan stabilitas diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas dengan kalibrasi proving ring. Persamaan 2.22 dan 2.23

$$So = p \times \text{koreeksi tebal benda uji} \dots \dots \dots (2.22)$$

$$p = o \times \text{kalibrasi proving} \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana:

So = nilai stabilitas (kg)

p = nilai arloji stabilitas koreksi kalibrasi

o = pembacaan arloji stablitas

2.6.2.6 Flow

Beberapa hal yang mempengaruhi kada flow diantaranya viskositas aspal, suhu saat pencampuran, gradasi agregat dan jumlah tumbukan. Kadar flow yang tinggi memiliki kemampuan untuk deformasi yang tinggi pula. Kebalikannya jika kadar flow rendah maka mudah terjadinya retakan. Flow dapat menahan gaya deformasi vertical.

Kadar flow pada sampel dapat dibaca ketika pengetesan terjadi dalam satuan mm berbarengan dengan pembacaan stabilitas campuran.

2.6.2.7 Marshall Quotient

Perbandingan antara nilai stabilitas dengan kelelahan merupakan nilai dari flow. Kadar flow berkaitan dengan tingkat kekakuan dan kelenturan sampel. Ketika angka flow rendah hal tersebut menunjukkan bahwa sampel tersebut muda mengalami deformasi dan sebaliknya mengakibatkan retakan atau porous. Perhitungan pada persamaan 2.24

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{flow}} \left(\frac{kg}{mm} \right) \dots \dots \dots (2.24)$$

2.7 Pengaruh Air Terhadap Campuran Aspal Panas

Air dan suhu adalah faktor penyebab kerusakan pada aspal dimana kekuatan sampel diuji oleh kedua hal tersebut (Craus et al 1981). Air dan suhu merupakan faktor kerusakan yang paling potensial terhadap lapisan perkerasan jalan. Dalam pengujian yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut

2.7.1 Pengujian Standard

Berdasarkan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Penganalisa dengan perendaman pada suhu 60° C dengan kurun waktu 24 jam. Perbandingan antara stabilitas standard dan stabilitas perendaman dimasukkan kedalam persen *Indeks stabilitas standart* (IRS). Persamaan 2.25 merupakan cara perhitungan.

$$IRS = \frac{MSi}{MSS} \times 100\% \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana:

IRS : Indeks stabilitas s standard

MSS : stabilitas marshal standar

MSi : stabilitas marshal rendaman

2.7.2 Pengujian Modifikasi

Pada perendaman 24 jam merupakan masa perendaman yang tidak menggambarkan keawetan sampel. (Craus 1981). Pada penelitian yang telah dilakukan parameter kuantitatif tunggal menggambarkan kurva keawetan.

- 1) penggambaran kerusakan secara detail
- 2) penggambaran keawetan dengan nilai yang dapat dimengerti
- 3) penunjukan daya waktu untuk rentang fleksibel pada waktu rendaman
- 4) Penggambaran yang jelas antar waktu rendaman pada kurva keawetan.
 - a) Indeks Durabilitas Pertama

Total kepandaian berurutan pada kurva yaitu Indeks Durabilitas Pertama

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana:

r = angka penurunan stabilitas (%) pada IDP

S_i = Persentase sisa pada waktu t_i dari kekuatan

S_{i+1} = Persentase sisa waktu pada waktu t_{i+1} dari kekuatan

t_i, t_{i+1} = Durasi pengkondisian (dimulai dari awal proses perendaman), hari

Dengan contoh pada Persamaan 2.35 yang menjadi seperti dibawah ini, jika pengukuran diambil dalam kurun waktu 0, 1, 4, 7, serta 14 hari perendaman.

$$r = \frac{S_0 - S_1}{1} + \frac{S_1 - S_4}{3} + \frac{S_4 - S_7}{3} + \frac{S_7 - S_{14}}{7}$$

Hal ini dapat diketahui bahwa hilangnya persentase kekuatan selama kondisi satu hari dapat ditundukkan oleh Indeks Durabilitas. Berkurangnya kekuatan ditunjukkan oleh nilai-nilai positif (r) sedangkan bertambahnya kekuatan ditunjukkan oleh nilai negatif. Supaya mendapatkan angka mutlak dari kehilangan kekuatan (R) dapat ditentukan juga dari Indeks Durabilitas pertama seperti ditunjukkan pada persamaan 2.36 dibawah

$$R = \frac{r}{100} \times S_0 \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana:

R = Angka absolut ekuivalen kehilangan kekuatan (kPa) dari IDP

r = angka penurunan kekuatan (%) dari Indeks Durabilitas Pertama

S_0 = Nilai absolut dari kuat tarik awal (kPa)

a) Indeks Durabilitas Kedua

Diartikan sebagai nilai rata-rata suatu area kehilangan kekuatan yang dibentuk antara garis $S_0 = 100\%$ dengan kurva keawetan. Dari gambar 2.5 menyatakan persamaan indeks (a) yang dinyatakan pada Persamaan 2.37 berikut.

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) \times [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots\dots (2.37)$$

Dimana:

a = Nilai penurunan kekuatan (%) terhadap Indeks Durabilitas Kedua

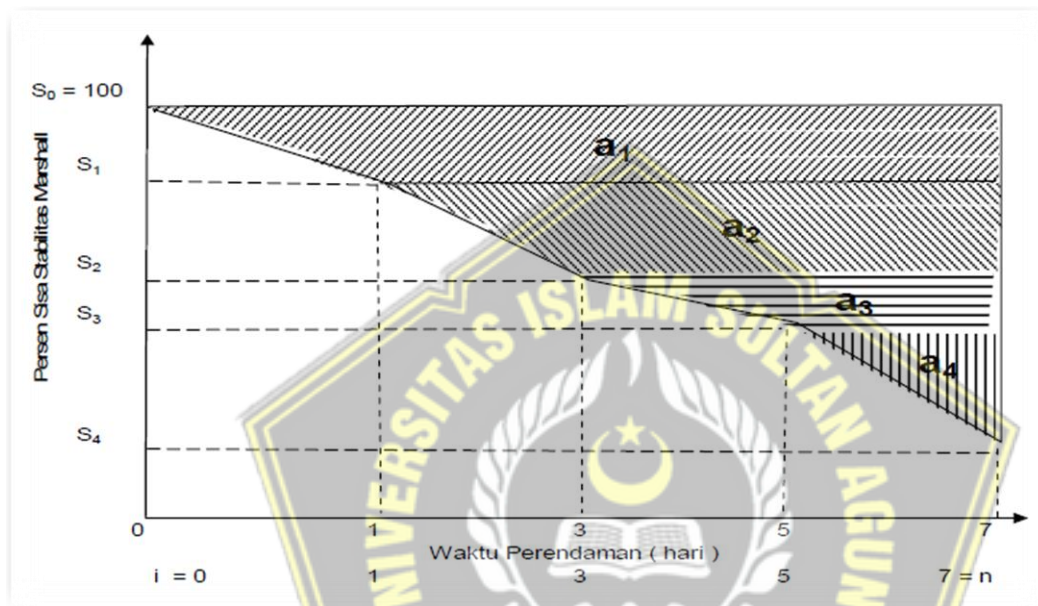
t_n = Lama pengkondisian/ perendaman ke- n (akhir)

S_i = Persentase kuat tarik yang tersisa ketika waktu t_i

S_{i+1} = Persentase kuat tarik yang tersisa ketika waktu t_{i+1}

t_i, t_{i+1} = waktu pengkondisian/ perendaman (dari mulai proses), hari

Dimana semua istilah yang didefinisikan pada Persamaan 2.37 tertera pada **Gambar 2.5** berikut:



Gambar 2.5. Gambar Skema Kurva Keawetan (*Craus et al., 1981*)

Menjelaskan kenaikan pada saat perendaman kedua dengan menunjukkan nilai kekuatan yang hilang. Pada stabilitas kedua menggambarkan kehilangan selama 24 jam. a merupakan nilai kehilangan kekuatan yang positif dan sebaliknya menjelaskan kenaikan kekuatan ($a < 100$).

Dengan demikian hal tersebut dinyatakan kedalam persentase kekuatan (S_a)

$$S_a = 100 - a \dots \dots \dots (2.28)$$

Dimana:

a = kekuatan sisa pada IDK (%)

S_a = angka penurunan kekuatan IDK

Pada IDK mendapatkan angka kekuatan yang hilang (kPa, A). Pada persamaan 2.29 dan 2.30

$$A = \frac{a}{100} \times S_o \dots\dots\dots(2.29)$$

$$S_a = S_o - A \dots\dots\dots(230)$$

Dimana:

A = angka kehilangan Kekuatan (kPa)

a = penurunan kekuatan (%)

S_o = Nilai kuat tarik

S_a = angka sisa kekutan (kPa) pada IDK

S_a = Nilai absolut ekuivalen kuat tahan sisa (kPa) pada Indeks Durabilitas

Kedua

2.8 Penelitian Terdahulu

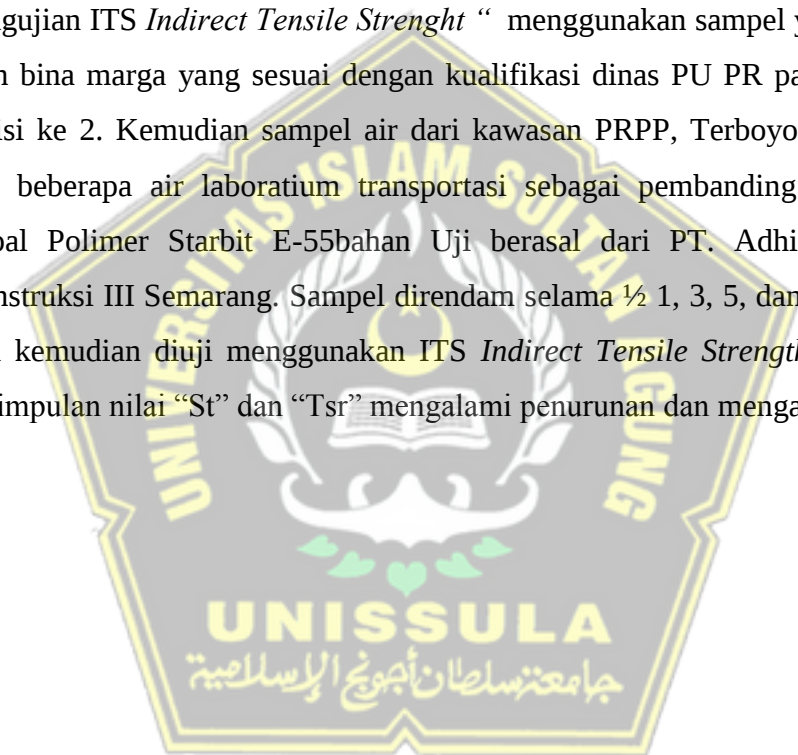
Menurut prabowo pada penelitiannya mengenai rendaman air rob terhadap HRS-WC. Pada penelitiannya dilakukan perendaman selama satu minggu yakni 168 jam dengan perbedaan konsentrasi asam. Didalam kesimpulannya yakni ketika aspal yang direndam oleh kadar asam mengalami nilai stabilitas dan durabilitas yang rendah dengan masukan penambahan uji permeabilitas dengan latakton bersama aspal polimer yang memiliki kuat lengket lebih baik dibanding yang lain.

Penelitian selanjutnya yakni menggunakan aspal panas golongan a dengan rendaman air yang memiliki konsentrasi garam sebanyak 5%, 7,5% dan 10%. Direndam selama 10, 20, hingga 30 hari, mendapatkan hasil stabilitas lebih dari 25% yang sesuai dengan ketentuan pihak bina marga dimana sampel tersebut mengalami penurunan perlahan-lahan ketika direndam menggunakan air biasa. Untuk sampel yang direndam menggunakan air garam menunjukkan adanya penurunan yang signifikan ketika direndam Selama 30 hari. Diuji menggunakan wheel tracking untuk melihat angka deformasi yang mengalami kenaikan yang diiringi dengan kenaikan waktu. Dengan begitu dapat diambil kesimpulan bahwa perendaman sampel yang menggunakan air garam dan agregat normal mengalami penurunan kekuatan perlahan. Yang dilakukan oleh syukri pada tahun 1999 “*Effect of Salt Water Immersion on The Durability of a Hot Rolled Sheet Mix*”

Pada penelitian yang berjudul “ Pengaruh Air Rob terhadap Karakteristik

Lataston untuk lapisan (ACWC- modifikasi)” yang mendapatkan kesimpulan bahwa aspal yang direndam mengalami penurunan terhadap nilai MQ dan stabilitas dan naiknya rongga rongga sampel (VMA dan VIM). Dengan metode perendaman menerus oleh air rob kurun waktu 6,12,24, dan 48 jam. Dan untuk perendaman berkala direndam 12 jam kemudian diangin anginkan 12 jam kemudian hal tersebut berlaku untuk sample yang lain dengan siklus 48 jam perendaman.(Riyadi, 2011)

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (Rob) Terhadap Kinerja Lataston (AC-WC) Aspal Polimer Starbit E-55 Berdasar Pengujian ITS *Indirect Tensile Strenght* “ menggunakan sampel yang telah diuji oleh bina marga yang sesuai dengan kualifikasi dinas PU PR pada tahun 2010 revisi ke 2. Kemudian sampel air dari kawasan PRPP, Terboyo, Tanjung Mas dan beberapa air laboratium transportasi sebagai pembanding. Pada sampel Aspal Polimer Starbit E-55 bahan Uji berasal dari PT. Adhi Karya Divisi Konstruksi III Semarang. Sampel direndam selama $\frac{1}{2}$ 1, 3, 5, dan 7 hari oleh air tadi kemudian diuji menggunakan ITS *Indirect Tensile Strength* mendapatkan kesimpulan nilai “St” dan “Tsr” mengalami penurunan dan mengakibatkan nilai



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tipe Penelitian

Penelitian ini menggunakan tipe eksperimen yaitu dengan melakukannya kita bisa dapat mengetahui dampak yang dilakukan oleh peneliti. Penelitian eksperimen memberikan data hasil uji atau hasil dari pengamatan peneliti secara langsung. Oleh karena itu penelitian tipe ini dapat dimanipulasi oleh peneliti dan didapatkan dampak yang telah dilakukannya akibat manipulasi data tersebut. Hal tersebut di kemukakan oleh latipun. (2002). Penelitian eksperimen juga digolongkan metode sistematis karena metode ini memiliki hubungan sebab akibat, (sukardi, 2011).

Kemudian menurut (sugiyono,2011) penelitian eksperimen adalah penelitian yang tata cara dan kondisinya dapat terkendalikan dengan adanya metode ini. Kemudian dari hasil yang dikemukakan oleh beberapa para ahli mengenai metode penelitian eksperimen ini adalah untuk mengetahui dampak dari kegiatan atau perilaku yang dilakukan oleh peneliti itu sendiri.

Namun menurut Sukardi (2011) yang mengatakan bahwa eksperimen ini dalam bidang pendidikan terdapat dua jenis yaitu penelitian dalam ataupun luar laboratorium. Namun pada penelitian yang kami lakukan adalah penelitian didalam laboratorium. Yang melakukan perendaman pada campuran aspal panas (HRS-WC) dengan menggunakan kurun waktu 6 jam hingga 48 jam dan juga menggunakan dua cara perendaman yaitu perendaman menerus (*continuous*) dan berkala (*siklik*)

3.2. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dikerjakan dalam waktu tiga bulan (berawal dari bulan Mei hingga Juli 2021). Pengambilan rob diambil dari area genangan rob yang berada pada kawasan industri Kaligawe Kota Semarang. Kemudian dilakukan pemeriksaan analisa air yang di lakukan pada laboratorium Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dan untuk pembuatan sampel campuran aspal dilakukan pada laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.3. Bahan dan Peralatan Penelitian

3.3.1. Bahan Penelitian

Berikut bahan yang dipakai saat penelitian dilakukan, antara lain :

- a) Rob yang dipakai diambil dari kawasan industry Kaligawe kota semarang sebagai pembandingan dengan air tawar laboratorium.
- b) Agregat kasar, Agregat halus, *filler* diperoleh dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) di AMP (*Asphalt Mixing Plant*) PT. Maju Karya

3.3.2. Bahan dasar aspal yang dipakai adalah aspal penetrasi 60/70 yang diambil dari Pertamina Peralatan Penelitian

- a) Peralatan uji agregat

Peralatan yang digunakan yakni timbangan berat, *sieve shaker* timbangan, oven, dan mesin *Los Angeles*.

- b) Peralatan uji aspal

Peralatan dipakai untuk menguji aspal pada penelitian ini: alat uji penetrasi, alat uji titik bakar dan titik nyala, alat uji titik lembek, alat uji berat jenis, alat uji daktilitas, dan uji kelarutan.

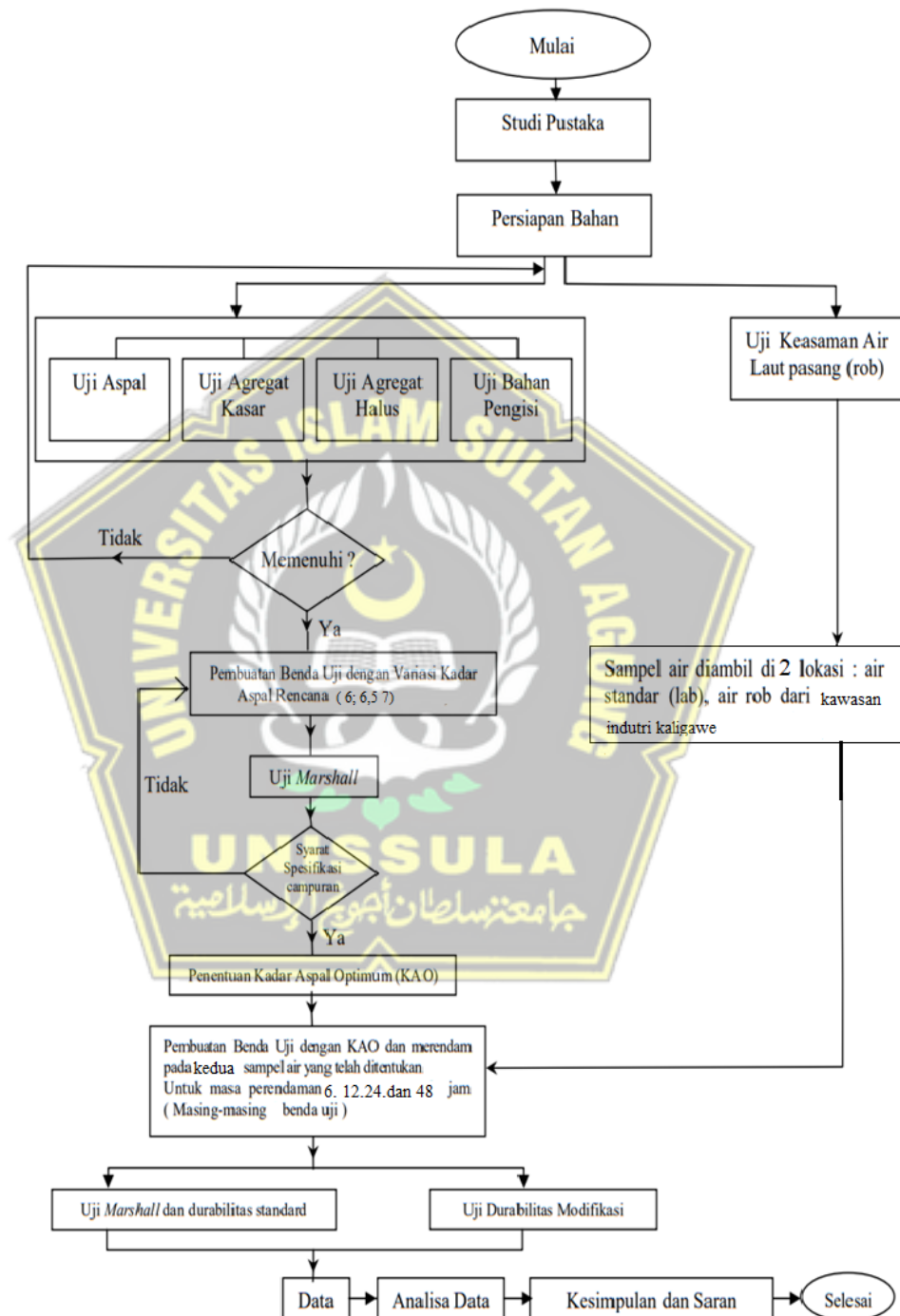
- c) Alat uji campuran metode *Marshall*

Alat yang digunakan pengujian penelitian ini adalah 1 set alat untuk metode *Marshall*, yaitu:

- a) *Marshall hammer* dengan cincin penguji 3000 kg dengan penunjuk flow
- b) Peralatan yang perwujudan silinder dengan diameter 10,2 cm (4 inch) tinggi 7,5 cm (3 inch) pada *Marshall* diameter 15,24 cm (6 inch) dan tinggi 9,52 cm untuk *Marshall* modifikasi.
- c) Tumbukan manual yang memiliki permukaan rata dan berbentuk silinder.
- d) Alat *Ejektor* yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji sesudah dipadatkan.
- e) Bejana dan pengatur suhu
- f) Peralatan pendukung lainnya yang sarung tangan, oven, thermometer timbangan dan wadah pencampur

3.4. Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir penelitian yang berisi tentang urutan atau tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini yang dijelaskan pada **Gambar 3.1**:



Gambar 3.1. Bagan Alur Penelitian

Penjelasan bagan alir penelitian:

Langkah awal yang dikerjakan pada penelitian ini adalah studi pustaka dan mempersiapkan alat-alat dan bahan-bahan yang akan digunakan pada saat penelitian ini. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel rob kemudian dilakukan pengujian pada di uji atau di periksa pada laboratorium Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Pengambilan sampel rob tersebut dilakukan pada kawasan Industry Kaligawe Kota Semarang.

Semua pengujian harus dilakukan berdasarkan standar pada modul PPJ pada lab Jalan fakultas teknik Universitas Unissula yang berpedoman pada ASTM dan SNI. Pemeriksaan agregat meliputi:

- a. BJ Agregat split (berdasarkan SNI 1969:2008 dan Persamaan 2.6 sampai dengan Persamaan 2.8) dan Penyerapan Agregat Kasar (berdasarkan SNI 1969:2008 dan Persamaan 2.13).
- b. Abrasi agregat oleh kimiawi (berdasarkan SNI 2417:2008 dan Persamaan 2.12).
- c. Uji kekekalan bentuk (berdasarkan SNI 3407:2008 dan Persamaan 2.16).
- d. BJ agregat screen (berdasarkan SNI 1970:2008 dan Persamaan 2.9 sampai dengan Persamaan 2.11) dan Penyerapan Agregat Halus (berdasarkan SNI 1970:2008 dan Persamaan 2.14).

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70. Uji fisik aspal yaitu:

- a. Uji penetrasi (berdasarkan SNI 06-2456-1991 dan Persamaan 2.18).
- b. Softening point (berdasarkan SNI 06-2434-1991).
- c. Uji titik bakar titiknyala (berdasarkan SNI 06-2433-1991).
- d. Uji daktilitas (berdasarkan SNI 06-2432-1991).

Kemudian saat semua uji material pembentuk aspal penetrasi 60/70 telah dilakukan dan semua agregat dan agregat, material tersebut telah memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan, langkah selanjutnya yaitu menyusun dan membuat sampel untuk penelitian dengan metode *Marshall*. Pengujian standar benda uji untuk *Marshall* sesuai prosedur yang ditentukan dalam SNI 06-2489-1991 (PA-0305-76, AASHTO T-44-81, ASTM D-2042-76). Pembuatan dan perancangan benda uji atau campuran aspal dengan berdasarkan variasi kadar aspal. Variasi kadar aspal

dapat digunakan dengan Persamaan 2.22. Berdasarkan perhitungan dengan persamaan tersebut didapatkan P_b (kadar aspal tengah/ ideal). Kadar aspal yang digunakan sebagai sampel adalah $P_b - 1\%$, $P_b - 0,5\%$, $P_b\%$, $P_b + 0,5\%$, dan $P_b + 1\%$ masing-masing menggunakan 3 sampel, penjelasan rinci pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Perhitungan Jumlah Sampel Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
$P_b - 1\%$	3
$P_b - 0,5\%$	3
$P_b\%$	3
$P_b + 0,5\%$	3
$P_b + 1\%$	3
Total	15 sampel benda uji

Jika bahan-bahan campuran pada aspal sudah ada, lalu membuat beberapa contoh benda uji. Suhu proses kombinasi antar aspal dan agregat dan temperature dengan viskositas 170 ± 20 centistokes, dan dengan suhu penghamparan dengan nilai viskositas 280 ± 30 centistokes. Tidak diadakannya pengujian viskositas kinematik aspal maka secara umum, suhu pencampuran harus ditentukan berkisar 145°C - 155°C , sedangkan suhu yang digunakan dalam pemadatan antara 110°C - 135°C , berpedoman pada penelitian sebelumnya oleh menurut Prabowo dan Riyadi

Penumbukan dilakukan tiap satu sisinya mengalami 75 penumbukan, yang memakai *Marshall Mammer Compaction*. Setelah dipadatkan, sample dibiarkan atau di diamkan pada suhu ruang dengan waktu 24 jam. Setelah di biarkan selama 24 jam ukur terlebih dahulu tinggi dan diameter pada sampel yang telah ibuat dan pengukuran tersebut saat sampel pada kondisi kering. Supaya memperoleh hasil volumetrik aspal (VIM, Stabilitas, VMA, dan FMA) perendaman sampel dalam air selama 24 jam, kemudian ditimbang berat dalam air dan dalam kondisi jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*). Kemudian selama 30 menit sampel direndam dalam *water bath* dengan temperature 60°C , sesudah pengujian menggunakan alat *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas kelelahan. Angka empiris volumetrik kombinasi aspal bisa dihitung dengan Persamaan 2.23 hingga Persamaan 2.33.

ketika pengujian *Marshall* didapatkan beberapa data diantaranya MQ, VAM, VIM, VFA, stabilitas dan flow lalu dianalisa untuk mendapatkan isi campuran aspal yang optimum. Kombinasi aspal yang optimum kemudian dimasukkan kedalam rob dan air tawar laboratorium agar peneliti bisa mengetahui sejauh mana kekuatan campuran aspal yang terendam oleh kedua sampel air tersebut.

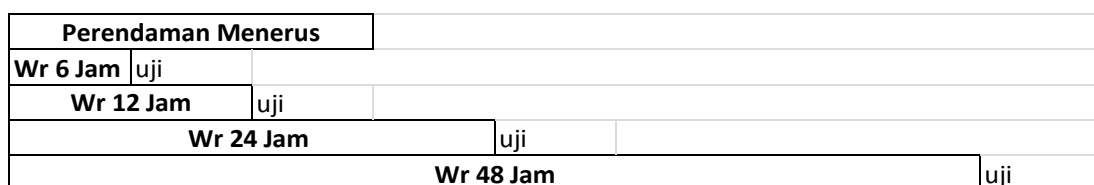
Pelarutan klorida dengan pengaruh karakteristik marshal (Cl^-) berdasarkan SNI 06-6989. 19-2004.

Perendaman menerus dilakukan selama 6 jam 12 jam 24 jam dan 48 jam dengan setiap waktu perendaman terdapat dua sampel. kemudian metode perendaman terputus atau siklik dilakukan perendaman selama 12 jam kemudian setelah 12 jam sampel di angkat dan didiamkan pada suhu ruang selam 12 jam, dan dilakukan uji untuk siklus 24 jam atau satu hari dijelaskan pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3** pada tiap waktu perendaman terdapat tiga sampel. Dengan penjelasan sebagai berikut:

- Perendaman berkala atau terputus , setiap waktdigunakan 2 sampel maka dibutuhkan total sampel yaitu 16, 8 sampel untuk perendaman pada rob dan 8 sampel untuk perendaman pada air tawar laboratorium.
- Perendaman menerus dibutuhkan total sampel 16 yang mana masing-masing waktu di butuhkan 2 sampel, 8 sampel untuk perendaman pada rob, dan 8 sampel untuk perendaman pada air tawar laboratorium.
- Jumlah keseluruhan sampel yang dibutuhkan adalah 32 sampel.



Gambar 3.2. Diagram Perendaman Berkala



Gambar 3.3. Diagram Perendaman Menerus

Sesudah melakukan tahap-tahap penelitian maka mendapatkan data hasil penelitian. Dan langkah kemudian:

- a. Menganalisa dari uji bahan kombinasi aspal apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum 2010.
- b. Menggolongkan nilai stabilitas, kelelahan, VIM, VIM, VFA, dan MQ dengan angka stabilitas sisa. Terhadap lamanya perendaman Pada grafik dapat disimpulkan bahwa apakah terjadi adanya kenaikan atau penurunan pada parameter yang ada selama terjadinya perendaman pada rob dan air tawar laboratorium.
- c. Membandingkan data yang di dapat dari hasil uji *Marshall* dari benda uji sudah merendam oleh rob dan air tawar laboratorium. Lalu menganalisa hubungan antara lamanya perendaman dan karakteristik campuran aspal. didapatkan pengaruh apa durasi perendaman terhadap keawetan dari kombinasi aspal
- d. Membandingkan data yang didapat dari hasil uji *Marshall* untuk contoh benda uji di rendam pada metode perendaman menerus dan berkala dianalisa bahwa pada metode perendaman sangat berpengaruh terhadap karakteristik campuran aspal.

Berikut ini merupakan beberapa foto yang diambil ketika melakukan praktikum yang berada di Laboratorm Fakultas Teknik Universitas Islam sultan Agung:



Gambar 3.4 Perendaman Menerus air lab **Gambar 3.5** Perendaman Menerus air lab



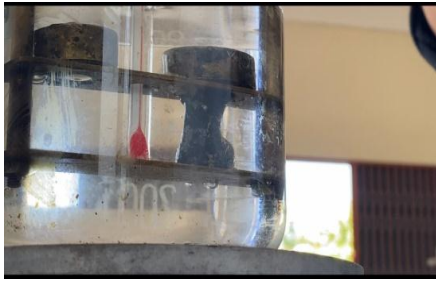
Gambar 3.6 Perendaman Berkala air lab **Gambar 3.7** Perendaman Berkala air lab



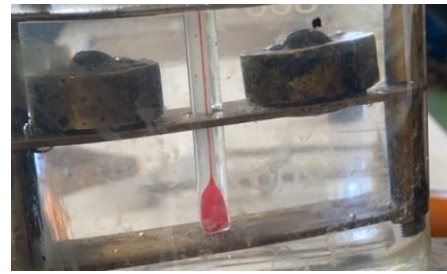
Gambar 3.8 Perendaman Berkala air rob **Gambar 3.9** Perendaman Berkala air rob



Gambar 3.10 Rendaman Menerus air rob **Gambar 3.11** Perendaman Menerus air rob



Gambar 3.12 Uji Titik lembek



Gambar 3.12 Uji Titik lembek



Gambar 3.14 Pemanasan Aspal



Gambar 3.13 Pencampuran aspal dan agregat



Gambar 3.15 Uji Penetrasi



Gambar 3.16 Penumbukan



Gambar 3.17 Penimbangan Agregat



Gambar 3.18 uji soundness

BERKALA AIR TAWAR
LABORATORIUM



Gambar 3.19 Hasil perendaman 6 jam air lab



Gambar 3.21 Hasil perendaman 12 jam air lab



Gambar 3.23 Hasil perendaman 24 jam air lab



Gambar 3.20 Hasil perendaman 6 jam oleh air lab



Gambar 3.22 Hasil perendaman 12 jam air lab



Gambar 3.24 Hasil perendaman 24 jam air lab



Gambar 3.25 Hasil perendaman 48
jam air lab

Gambar 3.29 Hasil perendaman 24
jam air lab



**MENERUS AIR TAWAR
LABORATORIUM**

Gambar 3.26 Hasil perendaman 48
jam air lab



Gambar 3.27 Hasil perendaman 12
jam air lab



Gambar 3.28 Hasil perendaman 12
jam air lab



Gambar 3.30 Hasil perendaman 24

jam air lab



Gambar 3.33 Hasil perendaman

12 jam air rob



Gambar 3.35 Hasil perendaman

24 jam air rob



Gambar 3.31 Hasil perendaman

48 jam air lab

Gambar 3.32 Hasil perendaman

48 jam air lab

BERKALA ROB





Gambar 3.34 Hasil perendaman
12 jam air rob



Gambar 3.36 Hasil perendaman
24 jam air rob

Gambar 3.39 Hasil perendaman 6
jam air rob

Gambar 3.37 Hasil perendaman
48 jam air rob

MENERUS ROB



Gambar 3.41 Hasil perendaman
12 jam air rob

Gambar 3.38 Hasil perendaman
48 jam air rob





Gambar 3.40 Hasil perendaman 6 jam air rob



Gambar 3.45 Hasil perendaman 48 jam air rob



Gambar 3.42 Hasil perendaman 12 jam air rob



Gambar 3.44 Hasil perendaman 24 jam air rob



Gambar 3.43 Hasil perendaman 24 jam air rob



Gambar 3.46 Hasil perendaman 48 jam air rob



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan berat jenis rob

Lokasi Pengambilan Rob Lingkungan Industri Kaligawe.

Tabel 4.1 berat jenis

No	Uji	Satuan	Hasil Pengujian	
			Rob	Air Tawar Lab
1	Berat Jenis	N/m ³	1,03 x 10 ³	1,00 x 10 ³

Berat jenis diatas merupakan perbandingan antar volume rob dan air lab dengan satuan N/m³ Berat jenis disebut rho dan rumus dari berat jenis itu ialah massa / volume jadi factor yang mempengaruhi berat jenis ialah massa benda (m) dan volume (V) ρ (rho) Rumus Berat Jenis sebagai berikut :

$$P = m \cdot g / v \text{ atau } P = w / v$$

Dengan satuan N / m³

Keterangan:

m = Massa

g = Gravitasi

v = Volume

w = Berat

4.2 Pembuatan Benda Uji dan Variasi Kadar Aspal

4.2.1 Hasil Pengujian Aspal

4.2.1.1 Penetrasi

Pengujian kadar aspal atau ter yang kita lakukan ialah penetrasi daktalitas, nyala dan titik lembek karena keempatnya merupakan parameter perkerasan lentur.

➤ Peralatan

Alat yang dipergunakan:

1. Alat penetrasi bias menggerakkan pelaku pegangan jarum naik – turun
Tanpa gesekan dan bias mengukur penetrasi sampai 0,1 mm.
2. Seseorang memegang beban jarum ($47,5 \pm 0,005$) gr yang bias di lepas dengan mudah bila mengukur penetrasi sampai 0,1 mm.
3. Pemberat dari ($50 \pm 0,05$) gram atau ($100 \pm 0,05$) gr masing – masing gram dan 200 gram.
4. Jarum penetrasi dibuat dari *stainless steel* tanda (*grade*) 140°C atau HRC 54 – 60. Bentuk pada ujung jarum harus berbentuk kerucut tepacung dengan berat jenis jarum $2,5 \pm 0,05$ gram.
5. Contoh cawan yang terbuat dari Logam atau gelas yang mempunyai bentuk silinder dengan permukaan dasar yang rata mempunyai ukuran sebagai berikut:

Penetrasi	Diamater	Dalam/Tinggi
≤ 200	55 mm	35 mm
200 – 350	70 mm	45 mm

6. Bak rendaman

Yaitu bejana yang dapat menahan suhu 25 °C yang memiliki ketelitian $\pm 0,1$ °C, pada dasar wadah dengan lubang 50 mm dangan ≤ 100 mm

7. Untuk wadah air yang digunakan untuk sampel diletakkan dibawah alat penetrasi, wadah itu dapat menampung 350 ml.
8. Pengatur waktu
Penetrasi diukur menggunakan alat otomatis yang tingkat kesalahannya ketika melebihi 0.01 detik
9. Termometer, pada bak harus tertera.

➤ **Persiapan sampel**

Sampel berbentuk aspal keras seberat 100 gr dengan persiapan:

1. Naikkan suhu 60 °C sampai 90 °C hingga meleleh.
2. Dengan kurun waktu 30 menit aduk perlahan supaya tak ada rongga udara.
3. ketika aspal leleh kemudian di tuang pada wadah yang memiliki tinggi ± 10 mm, lalu diamkan hingga dingin sebanyak 2 sampel
4. Tutup sampel supaya tidak ada debu menempel dan angin-anginkan pada suhu ruangan 1-11,5 jam.

➤ **Cara Pengujian**

Urutan proses pengujiannya yaitu sebagai berikut:

1. Masukkan sampel kedalam perendaman yang dengan suhu 25° C selama 1-1,5 jam
2. Cek dan bersihkan jarum penetrasi dengan toluene kemudian pasanglah di pegangan jarum
3. Tambahkan beban supaya memiliki beban $100 \pm 0,1$ gr
4. Letakkan wadah air dibawah alat penetrasi
5. Tekan tombol unlock agar jarum bisa digerakkan naik ataupun turun
6. Jatuhkan pelan jarum hingga menyentuh sampel.
7. Sebelum memulai pengujian bacalah angka penetrasi awal

8. Tekan tombol start untuk pengujian dan diamkan selama 5 menit dan bacalah angka penetrasi nya.
9. Lakukan langkah 1 sampai 8 diatas sebanyak 5 kali pada satu benda uji.

Tabel 4.2 Hasil Uji Penetrasi Aspal

Data Penetrasi	Sample I	Sample II	Sample III
Tengah	90	85	80
Atas	85	80	65
Kanan	95	85	90
Bawah	85	65	70
Kiri	65	80	85
Rata-rata	84	79	78
Nilai penetrasi	80		

Untuk mendapatkan hasil dari penetrasi aspal dianalisa dengan persamaan 2.18 berikut:

$$\text{nilai Penetrasi} = \frac{\frac{p + q + r + s + t}{5} + \frac{u + v + w + x + y}{5}}{2} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

Variable huruf = nilai pengamatan pada benda uji masing masing

Rata-rata total hasil penetrasi dari sampel adalah 140 dm, yaitu:

1. AC pen 40/50 Nilai penetrasi 40-50
2. AC pen 60/70 Nilai penetrasi 60-70
3. AC pen 80/100 Nilai penetrasi 80-100
4. AC pen 120/150 Nilai penetrasi 120-150
5. AC pen 200/300 Nilai penetrasi 200-300

Kesimpulan:

hasil yang telah didapatkan adalah 80 maka aspal tersebut tergolong ke AC pen 80/100.

Dengan hitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Nilai Penetrasi} \\ &= \frac{90 + 85 + 95 + 85 + 65}{5} + \frac{85 + 80 + 85 + 65 + 80}{5} + \frac{80 + 65 + 90 + 70 + 85}{5} \\ & \text{Nilai Penetrasi} = \frac{84 + 79 + 78}{3} = 80 \end{aligned}$$

4.2.1.2 SOFTENING POINT

Pada setiap aspal memiliki nilai titik lembek yang berbeda walaupun nilai penetrasi sama. Maka dari itu uji ini dibutuhkan untuk melihat tingkat kekerasan aspal. Dengan pengujian manual.

➤ Peralatan

Alat-alat yang dipakai :

1. Cincin kuningan
2. Bola baja diameter 9,53 mm, berat $3,50 \pm 0,05$ gram
3. Breker glass
4. Dudukan benda uji
5. Thermometer
6. Jepitan

➤ Persiapan benda uji

Benda uji yaitu aspal yang disiapkan dengan cara sebagai berikut:

1. Naikkan suhu hingga mencair dengan cara sambil di aduk terus supaya tidak ada udara yang masuk kedalam sampel aspal tersebut.
2. Suhu maksimum titik lembeknya adalah 110 °C.
3. Kurun waktu yang diberikan 30 menit.

4. 2 cincin tersebut dipanaskan sesuai dengan suhu ruangan setelah itu taruh diatas plat kuningan yang sudah dibubuhi lapisan dlycerol.
5. Tuang aspal yang sudah dipanaskan kedalam cincin lalu biarkan suhu minimum 5 °C dalam waktu 30 menit.
6. Kemudian setelah dingin, permukaan dibuat rata.

➤ Cara Pengujian

Langkah pada pengujian ini yaitu:

1. Kedua benda uji diletakkan diletakkan pada dudukannya lalu pasang pengarah bola pada bagian atasnya, dan masukkan semua peralatan tersut masukkan breker glass
2. Isi terlebih dahulu wadah menggunakan air destilasi menggunakan suhu $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$ sehingga tinggi permukaan 101,6 -108 mm.
3. Taruhlah thermometer ditengah $(\pm 12,7 \text{ mm})$ dari tiap cincin),
4. Pasang bola-bola baja yang sudah bersuhu 5°C pada permukaan benda uji.
5. Bejana dipanaskan hingga setiap menit mengalami kenaikan suhu sebanyak 5°C .
6. Jika kecepatan pemanasan lebih dari 5 poin ketentuan maka harus dilakukan pengujian ulang.

Table 4.3 Hasil Pemeriksaan Titik Lembek

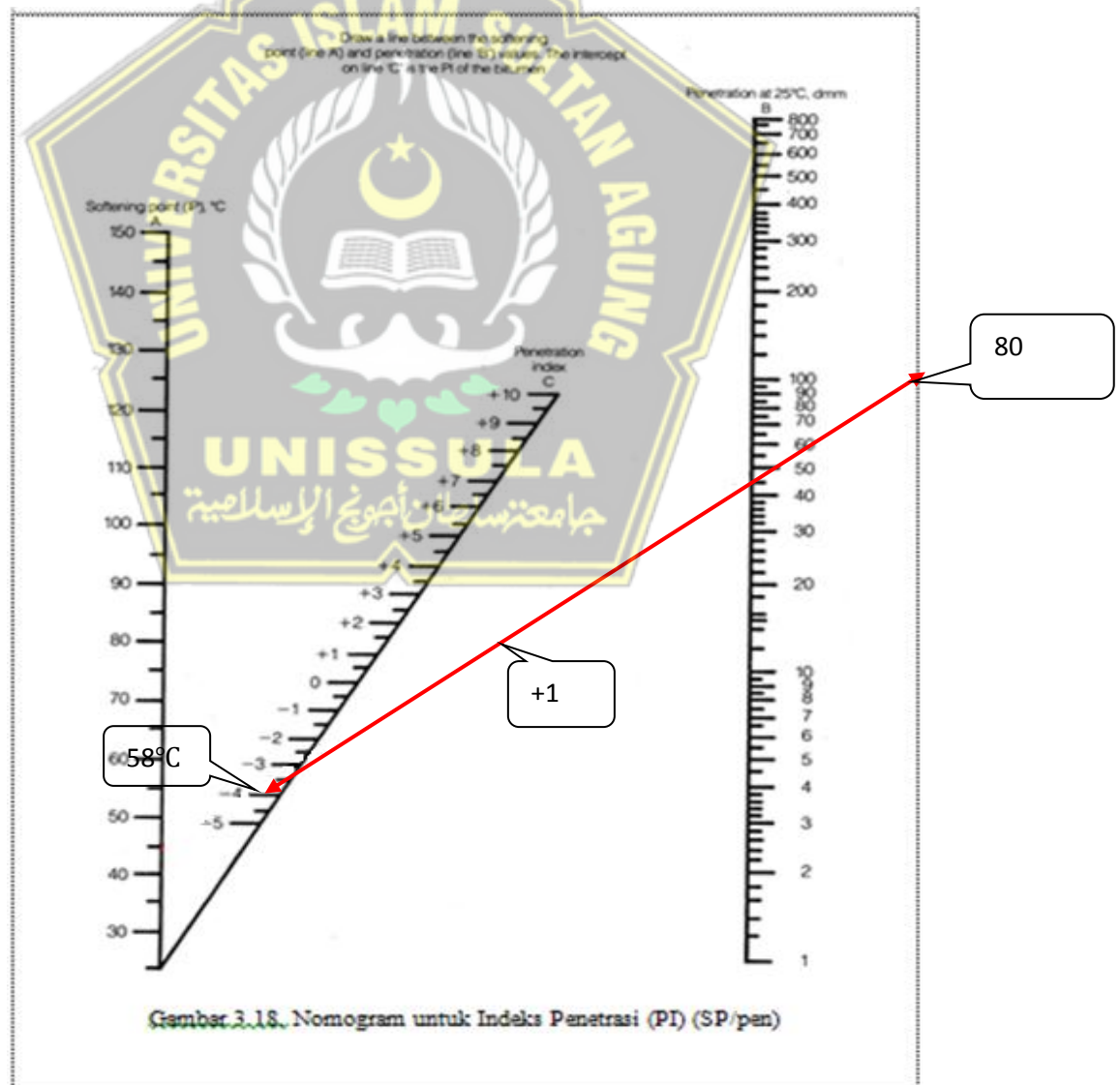
Sample	Ring	Waktu		Temperature (° c)
		Awal	akhir	
1	Kanan	11.30	11.58	59
2	Kiri	11.30	12.05	58
Temperature rata – rata				58,5

Syarat RSNI-01-2003 untuk aspal adalah sebagai berikut :

1. Pen 40 adalah $51^{\circ}\text{C} - 63^{\circ}\text{C}$
2. Pen 60 adalah $50^{\circ}\text{C} - 58^{\circ}\text{C}$
3. Pen 80 adalah $46^{\circ}\text{C} - 54^{\circ}\text{C}$
4. Pen 120 adalah $120^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$
5. Pen 200 adalah $200^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$

Kesimpulan :

Suhu aspal ini mengalami titik lembek yaitu 58°C , menurut syarat RSNI-01-2003 tergolong kedalam aspal penetrasi 60 karena temperatur berada diantara persyaratan $51^{\circ}\text{C} - 63^{\circ}\text{C}$.



Gambar 4.2 Nomogram Untuk Indeks Penetrasi (IP) (SP/pen)

Gambar diatas menunjukkan hubungan softening point (IP) °C yaitu 64 dengan hasil penetrasi 120 dmm, kemudian dihasilkan angka untuk penetrasi Indeks senilai + 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa angka kerentanan nya tinggi terhadap temperature namun dapat dipakai sebagai campuran lapis permukaan jalan karena nilai PI diantara -1 dan +1.

4.2.1.3 Titik Nyala

Ditinjau dari SNI 06-2433-1991 pada halaman 1, titik nyala ialah temperatur ketika benda uji terlihat hidup pada permukaan aspal dengan waktu yang singkat kurang dari 5 detik.

➤ **Peralatan**

Alat-alat yang dipakai yaitu:

1. Thermometer
2. Penyangga dan pemanas
3. Nyala api penguji
4. Cawan Cleveland
5. Plat pemanas

➤ **Bahan**

Bahan-bahan yang dipakai

1. Pelarut Pembersih yaitu toluene, aseton, xylene dan minyak tanah.
2. Aspal

➤ **Cara Penguji**

1. Masukkan aspal kedalam Cleveland open cup sampai batas yang tertera.
2. Letakkan diatas kompor Cleveland cup.
3. Pasang thermometer dengan baik sehingga bisa mengukur suhu aspal dengan baik.

4. Sebelum dipanaskan suhu awal aspal harus diukur terlebih dahulu.
5. Nyalakan kompor listrik
6. Amati suhu aspal yang ada catatlah waktunya setiap suhu mengalami kenaikan sebanyak 5) °C
7. Siapkan api dan minyak untuk menyalakan sumbu yang akan ditujukan menguji titik nyala dan titik bakar aspal.
8. Aspal sudah dapat di uji titik nyala maupun bakar jika kira-kira suhunya telah mencapai 200°C.
9. Api dilewatkan pada sisi atas sampel dengan jarak kurang lebih 1 cm dari atas permukaan aspal.
10. Ulangi langkah ke 10 apabila belu juga terdapat percikan api. Dan apabila api sudah nyala ukurlah kenaikan suhu pada saat 5 menit sekali.

Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan titik nyala dan bakar.

NO	SUHU°C	WAKTU	KETERANGAN
1	300	0	
2	305	00:12	
3	310	00:38	
4	315	01:38	
5	320	02:43	
6	325	03:30	
7	330	04:53	
8	335	05: 47	
9	340	06:36	
10	345	07:45	
11	350	08:52	Titik Nyala
12	355	09:49	Titik Bakar

13	360	10:28	
14	365	11:55	

4.2.2 HASIL UJI AGREGAT

Agregat

Agregat ialah komposisi yang besar dari alam atau buatan manusia itu sendiri berasal mineral, yaitu massa yang besar pada perencanaan jalan raya, agregat biasanya digunakan untuk pengisi sebuah campuran perkerasan jalan.

Menurut ukurannya, agregat dibagi menjadi:

1. Agregat Halus (berisi lempung (clay) dan lumpur (silt))
 - Terdiri dari butiran yang berukuran antara 0,07 mm – 0,5 mm. ada pula lumpur yang mempunyai butiran lebih kecil yaitu 0.002 mm. sedangkan lumpur memiliki ukuran butiran 0.06-0.002 mm.
 - Agregat halus memiliki karakter yang kekal, yaitu tidak dapat retak ataupun hancur karena pengaruh cuaca.
2. Agregat sedang (berupa pasir)
 - Memiliki ukuran butiran 0.06 mm – 5 mm.
3. Agregat kasar
 - Ukuran butiran antara 5 mm – 40 mm
 - Tidak boleh berpori dan harus berupa batuan yang keras.

4.2.2.1 Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat (SNI 1969:2008 Untuk Agregat Halus)

Perbandingan volume dengan berat agregat adalah berat jenis Berat jenis dibagi menjadi 3, yaitu:

a. BJ Bulk (*Bulk Spesifik Gravity*)

Yang memperhitungkan berat agregat pada saat kondisi kering dan seluruh volume agregat ($V_s + V_i + V_p + V_c$)

b. BJ Kering Permukaan (*Saturated Surface Dry*)

Yaitu berat jenis yang menghitung berat agregat dalam kondisi kering permukaan. Jadi merupakan berat agregat kondisi kering + berat air yang dapat meresap kedalam pori dan seluruh agregat ($V_c + V_i + V_p + V_s$).

c. BJ Semu (*apparent Spesifik Gravity*)

Yaitu dengan menghitung berat agregat pada kondisi kering, dan volume agregat yang tidak diresapi oleh air. ($V_s + V_i$)

Agregat melakukan penyerapan pada air yang dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat.

➤ Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,2 %
2. Plat kaca
3. Oven
4. Tabung kaca
5. Kipas angin
6. Tissue
7. Pan
8. Ember
9. Saringan 4,75 mm dan 3,36 mm

➤ Benda Uji

1. Agregat : 7 kg

2. Air suling

➤ Cara pengujian

1. Rending sampel selama 24 jam dalam air hingga menjadi jenuh.
2. Persiapan benda uji.
3. Pengujian penyerapan air pada agregat dan berat jenis.
4. Uji berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus.

Berikut ialah persamaan yang dipakai saat mencari berat jenis agregat penyerapan air:

- Berat jenis Agregat Kasar (persamaan 2.6 sampai dengan persamaan 2.8)

$$\text{Berat jenis (Bulk)} = \frac{BK}{(BJ - BA)} \dots \dots \dots (2.6)$$

Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)

$$= \frac{BJ}{(BJ - BA)} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\text{Berat jenis semu (Apparent)} = \frac{BK}{(BK - BA)} \dots \dots \dots (2.8)$$

BK = berat benda uji kering oven (gr)

BJ = berat benda uji Kering permukaan jenuh (gr)

BA = berat benda uji dalam air (gr)

- Berat Jenis Agregat Halus (Persamaan 2.9 sampai dengan Persamaan 2.11)

$$\text{Berat jenis (Bulk)} = \frac{BK}{(B + 500 - Bt)} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \dots \dots (2.10)$$

$$\text{Berat jenis semu (Apparent)} = \frac{BK}{(B + BK - Bt)} \dots \dots \dots (2.11)$$

SSD = ditetapkan 500 gr (berat benda uji kering permukaan jenuh)

BK = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat piknometer diisi air 25°C

Bt = berat piknometer + benda uji SSD + air 25°C (gram)

Penyerapan (*Absorption*) Agregat Kasar (Persamaan 2.13)

$$\text{Penyerapan (Absorbtion)} = \frac{(BJ-BK)}{BK} \times 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan:

BK = berat benda uji kering oven (gram)

BJ = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Penyerapan (*Absorbtion*) Agregat Halus (Persamaan 2.14)

$$\text{Penyerapan (Absorbtion)} = \frac{(500-BK)}{BK} \times 100\% \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan:

SSD = ditetapkan 500 gram (berat benda uji kering permukaan jenuh)

BK = berat benda uji kering oven (gram)

AGREGAT KASAR

Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat kasar

No Contoh		Split	Screen
Berat benda uji SSD (gr)	W1	1027,9	1019,6
Berat benda uji dalam air (gr)	W2	667,7	593, 2

Berat benda uji kering oven (gr)	W3	991,2	986,2
Bj SSD	$\frac{w1}{w1 - w2}$	2,853	2,391
Bj Bulk	$\frac{w3}{w1 - w2}$	2,751	2,312
Bj apparent	$\frac{w3}{w3 - w2}$	3,063	2,509
Penyerapan air	$\frac{w1 - w3}{w3} \times 100\%$	3,703%	3,387%

1. Split

Diketahui:

$$W1 = 1027,9 \text{ gr}$$

$$W2 = 667,7 \text{ gr}$$

$$W3 = 991,2 \text{ gr}$$

$$1. \text{ BJ SSD} = \frac{w1}{w1 - w2} = \frac{1027,9}{1027,9 - 667,7} = 2,518 \text{ gr}$$

$$2. \text{ BJ bulk} = \frac{w3}{w1 - w2} = \frac{991,2}{1027,9 - 667,7} = 2,4282 \text{ gr}$$

$$3. \text{ BJ apparent} = \frac{w3}{w3 - w2} = \frac{991,2}{991,2 - 667,7} = 2,668 \text{ gr}$$

$$4. \text{ Penyerapan agregat}$$

$$= \frac{w1 - w3}{w3} \times 100\%$$

$$= \frac{1027,9 - 991,2}{991,2} \times 100\%$$

$$= 3,703\%$$

2. Screen

Diketahui:

$$W1 = 1019,6 \text{ gr}$$

$$W2 = 593,2 \text{ gr}$$

$$W3 = 986,2 \text{ gr}$$

$$a. BJ SSD = \frac{w_1}{w_1 - w_2} = \frac{1019,6}{1019,6 - 593,2} = 2,391 \text{ gr}$$

$$b. BJ bulk = \frac{w_3}{w_1 - w_2} = \frac{986,2}{1019,6 - 593,2} = 2,3129 \text{ gr}$$

$$c. BJ apparent = \frac{w_3}{w_3 - w_2} = \frac{986,2}{9986,2 - 593,2} = 2,509 \text{ gr}$$

d. *Penyerapan agregat*

$$\begin{aligned} &= \frac{w_1 - w_3}{w_3} \times 100\% \\ &= \frac{1019,6 - 986,2}{986,2} \times 100\% \\ &= 3,387\% \end{aligned}$$

AGREGAT HALUS (Abu batu) 2.36 No.8

Tabel 4. 6 Hasil Pemeriksaan berat jenis agregat halus

No contoh		>2.36	<2.36
Berat benda uji SSD (gr)	A	287,6	188,5
Berat tabung + plat+air(gr)	B	2729,2	2729,6
Berat tabung + plat+air+agregat (gr)	C	2900,8	2839,6
Berat benda uji kering oven ()	D	269,8	167,5
Bj SSD	$\frac{A}{A + B - C}$	2,479	2,411
BJ Bulk	$\frac{D}{A + B - C}$	2,326	2,142
Bj Apparent	$\frac{D}{D + B - C}$	2,747	2,928
Penyerapan air	$\frac{A - D}{D} \times 100\%$	6,598%	12,5%

Φ Abu batu > 2,36 mm

Diketahui:

$$A = 287,6 \text{ gr}$$

$$B = 2729,2 \text{ gr}$$

$$C = 2900,8 \text{ gr}$$

$$D = 269,8 \text{ gr}$$

$$\text{a. } BJ \text{ SSD} = \frac{A}{A+B-C} = \frac{287,6}{287,6 + 2729,2 - 2900,8} = 2,479 \text{ gr}$$

$$\text{b. } BJ \text{ bulk} = \frac{D}{A+B-C} = \frac{269,8}{287,6 + 2729,2 - 2900,8} = 2,326 \text{ gr}$$

$$\text{c. } BJ \text{ apparent} = \frac{D}{D+B-C} = \frac{269,8}{269,8 + 2729,2 - 2900,8} = 2,747 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } \text{Penyerapan agregat} &= \frac{A-D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{287,6 - 269,8}{269,8} \times 100\% \\ &= 6,598\% \end{aligned}$$

Φ Abu batu < 2,36 mm

Diketahui:

$$A = 188,5 \text{ gr}$$

$$B = 2729,6 \text{ gr}$$

$$C = 2839,6 \text{ gr}$$

$$D = 167,5 \text{ gr}$$

$$\text{e. } BJ \text{ SSD} = \frac{A}{A+B-C} = \frac{188,5}{188,5 + 2729,2 - 2839,6} = 2,479 \text{ gr}$$

$$\text{f. } BJ \text{ bulk} = \frac{D}{A+B-C} = \frac{167,5}{188,5 + 2729,2 - 2839,6} = 2,142 \text{ gr}$$

$$\text{g. } BJ \text{ apparent} = \frac{D}{D+B-C} = \frac{167,5}{167,5 + 2729,2 - 2839,6} = 2,747 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{h. } \text{Penyerapan agregat} &= \frac{A-D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{188,5 - 167,5}{167,5} \times 100\% \\ &= 12,5\% \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Hasil uji berat jenis agregat

AGREGAT	PROPORSI		BERAT JENIS			Penyerapan air
	Mm	%	SSD	BULK	APPARENT	%
Split	>4,75	99,912	2,518	2,751	2,688	3,703
	<4,75	0,088				
Screen	>4,75	99,971	2,391	2,312	2,509	3,387
	<4,75	0,029				
Ab	>2,36	60,407	2,479	2,326	2,747	6,598
	<2,36	39,593	2,411	2,142	2,928	12,5

4.2.2.2 ANALISA SARINGAN AGREGAT

Variasi ukuran agregat berpengaruh terhadap butiran menjadi penentu kemudahan penghamparan dan stabilitas pada saat pekerjaan.

➤ Peralatan

1. Neraca yang memiliki ketelitian 0.2%.
2. Set No. $\frac{3}{4}$ ", No. $\frac{1}{2}$ ", No. $\frac{3}{8}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 (sesuai dengan standar ASTM)
3. Oven dengan pengaturan suhu (110 ± 5) °C
4. Sieve Shaker
5. Alat pemisah
6. Kuas
7. Sendok

➤ Bahan

1. Agregat halus

2. Agregat kasar

➤ **Cara pengujian**

1. Siapkan benda uji

2. Masukkan benda uji kedalam oven

3. Mengeluarkan benda uji hingga suhunya turun menjadi suhu ruang.

4. Menyiapkan saringan

5. Susun saringan dari diameter besar yang paling atas dan diameter paling kecil terletak di bagian paling bawah.

6. Masukkan benda uji kedalam saringan

7. Letakkan saringan pada mesin pengguncang.

8. Tunggu hingga 15 menit, setelah itu timbanglah berat agregat yang tertahan.

Tabel 4. 8 Hasil Pemeriksaa analisa saringan

Contoh Nomor : 01					Contoh Nomor : 02					Rata-rata Lolos (%)
Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif			Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif					
	Berat Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)		Berat Tertahan	Tertahan (%)	Lolos (%)			
1 1/2"	0	0	100	1 1/2"	0	0	100	100		
1"	0	0	100	1"	0	0	100	100		
3/4"	0	0	100	3/4"	0	0	100	100		
1/2"	2,314	42.9	57.1	1/2"	2,479	45.3	54.7	55.9		
3/8"	4,050	75.1	24.9	3/8"	4,121	75.3	24.7	25		
# 4	4,935	91.5	8.5	# 4	5,024	91.8	8.2	8.4		
# 8	5,350	99.2	0.8	# 8	5,434	99.3	0.7	0.8		
# 16				# 16						
# 30				# 30						
# 50				# 50						
# 100				# 100						
# 200				# 200						
Berat Sampel		5,394	Gram		Berat Sampel		5,320	gram		

Tabel 4. 9 Hasil Pemeriksaan Analisa saringan

Contoh Nomor : 01					Contoh Nomor : 02					Rata-rata Lolos (%)
Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif			Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif					
	Berat Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)		Berat Tertahan	Tertahan (%)	Lolos (%)			
1 1/2"	0		0	100	1 1/2"		0		0	100
1"	0		0	100	1"		0		0	100
3/4"	0		0	100	3/4"		0		0	100
1/2"	0		0	100	1/2"		0		0	100
3/8"	309,8		11.7	88.3	3/8"		290,4		12.9	87.1
# 4	1618,1		61.1	38.9	# 4		1393,7		61.9	38.1
# 8	2346,3		88.6	11.4	# 8		1979,1		87.9	12.1
# 16	2523,5		95.3	4.7	# 16		2141,2		95.1	4.9
# 30	2627,1		99.2	0.8	# 30		2235,8		99.3	0.7
# 50					# 50					
# 100					# 100					
# 200					# 200					
Berat Sampel		2648,3		Gram	Berat Sampel		2251,6		gram	

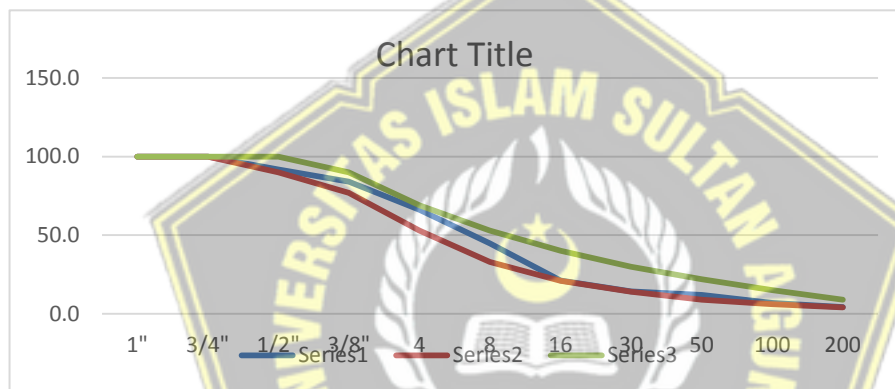
Tabel 4. 10 Hasil Pemeriksaan Analisa saringan

Contoh Nomor : 01					Contoh Nomor : 02				
Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif			Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif				
	Berat Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)		Berat Tertahan	Tertahan (%)	Lolos (%)		
3/4"	0	0	100	3/4"	0	0	100		
1/2"	0	0	100	1/2"	0	0	100		
3/8"	0	0	100	3/8"	0	0	100		
# 4	0	0	100	# 4	0	0	100		
# 8	336,5	24.9	75.1	# 8	290,9	22.6	77.4		
# 16	653,4	48.4	51.6	# 16	620,5	48.2	51.8		
# 30	846,45	62.7	37.3	# 30	816,2	63.4	36.6		
# 50	986,85	73.1	26.9	# 50	943,6	73.3	26.7		
# 100	1151,5	85.3	14.7	# 100	1105,8	85.9	14.1		
# 200	1095,0	89.8	10.2	# 200	1157,3	89.9	10.1		
Berat Sampel		1350,0	gram	Berat Sampel		1287.4	gram		

Ukuran Saringan		hasil analisa saringan						kombinasi agregat	spesifikasoi 2010	
Inchi	mm	100	13,0	100	41	100	46,0		min	max
1"	25,4	100,0	13,0	100	41,0	100	46,0	100,0	100,0	100,0
3/4"	19,1	100,0	13,0	100	41,0	100	46,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,7	55,9	7,3	100	41,0	100	46,0	94,3	90,0	100,0
3/8"	9,5	25,0	3,2	88	36,8	100	46,0	86,0	77,0	90,0
4	4,75	8,4	1,1	39,1	16,0	100	46,0	63,1	53,0	69,0

8	2,38	0,8	0,1	11,6	4,7	76,3	35,1	39,9	33,0	53,0
16	1,18			4,8	1,9	51,6	23,7	25,6	21,0	40,0
30	0,60			0,8	0,3	36,8	16,9	19,9	14,0	30,0
50	0,30					26,6	12,2	12,2	9,0	22,0
100	0,15					14,3	6,6	6,6	6,0	15,0
200	0,075					10,2	4,7	4,7	4,0	9,0

Tabel 4. 11 Hasil Pemeriksaan Aanalisa saringan



Gambar 4.3. Grafik Analisa Agregat

4.2.2.3 KAUSAN AGREGAT DENGAN ABRASI LOS ANGELES

Tingkat Kehausan ialah Sebuah Tingkat ketahanan Agregat yang di uji dengan abrasi Los Angeles. Nilai kehausan atau abrasi yang diatas rata – rata membuktikan dengan sangat banyaknya (banyaknya) yang diuji kemudian hancur

$$K_{eausan} (\%) = \frac{(a - b)}{a} \times 100 \dots \dots \dots (2.12)$$

sebab tumpuan dan gesekan agregat dengan bola – bola baja ketika alat itu berputar.

Dengan:

a = berat agregat sebelum masuk ke mesin *Los Angeles* (gram)

b = berat agregat sesudah masuk ke mesin *Los Angeles* (gram)

✓ Perlengkapan

1. Alat Abrasi Los Angeles

Alat mencakup silinder baja yang tidak terbuka sisi-sisi ukuran diameter dalam 711 mm (28 inci) panjang dalam 508 mm (20 inci) ; silinder berdasarkan pada dua poros pendek yang tidak bergerak dan berputar pada poros yang mendatar ; silinder berlubang berguna untuk memasukan benda uji; penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan silinder tidak tersentuh ataupun terganggu ; di bagian dalam silinder terletak sebuah bilah baja yang menghalang tinggi 89 mm (3,5 inci)

2. Saringan no.12

3. Timbangan, dengan ketelitian 0,2% terhadap berat 5000 gram

4. Bola – bola baja dengan ukuran diameter rata-rata 4,68 cm (1 27/32 inci) dan berat masing-masing sekitar 390 gram sampai dengan 445 gram

5. Oven, yang dilengkapi dengan pengelola temperature untuk membuat panas sampai dengan $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

6. Alat bantu talam dan kuas

✓ Bahan

1. Agregat yang terlepas dari saringan 13/4 (37,5)mm

✓ Cara Pengujian

1. Persiapkan alat dan bahan

2. Timbangan agregat sebanyak 5000gr

3. Saringan agregat dengan saringan $\frac{3}{4}$ (19,1)mm sampai 2,38 mm no. 08 dan timbang agregat

4. Sesuai dengan perbedaan, kemudian hitung total beban agregat (WI dalam gram)
5. Masukkan agregat + bola baja yang sama dengan perbedaan agregasi sama dengan ke dalam mesin Los Angeles
6. Putar mesin dengan kecepatan 30-33rpm, sebanyak 500 putaran
7. Setelah selesai pemutaran, keluarkan agregat dari mesin Los Angeles dan buat penyaringan agregat tersebut dengan saringan 1.1 7mm (No.12)
8. Timbang agregat (W2 dalam gram) dan
9. Hitung % kehausan = $(W-W2)/W1 \times 100\%$

Ukuran saringan				Gradasi untuk setiap ukuran (gr)			
mm	Inc	Mm	inch	A	B	C	D
Lolos		Tertahan					
37,5	1 ½	25	1	1250±25			
25	1	19	¾	1250±25			
19	¾	12,5	½	1250±10	2500±10		
12,5	½	9,5	3/8	1250±10	2500±10		
9,5	3/8	6,3	¼			2500±10	
6,3	¼	4,75	4			2500±10	
4,75	4	2,36	8				5000±10
	Total			5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
	Jumlah bola baja			12	11	8	6

Tabel 4.12 perbedaan dan total agregat

Ukuran saringan (mm)		Gradasi untuk setiap ukuran (gr)	
Lolos	Tertahan	Sebelum	Sesudah

37,5	19	4168,5	1823,3
19	9,5	822,3	1485,2
9,5	4,75	3,2	343,6
4,75	2,36	2,2	329,7
2,36	1,176		180,4
Jumlah berat		4958,1	4162,2
Berat tertahan No.12		-	4162,2

Tabel 4.13 data agregat

$$w_1 = 4996,2 \text{ gr}$$

$$w_2 = 4162,2 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{kehausan} &= \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \\
 &= \frac{4996,2 - 4162,2}{4996,2} \times 100\% \\
 &= 16,7\%
 \end{aligned}$$

4.2.2.4 SOUNDNESS ATAU UJI SIFAT KEKEKALAN BENTUK AGREGAT

Percobaan ini bertujuan membuktikan apakah agregat memiliki daya tahan kepada pengaruh kimiawi penyebab dari perendaman dengan larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat, yang sebagai larutan perendam. Agregat yang tidak tahan terhadap larutan perendam tersebut akan hancur ketika proses perendaman larutan dan pengeringan.

Berikut adalah persamaan 2.16 untuk mencari kekekalan agregat (*soundness*):

$$X(\%) = \frac{(B-C)}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan:

X = persentase bahan lolos saringan setelah percobaan (%)

B = berat contoh benda uji awal (gram)

C = berat contoh benda uji tahan saringan setelah percobaan (gram)

Peralatan

1. Saringan No. $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, 4, 8, 16, 30, 50, 100
2. Ember
3. Timbangan manual dengan ketelitian 0,02%
4. Oven
5. Hidrometer

✓ **Bahan**

1. Natrium sulfat
2. Agregat yang tahan saringan ukuran 4,75 atau saringan No. 4

✓ **Cara pengujian**

1. Siapkan air
2. Tempatkan agregat kasar diatas saringan No. 50, keringkan dalam oven hingga beratnya tetap dan pisahkan setiap fraksinya
3. Timbang berat masing-masing fraksi dan kombinasi keseluruhannya. Catat berat total benda uji dan berat masing – masing fraksi, untuk ukuran yang lebih dari 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ inci) catat lah banyak nya partikel yang terdapat dalam benda uji.
4. Masukkan beaker glass, lalu tuangkan air hingga larutan bisa merendam seluruh benda uji dengan ketinggian $\pm 12,5$ mm (1,2 inci).
5. Tutup beaker glass untuk mengurangi penguapan dan masuknya substansi lain. Atur suhu perendaman pada suhu $20,3^{\circ}\text{C}$ - $21,9^{\circ}\text{C}$
6. Masukkan beaker glass dalam desikator dan biarkan selama minimum 16 jam dan maksimum 18 jam

7. Tiriskan benda uji dari dalam larutan selama 15 ± 5 menit. Keringkan dalam oven pada suhu $110 \pm 5^\circ \text{C}$ hingga beratnya tetap, kemudian diinginkan sebelum direndam lagi ke dalam larutan.
8. Ulangi proses perendaman dan pengeringan minim 5 kali. apabila percobaan terpaksa dihentikan maka simpanlah benda uji di dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ \text{C}$ hingga percobaan dilanjutkan kembali
9. Setelah perendaman dan pengeringan usai, cuci benda uji dengan air panas mengalir ($43 \pm 6^\circ \text{C}$) kedalam cawan hingga meluap keluar untuk memastikan benda uji bersih dari larutan natrium sulfat / magnesium sulfat. Selama proses pencucian pastikan benda uji agar tetap aman dari guncangan atau tumbukan yang membuat pecah atau retaknya benda uji
10. Keringkan fraksi benda uji di dalam oven hingga memperoleh beratnya tetap
11. Saring lah agregat kasar dengan ukuran saringan sebagai berikut

Untuk fraksi	Untuk fraksi Saringan yang digunakan
63,00 mm – 37,00 mm	31,5 mm
37,50 mm – 19,00 mm	16,00 mm
19,00 mm – 9,50 mm	8.00 mm
9,50 mm – 4,75 mm	4,00 mm

Ukuran lubang ayakan	Berat asli (gr)	Susunan butir dalam % berat dari contoh asli	Berat benda tertahan ayakan (%)	Berat bagian sampel yang hilang (%)
63,00 mm – 37,00 mm	4783	20	4.8	1,0
37,50 mm – 19,00 mm	1525	45	8.0	3,6
19,00 mm – 9,50 mm	1008	23	9.6	2,2
9,50 mm – 4,75 mm	298	12	11,2	1,3
Jumlah		100		

Tabel 4.14 uji kekekalan

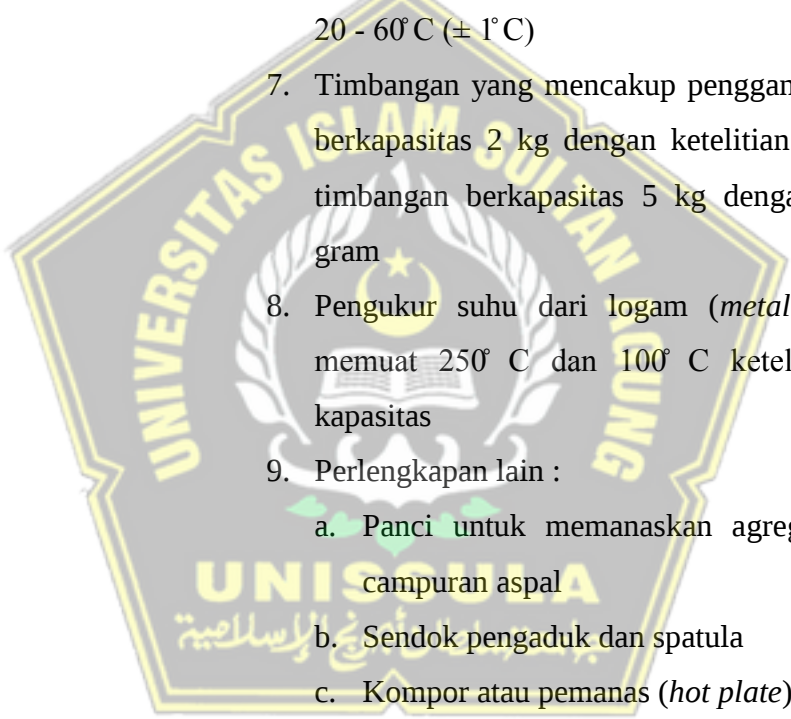
4.3 Uji Marshall

Percobaan *Marshall* pada kali ini bertujuan untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan dengan tujuan mengetahui nilai kedua hal tersebut.

4.3.1 Prosedur Pelaksanaan

Peralatan yang digunakan, yakni:

1. Cetakan dengan diameter 10,16 dan tinggi 7,62 yang berjumlah tiga buah.
2. Marshall hammer manual memiliki tinggi jatuh bebas 45,7 cm dengan bentuk silinder dilakukan dengan penumbukan 75 pada tiap sisi.
3. Alat pengeluaran benda uji :
Terdapat sebuah alat untuk mengeluarkan benda uji memakai alat ekstruder yang berdiameter 10 cm
4. Alat *Marshall* lengkap dengan :

- 
- a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung.
 - b. Cincin penguji (*proving ring*) kapasitas 2500 kg atau 5000 kg, arloji (*dial*) atur dengan ketelitian 0,0025 mm
 - c. Arloji pengukur aliran
 5. Oven lengkap dengan pengatur suhu yang mampu menyentuh suhu panas sampai 200°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$)
 6. Wadah untuk air mempunyai pengatur suhu mulai $20 - 60^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1^{\circ}\text{C}$)
 7. Timbangan yang mencakup penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram
 8. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) memuat 250°C dan 100°C ketelitian 1% dari kapasitas
 9. Perlengkapan lain :
 - a. Panci untuk memanaskan agregat, aspal dan campuran aspal
 - b. Sendok pengaduk dan spatula
 - c. Kompor atau pemanas (*hot plate*)
 - d. Sarung tangan dari asbes, sarung tangan terbuat dari karet dan pelindung pernapasan (*masker*)
 10. Bahan penunjang uji , yakni ;
 - a. Kantong-kantong plastik , memuat 2 kg
 - b. Gas elpiji atau minyak tanah

4.3.2. Persiapan Benda Uji

Persiapan benda uji meliputi:

1. keringkan agregat pada suhu $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ minimal 4 jam keluarkan dari pengering (oven) dan tunggu hingga beratnya tetap
2. pisahkan agregat ke dalam fraksi yang diinginkan dengan melakukan penyaringan
3. memanaskan aspal sampai tingkat kekentalan (*viscositas*) menyentuh syarat yang baik karena untuk pekerjaan pencampuran maupun pemadatan seperti Tabel 4.15 Syarat Pencampuran dan Pemadatan Aspal

Tabel 4.15 Syarat Pencampuran dan Pemadatan Aspal

Alat	Pencampuran			Pemadatan		
	Aspal Padat	Aspal Cair	Satuan	Aspal Padat	Aspal Cair	Satuan
Kinematic Viscometer	170±20	70±20	C.ST	280±30	280±30	C.ST
Say Bolt Furol Viscometer	85±10	85±10	DET.SF	140±15	140±15	DET.SF

ap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram agar dapat menghasilkan tinggi benda uji sehingga $\pm 63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$

- panaskan panac pencampur disertai dengan agregat perkiraan diatas suhu 28°C untuk aspal padat , bila aspal cair sampai 14°C diatas suhu pencampuran
- tuangkan aspal yang sudah menyentuh tingkat kekentalan seperti Tabel 5.1 sebutuhnya saja ke dalam agregat yang sudah di panaskan,

kemudian aduklah secara cepat pada suhu sehingga agregat terselimuti aspal secara rata

4. Pemadatan, dilaksanakan sebagai berikut :

- a. Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji dan juga bagian muka penumbuk dengan bersamaan dan panaskan suhu sampai $93,3^{\circ}\text{C} - 148,9^{\circ}\text{C}$
- b. Letakkan cetakan diatas pemadat tahan menggunakan pemegang cetakan
- c. Letakan selembat kertas penyaringan atau kertas penghisap yang sudah sesuai dengan urutan cetakan ke dalam dasar cetakan
- d. Kemudian masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk campuran tersebut dengan tenaga menggunakan spatula yang dipanaskan hingga 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali bagian tengah spatula
- e. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sejumlah 75 kali tumbukan untuk lalu lintas berat, 50 kali untuk lalu lintas sedang, 35 kali tumbukan untuk lalu lintas ringan, dengan tinggi jatuh 457,2 mm semasa pemadatan harus memperhatikan sumbu palu pemadat agar selalu tegak lurus pada alas cetakan

5. Lepas pelat alas dan juga leher sambung dari cetakan benda uji, kemudian cetakan yang berisi benda uji diputar balikkan dan pasang kembali pelat alas dan juga leher sambung pada cetakan tadi
6. Tumbuk lah dengan jumlah tumbukan yang sama pada permukaan benda uji yang sudah diputar balikkan

7. Setelah pemadatan , lepas keeping alas dan pasang alat untuk menyisihkan benda uji pada permukaan tersebut
8. Lalu hati-hati saat mengeluarkan dan meletakkan benda uji diatas permukaan yang rata dan diamkan selama ± 24 jam pada suhu ruang
9. Jika memerlukan pendinginan yang lebih cepat dapat menggunakan kipas angin meja

4.3.3. Cara Pengujian

Cara uji dilaksanakan, sebagai berikut:

Waktu yang diperlukan saat mulai diangkatnya benda uji dari bak perendaman sampai terdapatnya beban maksimum tidak boleh lebih dari 30 detik

1. Rendam lah benda uji ke bak perendaman (*water bath*) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) untuk benda uji aspal padat , jika aspal cair masukan benda uji ke dalam oven minimum 2 jam dengan suhu tetap 25°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$)
2. Keluarkan benda uji dari bak perendaman atau oven lalu letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan
3. pasang segmen atas diatas benda uji, lalu letakkan keseluruhan dalam mesin penguji
4. Letakkan arloji pengukur air (*flow*) pada posisinya diatas salah satu batang penuntun dan atur posisi jarum penunjuk pada angka nol, sedangkan selubung tangkai arloji (*sleeve*) di pegang secara kuat pada segmen atas kepala penekan.
5. Menaikkan kepala penekan bersamaan benda uji sampai menyentuh alas cincin penguji , sebelum pembebanan diberikan
6. Atur arloji pada posisi angka nol

7. Memberikan pembebanan terhadap benda uji dengan kecepatan 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau menurun seperti yang tujukan oleh jarum jam arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stability*) , khusus untuk ketebalan benda uji sebesar 63,5 mm , lakukan pengecekan terhadap bebannya dengan factor perkalian yang bersangkutan dari Tabel 5.16.
8. Catat nilai air (*flow*) saat jarum jam arloji menunjukkan pencapaian pembebanan maksimum

4.3.4 HASIL PENELITIAN

Dari Pengujian Marshall didapatkan hasil data sebagai berikut:

Ukuran Saringan		hasil analisa saringan						kombinasi agregat	spesifikasi 2010	
Inchi	Mm	100	13,0	100	41	100	46,0		min	max
1"	25,4	100,0	13,0	100	41,0	100	46,0	100,0	100,0	100,0
3/4"	19,1	100,0	13,0	100	41,0	100	46,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,7	55,9	7,3	100	41,0	100	46,0	94,3	90,0	100,0
3/8"	9,5	25,0	3,2	88	36,8	100	46,0	86,0	77,0	90,0
4	4,75	8,4	1,1	39,1	16,0	100	46,0	63,1	53,0	69,0
8	2,38	0,8	0,1	11,6	4,7	76,3	35,1	39,9	33,0	53,0
16	1,18			4,8	1,9	51,6	23,7	25,6	21,0	40,0
30	0,60			0,8	0,3	36,8	16,9	19,9	14,0	30,0
50	0,30					26,6	12,2	12,2	9,0	22,0

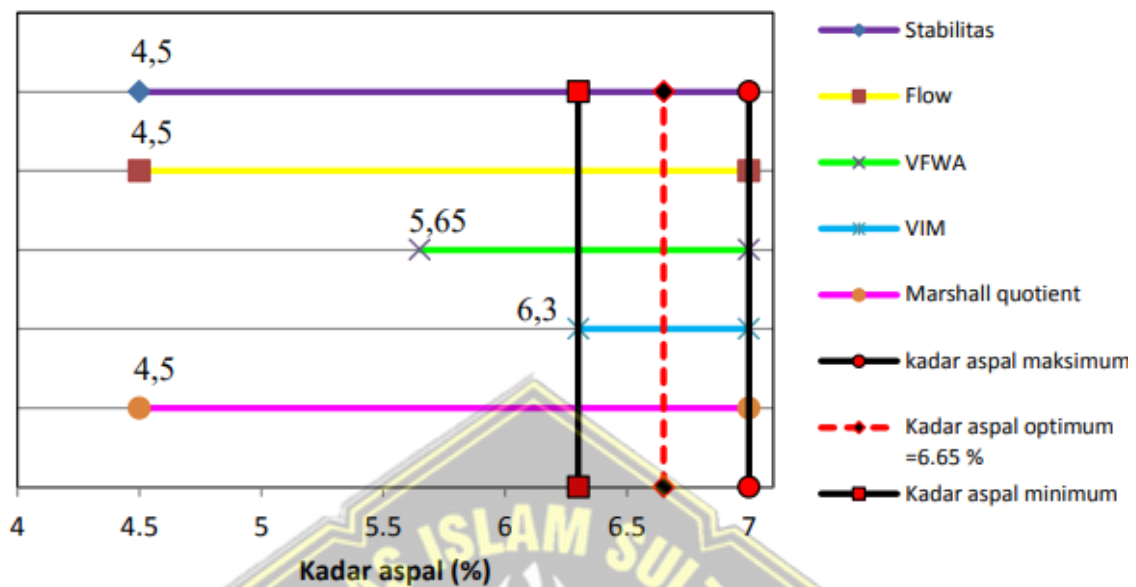
100	0,15	14,3	6,6	6,6	6,0	15,0
200	0,075	10,2	4,7	4,7	4,0	9,0

Tabel 4.16 Pemeriksaan Aspal

4.3.5 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) bisa diperhitungkan menggunakan cara variasi prosentase dari 4,5% hingga 7% Tolak ukur kombinasi yang di sarankan oleh Bina Marga yang harus pentuan KAO ialah Stabilitas, Kelelehan (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ), Rongga dalam sampel (VIM), Rongga terisi aspal(VFWA). Hasil uji marshal supaya memperoleh angka Kadar Aspal Optimum bisa dilihat pada Tabel 4.17

Sifat Marshall	Spec.	Kadar Aspal (%)					
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stabilitas (kg)	≥ 800	1110,68	1198,07	1315,81	1082,62	900,14	908,57
Flow (mm)	≥ 3	3,05	3,07	3,25	3,06	3,30	3,30
Marshall quotient (kg/mm)	≥ 250	368,70	392,25	404,38	353,58	272,92	279,33
Density (gr/cc)	-	2,34	2,36	2,39	2,37	2,39	2,42
VMA(%)	≥ 15	19,49	18,94	18,40	19,54	19,15	18,86
VIM (%)	3-5	9,72	8,02	6,30	6,53	4,98	3,08
VFWA (%)	≥ 65	50,20	57,96	65,78	67,05	74,22	83,45



Tabel 4.17 Hasil Pengujian Marshal Untuk Mencari KAO

Dari Tabel nilai KA campuran aspal panas dengan nilai 6,65% namun dibulatkan ke 6,5%.

4.3.6 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall

1. Uji Marshall Kondisi Normal (Tanpa Perendaman)

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Marshall Pada kondisi Normal

Sifat Marshall	Spec.	Kadar Aspal (%)					
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stabilitas (kg)	≥ 800	1110,68	1198,07	1315,81	1082,62	900,14	908,57
Flow (mm)	≥ 3	3,05	3,07	3,25	3,06	3,30	3,30
MQ (kg/mm)	≥ 250	364,15	390,25	404,36	353,79	272,76	275,32
VMA(%)	≥ 15	19,49	18,94	18,40	19,54	19,15	18,86
VIM (%)	3-5	9,72	8,02	6,30	6,53	4,98	3,08
VFWA (%)	≥ 65	50,20	57,96	65,78	67,05	74,22	83,45

2.Perendaman Air Tawar Laboratorium

Dibawah ini adalah table variasi durasi perendaman dengan angka kepadatan, stabilitas, kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient* (MQ), VMA, VIM, VFWA



Tabel 4.19 Hasil Uji Marshall pada campuran HRS-WC pada variasi durasi perendaman air tawar laboratorium dengan perendaman menerus.

Sifat Marshall	Spec.	Hasil Marshall Test Air Laboratorium (Berat Jenis Air $1,00 \times 10^3$) variasi perendaman dalam air suhu tetap 60°C							
		6 jam	Ket.	12 jam	Ket.	24 jam	Ket.	48 jam	Ket.
Kepadatan (gr/cc)	-	2,4	-	2,4	-	2,39	-	2,4	-
Sabilitas (kg)	≥ 800	1063,38	Memenuhi	1051,59	Memenuhi	1006,16	Memenuhi	997,89	Memenuhi
Flow (mm)	≥ 3	3,58	Memenuhi	3,61	Memenuhi	3,71	Memenuhi	3,79	Memenuhi
MQ (kg/mm)	≥ 250	297,03	Memenuhi	291,29	Memenuhi	271,2	Memenuhi	263,29	Memenuhi
VMA (%)	≥ 15	19	Memenuhi	19,09	Memenuhi	19,15	Memenuhi	19, 2	Memenuhi
VIM (%)	03-May	4,8	Memenuhi	4,9	Memenuhi	4,98	Memenuhi	4,99	Memenuhi
VFWA (%)	≥ 65	74,76	Memenuhi	74,33	Memenuhi	74,01	Memenuhi	73,98	Memenuhi

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran HRS-WC dengan Variasi Durasi Perendaman Air Laboratorium Dengan Perendaman Berkala

Sifat Marshall	Spec.	Hasil Marshall Test Air Laboratorium (Berat Jenis Air $1,00 \times 10^3$) variasi perendaman dalam air suhu tetap 60°C					
		12 jam	Ket.	24 jam	Ket.	48 jam	Ket.
Kepadatan (gr/cc)	-	2,4	-	2,39	-	2,39	-
Sabilitas (kg)	≥ 800	1087,76	Memenuhi	1025,67	Memenuhi	1004,84	Memenuhi
Flow(mm)	≥ 3	3,21	Memenuhi	3,34	Memenuhi	3,57	Memenuhi
MQ (kg/mm)	≥ 250	338,86	Memenuhi	307,08	Memenuhi	281,46	Memenuhi
VMA (%)	≥ 15	19,09	Memenuhi	19,15	Memenuhi	19, 2	Memenuhi
VIM (%)	03-May	4,9	Memenuhi	4,98	Memenuhi	4,99	Memenuhi
VFWA (%)	≥ 65	74,33	Memenuhi	74,01	Memenuhi	73,98	Memenuhi

Setelah uji perendaman air tawar laboratorium dan Marshall Test, tahap selanjutnya adalah uji perendaman dengan air rob dengan durasi perendaman selanjutnya uji Marshall Test. Berikut ini merupakan tabel variasi durasi perendaman dengan nilai Kepadatan , Stabilitas, Kelelahan (*flow*) dan Marshall Quotient (MQ), VMA, VIM, VFWA.

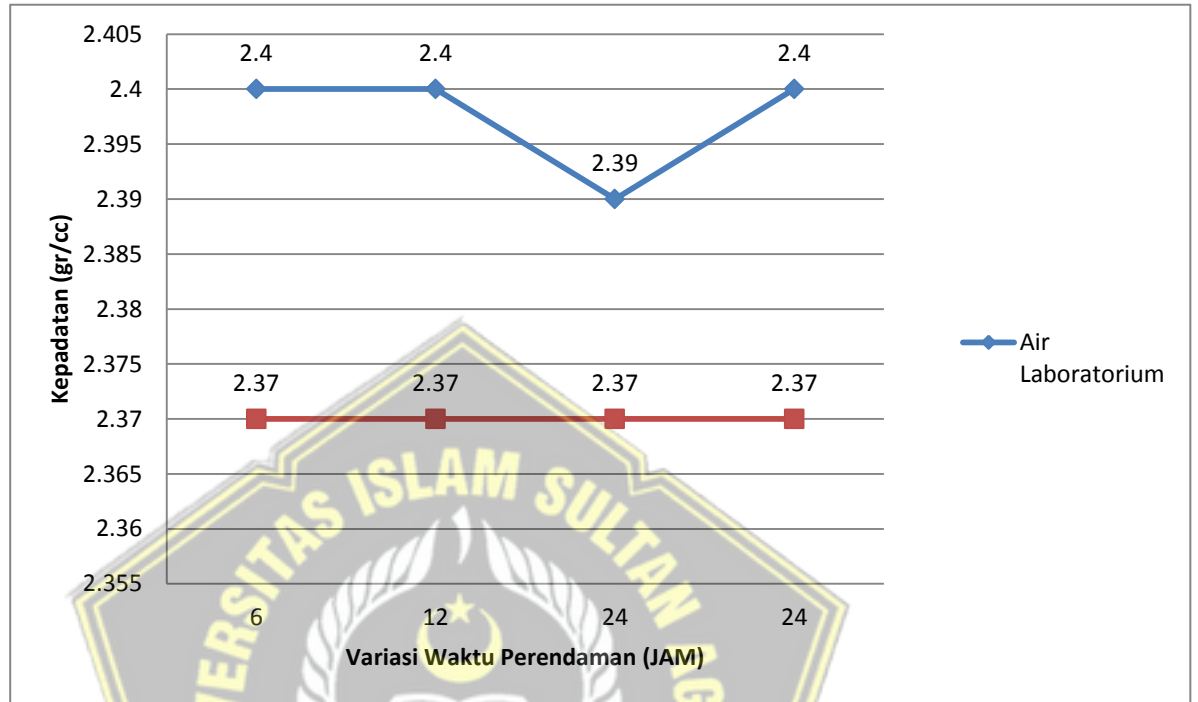
Tabel 4.21 Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran HRS-WC dengan Variasi Durasi Perendaman Air Rob

Sifat Marshall	Spec.	Hasil Marshall Test Air Rob (Berat Jenis Air $1,03 \times 10^3$) variasi perendaman dalam air suhu tetap 60°C						
		6 jam	Ket.	12 jam	Ket.	24 jam	Ket.	48 jam
Kepadatan (gr/cc)	-	2,37	-	2,37	-	2,37	-	2,37
Sabilitas (kg)	≥ 800	1029,85	Memenuhi	894,79	Memenuhi	844,52	Memenuhi	836,89
Flow (mm)	≥ 3	3,23	Memenuhi	3,31	Memenuhi	3,51	Memenuhi	3,79
MQ (kg/mm)	≥ 250	318,53	Memenuhi	270,32	Memenuhi	240,6	Tidak Memenuhi	220,81
VMA (%)	≥ 15	19,79	Memenuhi	19,9	Memenuhi	19,95	Memenuhi	19,98
VIM (%)	03-May	5,73	Tidak Memenuhi	5,91	Tidak Memenuhi	5,91	Tidak Memenuhi	6,01
VFWA (%)	≥ 65	71,08	Memenuhi	70,7	Memenuhi	70,42	Memenuhi	70,38

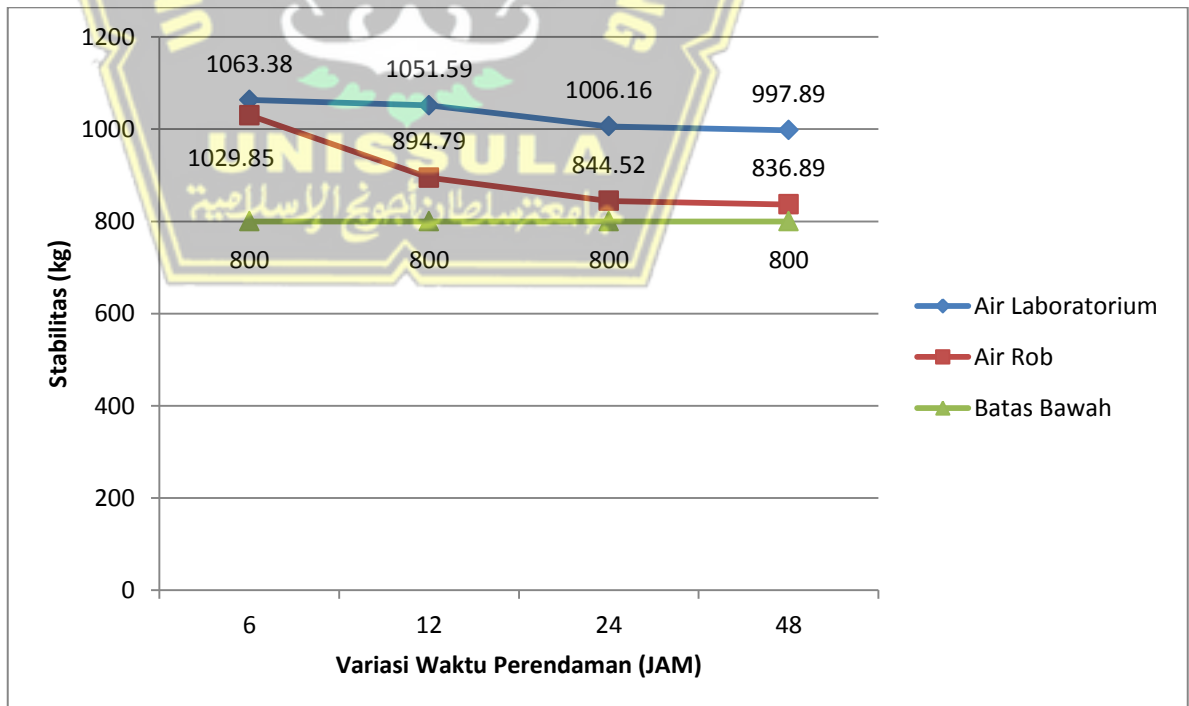
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran HRS-WC dengan Variasi Durasi Perendaman Air Rob Dengan Metode Perendaman Berkala

Sifat Marshall	Spec	Hasil Marshall Test Air Rob (Berat Jenis Air $1,03 \times 10^3$) variasi perendaman dalam air suhu tetap 60°C					
		12 jam	Ket.	24 jam	Ket.	48 jam	Ket.
Kepadatan (gr/cc)	-	2,37	-	2,37	-	2,36	-
Sabilitas (kg)	≥ 800	912,23	Memenuhi	893,65	Memenuhi	845,34	Memenuhi
Flow (mm)	≥ 3	3,45	Memenuhi	3,67	Memenuhi	3,98	Memenuhi
MQ (kg/mm)	≥ 250	264,41	Memenuhi	243,5	Tidak Memenuhi	212,39	Tidak Memenuhi
VMA (%)	≥ 15	19,9	Memenuhi	19,95	Memenuhi	19,98	Memenuhi
VIM (%)	03-May	5,91	Tidak Memenuhi	5,91	Tidak Memenuhi	6,01	Tidak Memenuhi
VFWA (%)	≥ 65	70,7	Memenuhi	70,42	Memenuhi	70,38	Memenuhi

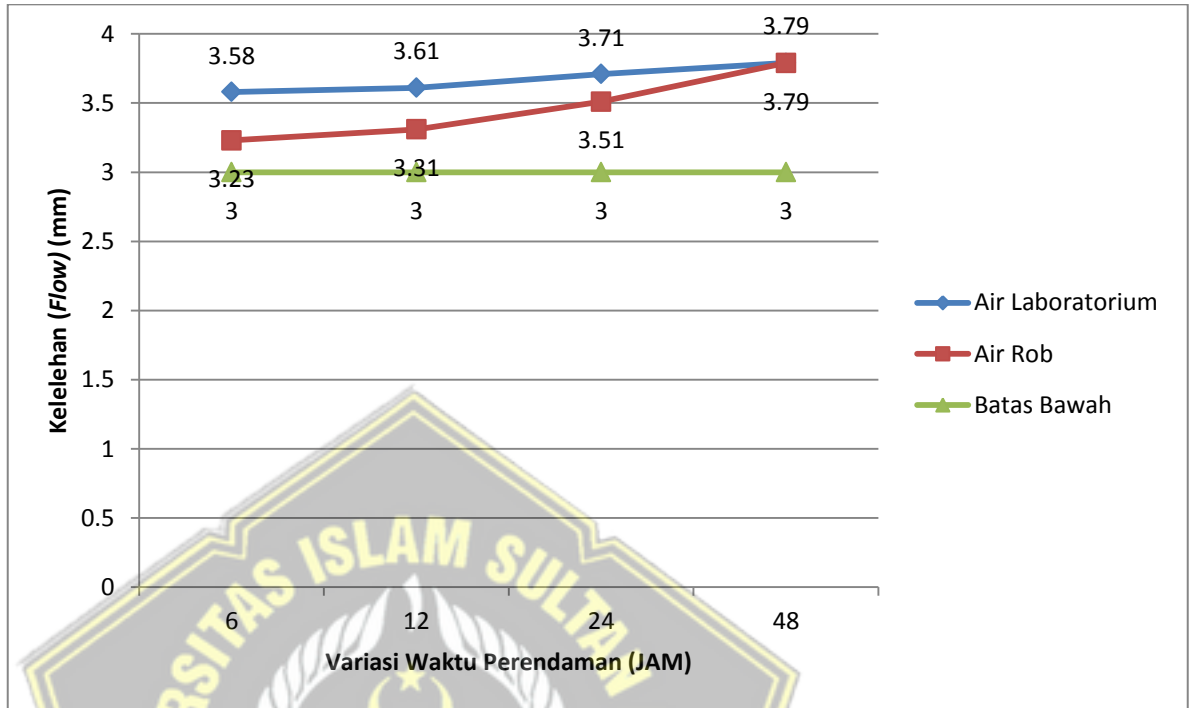
4.4 Grafik Perbandingan Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Perendaman Menggunakan Air Laboratorium dan Air Rob



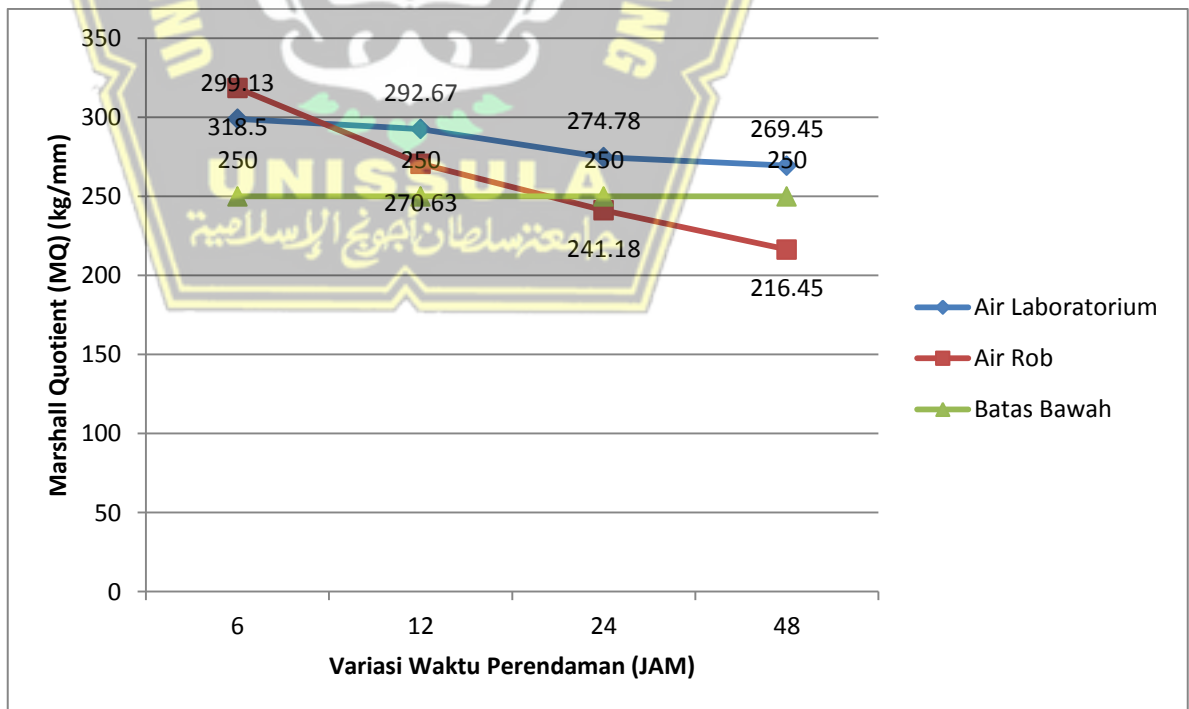
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Hasil Uji Kepadatan Marshall



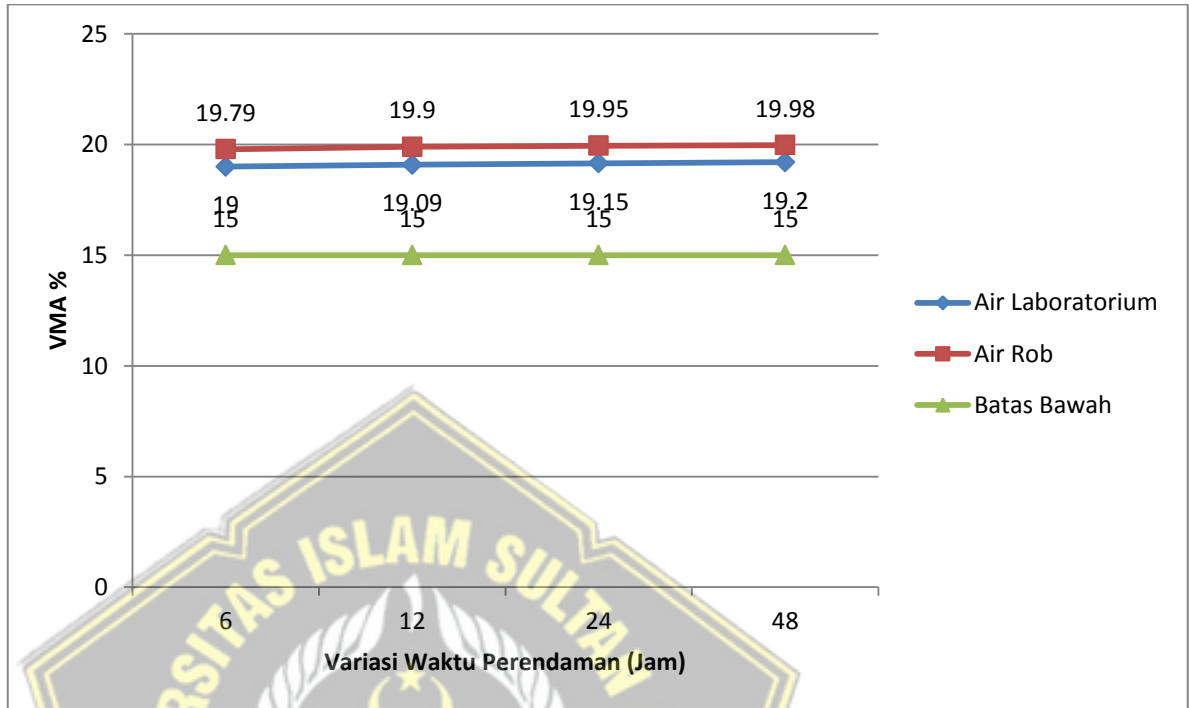
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Hasil Uji Stabilitas Marshall



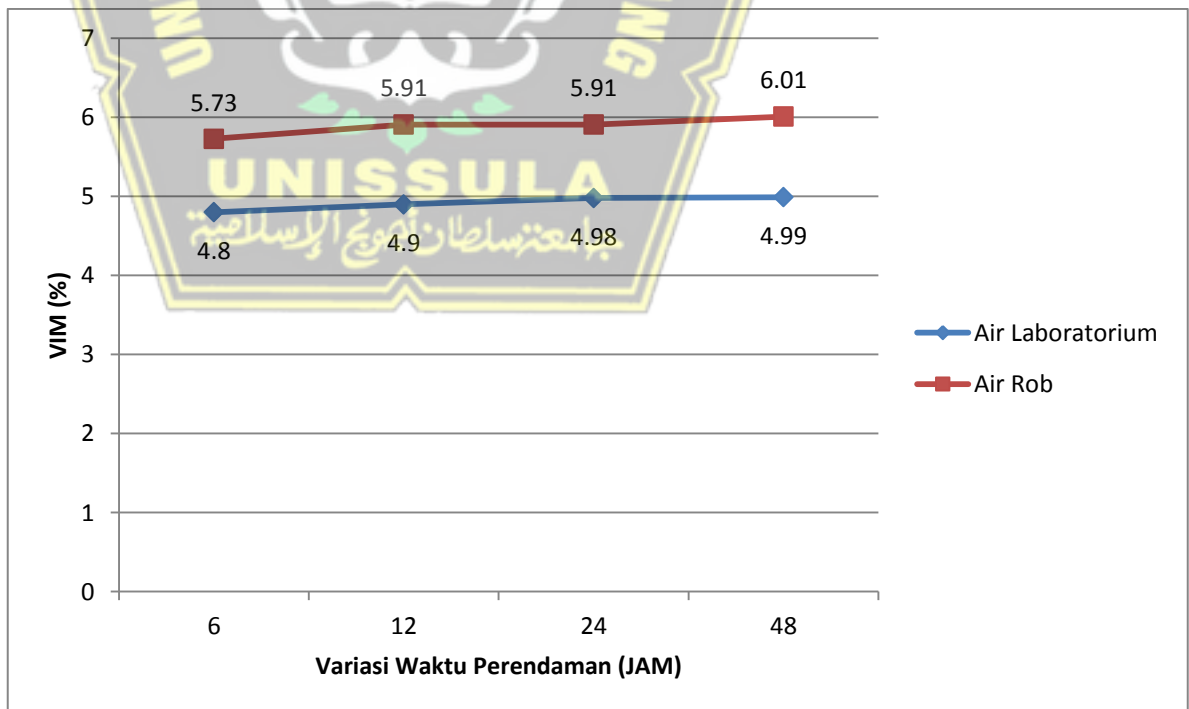
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Hasil Uji Kelelehan (Flow) Marshall



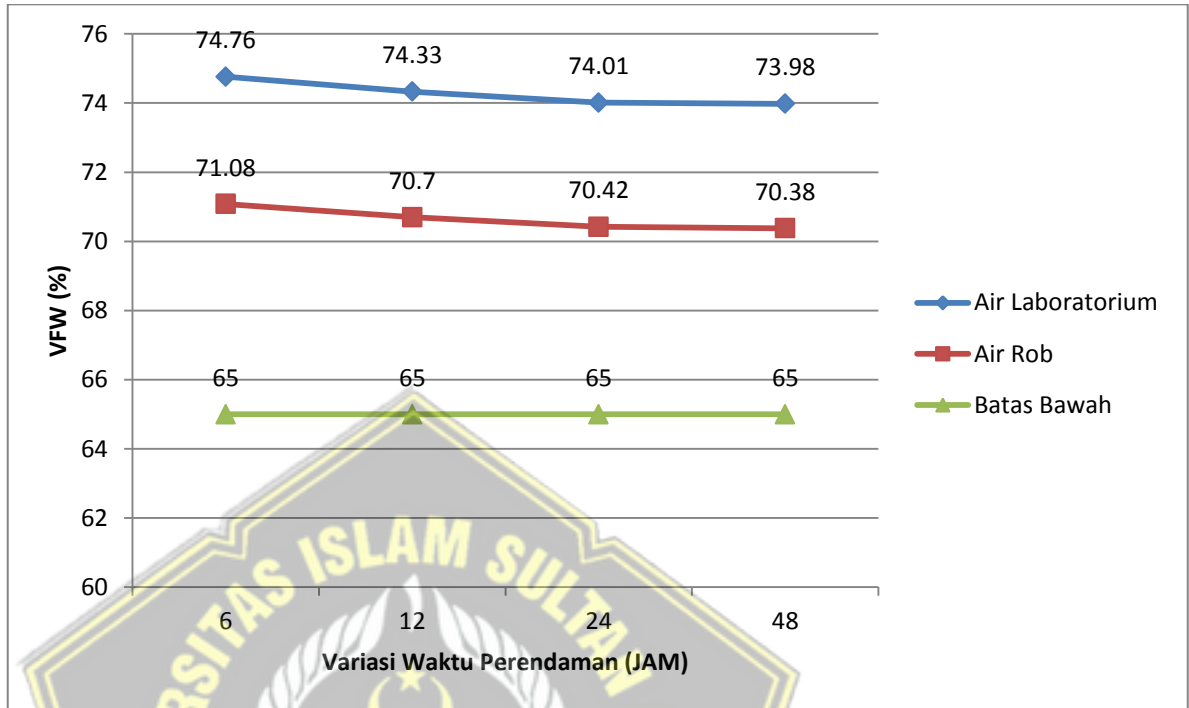
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Hasil Uji Marsall Quotient (MQ) Marshall



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Hasil Uji VMA Marshall



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Hasil Uji VIM Marshall



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Hasil Uji VFW Marshall



4.4 Uji Durabilitas

Tabel 4.23 Pengaruh Perendaman Menerus Terhadap Durabilitas Campuran Aspal

Air Laboratorium					
Karakteristik	Spec.	Lama Perendaman			
		6 JAM	12 JAM	24 JAM	48 JAM
Marshall					
Stabilitas (kg)	≥ 800	1063,38	1051,59	1006,16	997,89
IRS Standart (%)	≥ 90	97,81	95,21	92,97	89,56
IDP (r,%)		0,63	0,98	1,09	1,23
IDP (R,kg)		4,84	8,74	11,24	13,87
IDK (a,%)		1,40	3,07	5,10	6,56
IDK (Sa,%)		98,60	96,93	94,82	93,44
IDK (SA,%)		1018,45	1001,35	979,57	965,30
Air Rob					
Karakteristik	Spec.	Lama Perendaman			
		6 JAM	12 JAM	24 JAM	48 JAM
Marshall					
Stabilitas (kg)	≥ 800	1029,85	894,79	844,52	836,89
IRS Standart (%)	≥ 90	93,76	81,75	79,46	77,56

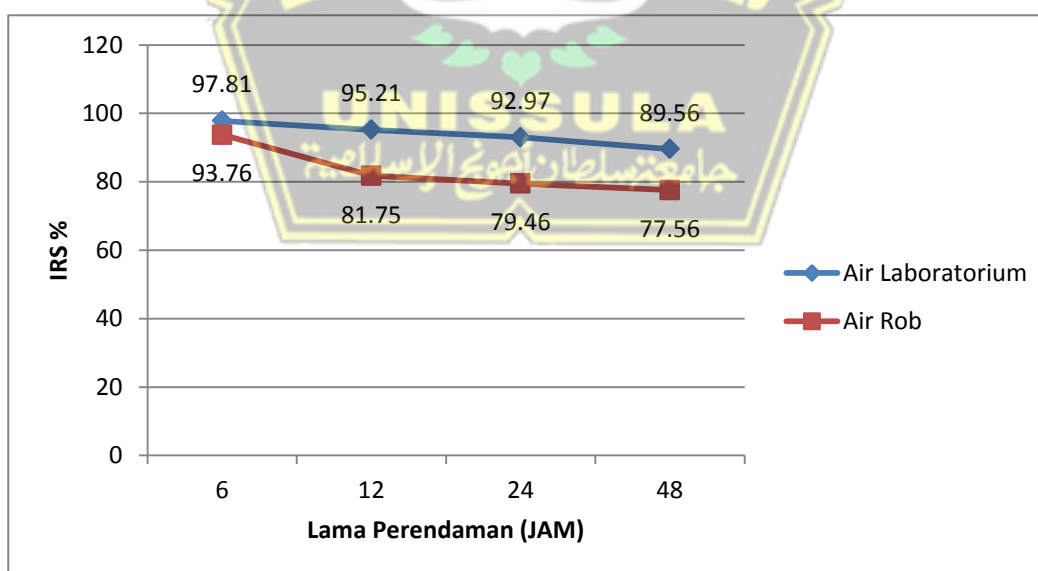
IDP (r,%)		0,76	0,99	1,12	1,45
IDP (R,kg)		4,23	7,94	11,57	14,01
IDK (a,%)		1,67	3,23	5,56	5,98
IDK (Sa,%)		98,33	96,77	94,44	93,02
IDK (SA,%)		1018,45	1001,35	979,57	965,30

Tabel 4.24 Pengaruh Perendaman Berkala Terhadap Durabilitas Campuran Aspal

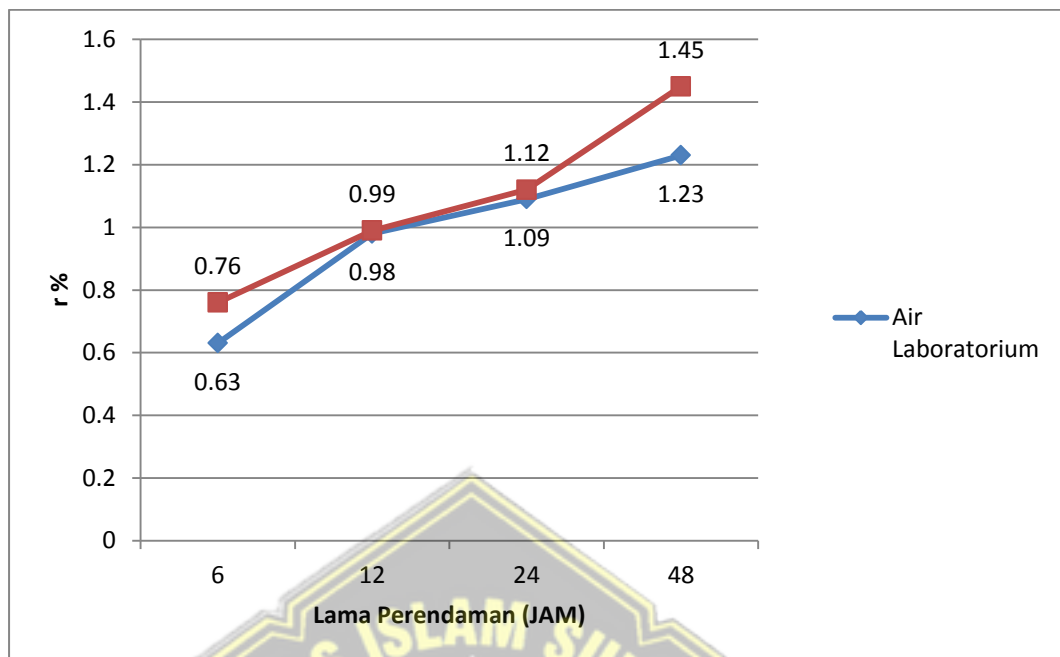
Air Laboratorium				
Karakteristik	Spec.	Lama Perendaman		
		12 JAM	24 JAM	48 JAM
Marshall				
Stabilitas (kg)	≥ 800	1087,76	1025,67	1004,84
IRS Standart (%)	≥ 90	97,41	93,54	90,12
IDP (r,%)		1,02	1,23	1,34
IDP (R,kg)		9,44	13,21	14,97
IDK (a,%)		3,23	5,78	6,76
IDK (Sa,%)		96,77	94,22	93,24
IDK (SA,%)		1005,85	980,97	971,37
Air Rob				

Karakteristik	Spec.	Lama Perendaman		
		12 JAM	24 JAM	48 JAM
Marshall				
Stabilitas (kg)	≥ 800	912,23	893,65	845,34
IRS Standart (%)	≥ 90	82,65	80,56	80,51
IDP (r,%)		1,01	1,23	1,65
IDP (R,kg)		8,01	12,27	15,12
IDK (a,%)		3,45	5,67	6,08
IDK (Sa,%)		96,55	94,33	93,92
IDK (SA,%)		1008,85	981,53	978,23

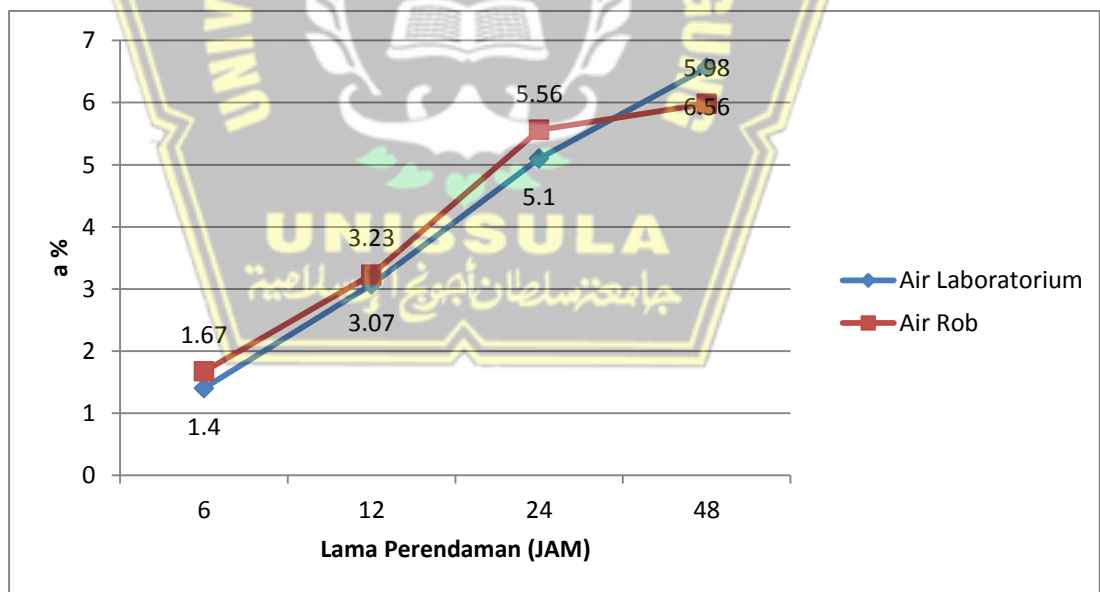
Grafik Hubungan Nilai IDS, IDP, IDK dan Waktu Perendaman Menerus



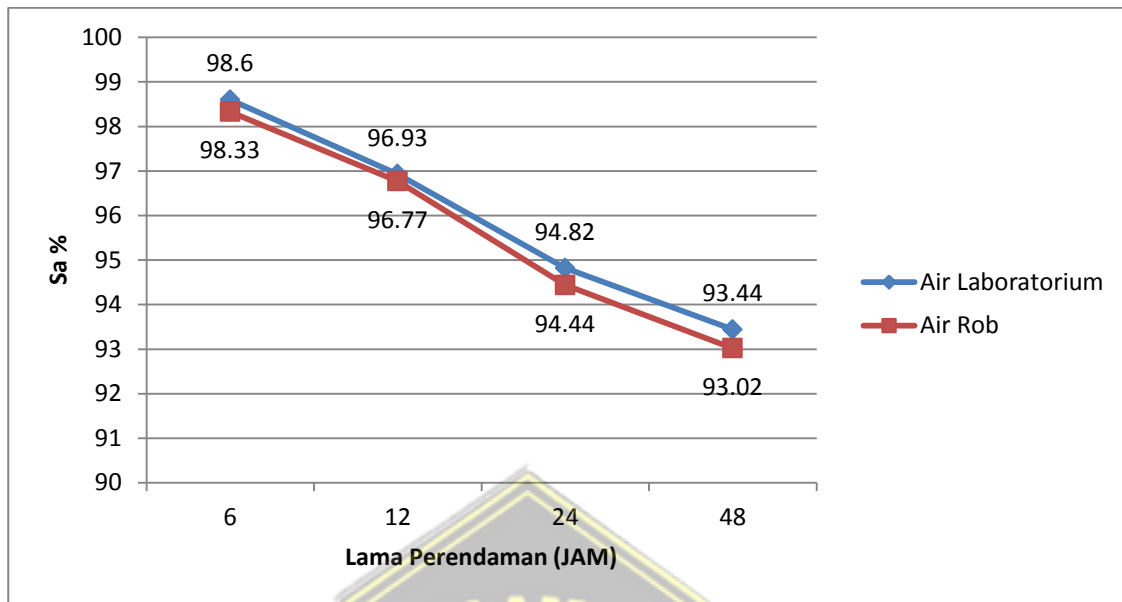
Gambar 4.11 Grafik Nilai IRS dan Waktu Perendaman



Gambar 4.12 Grafik Nilai IDP (r) dan Waktu Perendaman



Gambar 4.13 Grafik Nilai IDK (a) dan Waktu Perendaman



Gambar 4.14 Grafik Nilai IDK (Sa) dan Waktu Perendaman

Pada table 4.21 dan gambar 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 diatas bisa disimpulkan angka pada Marshall yang telah mengalami perendaman rob dan air tawar angka stablitas indeks sisa (IRS) sebesar 43,02% hasil tersebut turun dengan hasil (IDK) (Sa) 1,23%. Dimana angka penurunan 0,39% dan (idk) 1,47% mengalami kenaikan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Menurut hasil penelitian yang telah dilaksanakan dan pembahasan tentang seberapa lama waktu perendaman, perendaman ini cukup berpengaruh untuk tingkat keawetan campuran AC-WC. Berikut beberapa kesimpulan yang dapat diambil setelah dilaksanakannya penelitian adalah:

1. Durasi perendaman air yang lama mengakibatkan tingkat penurunan durabilitas AC-WC semakin menurun, dapat dilihat dari nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) maupun Indeks Durabilitas. Penurunan nilai durabilitas pada perendaman campuran beraspal dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut :

Tabel 5.1 Penurunan nilai durabilitas pada perendaman menerus campuran beraspal

Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS)				
	6 JAM	12 JAM	24 JAM	48 JAM
AIR TAWAR LAB	98,60%	96,93%	94,82%	93,44%
ROB	98,33%	96,77%	94,44%	93,02%

Tabel 5.2 Penurunan nilai durabilitas pada perendaman berkala campuran beraspal

Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS)			
	12 JAM	24 JAM	48 JAM
AIR TAWAR LAB	96,77%	94,22%	93,24%
ROB	96,55%	94,33%	93,92%

2. Berdasarkan nilai perbandingan durabilitas perendaman menerus pada air tawar lab. 95,94 % sedangkan untuk air rob 95,64 %. Kemudian untuk perendaman berkala pada air tawar lab yakni 94,74% dan untuk air rob yakni 94,93 %.
3. Menurut penelitian yang telah kami lakukan perbandingan pengaruh rendaman menerus dan terputus terhadap keawetan atau durabilitas yakni

pola perendaman menerus mengalami kersakan yang lebih banyak dibandingkan dengan perendaman berkala.

a. Saran

1. Dibutuhkan penelitian lanjut mengenai pola perendaman yang lebih lama atau melebihi dari dua hari, sehingga dapat membandingkan nilai durabilitas mana yang lebih baik.
2. Perlunya penambahan filler dan gradasi agregat yang baik pada penelitian selanjutnya untuk mendapatkan nilai durabilitas yang
3. Pada proses pencampuran aspal (AMP) dilapangan, disarankan untuk durasi pencampuran aspal tidak melebihi tiga puluh detik agar terhindar dari proses oksidasi.
4. Penjagaan suhu selama proses penghamparan dan proses penghantran distabilakn pada suhu antara $(145 - 165)^{\circ}\text{C}$



DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (1990). *Standard Specification for Transportation Material and Methods of Sampling and Testing*, Part II Spesifikasi, 15th. AASHTO Publication. Washington.
- Bina Marga. 2014. Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Divisi 6 Revisi Kementerian Pekerjaan Umum, Republik Indonesia, Jakarta.
- Damar Gumilang. 2017. *Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas Dan Properties Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (Ac-Bc)*
- Djalante, S. (2011). *Pengaruh Ketahanan Beton Aspal (AC-BC) Yang Menggunakan Asbuton Butir Tipe 5/20 Terhadap Air Laut Ditinjau Dari Karakteristik Mekanis Dan Durabilitasnya*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi. Vol. I No. 1
- Muaya, George Stefen. Kaeseke, Oscar H., Manoppo, Mecky RE. 2015. *Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal oleh Air Laut yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall*. Jurnal Sipil Statik 3
- Nisa, Jauharotun. Perdana, Haris Attya. Ibrahim, Ariel. Baghawati, Rizky. 2019. *Laporan Praktikum Perkerasan Jalan*. Semarang : Fakultas Teknik UNISSULA
- Nurhadiyah. (2009). *Studi Genangan Air Terhadap Kerusakan Jalan di Kota Gorontalo*. Prosiding Simposium XII FSTPT. Universitas Kristen Petra Surabaya. Gorontalo. Indonesia
- Nuryanti A. (2008). *Aspal Buton dan Propelan Padat*, LAPAN, Jakarta.
- Prabowo, A.H.. (2003). *Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (Rob) Terhadap Kinerja Laston (HRS-WC) Berdasarkan Uji Marshall dan Uji Durabilitas Modifikasi*, Jurnal Pilar, Vol. 12 No. 2.
- Putra, Erwin Eka, dan Ismaili, Abdul Fida. 2019. *Pengaruh Rendaman Air Tawar Dan Air Laut Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Terhadap Karakteristik Marshall*. Yogyakarta : University Technology Yogyakarta.
- Rahayu HP. 2009. Banjir dan upaya penanggulangannya. PROMISE Indonesia (Program for Hydro -Meteorological Risk Mitigation Secondary Cities in Asia). Bandung.
- Riyadi, A. (2011). *Pengaruh Air Rob terhadap Karakteristik Campuran Laston Modifikasi untuk Lapis Permukaan (ACWC –Modified)*. Resume Tugas Akhir, Universitas Indonesia, Jakarta
- Sulistyo, Juny Andri. 2020. *Analisis Pengaruh Rendaman Air Pasang (ROB) Terhadap Aspal Wearing Course*.
- Suripin, (2004). *Pengembangan Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Tanjung, B. Nur, dan Ardial. 2008, *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jakarta: Kencana

- Wahyudi, H. 2015. *Pengaruh Lama Perendaman terhadap Kinerja Durabilitas Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. (<http://scholar.unand.ac.id/12384>, diakses tanggal 28 Maret 2017)
- Widyastuti, Desi Muzunayu. 2019. *Pengaruh Banjir Terhadap Kerusakan Jalan Perkerasan Lentur Di Ruas Jalan Baleendah Kabupaten Bandung*. Malang : Institut Teknologi Nasional.
- Wuryanti, W. (2002). Identifikasi Kerugian Bangunan Rumah di Pantai Akibat Kenaikan Muaka Air Laut. Proseding Puslitbangkim Bandung.



Tabel 4.1 berat jenis

No	Uji	Satuan	Hasil Pengujian	
			Rob	Air Tawar Lab
1	Berat Jenis	N/m ³	1,03 x 10 ³	1,00 x 10 ³

Tabel 4.2 Hasil Uji Penetrasi Aspal

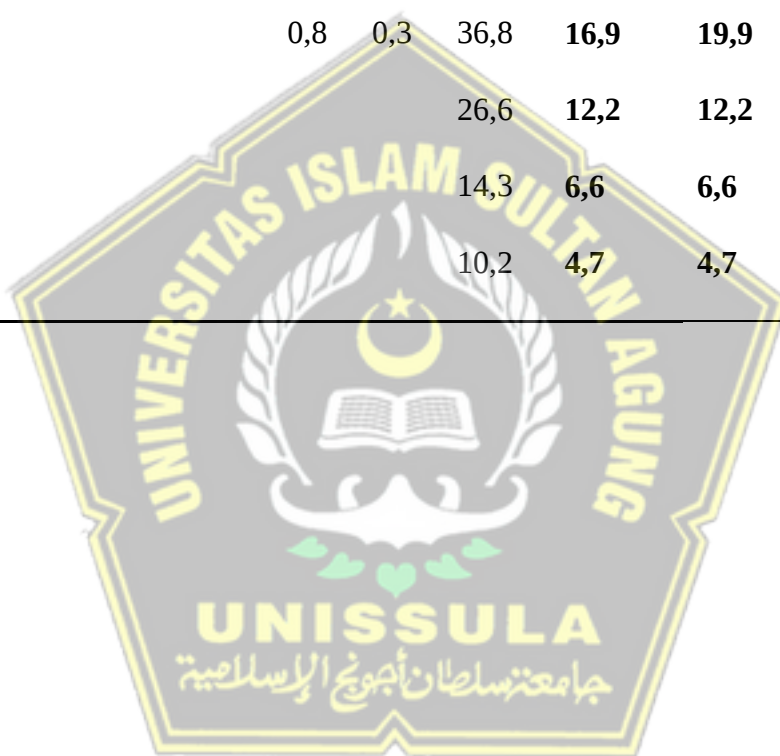
Data Penetrasi	Sample I	Sample II	Sample III
Tengah	90	85	80
Atas	85	80	65
Kanan	95	85	90
Bawah	85	65	70
Kiri	65	80	85
Rata-rata	84	79	78
Nilai penetrasi	80		

Table 4.3 Hasil Pemeriksaan Titik Lembek

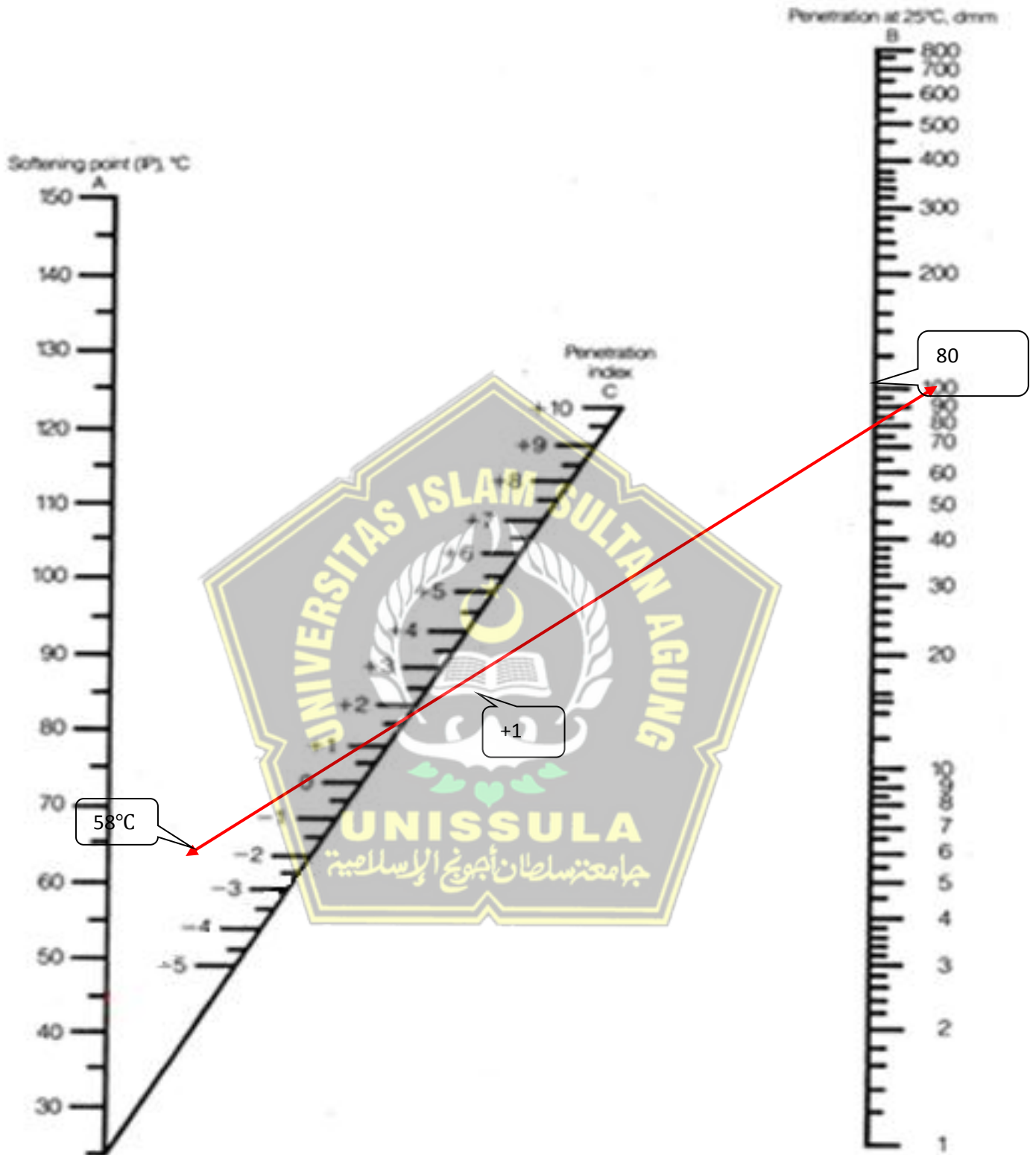
Sample	Ring	Waktu		Temperature (^o c)
		Awal	akhir	
1	Kanan	11.30	11.58	59
2	Kiri	11.30	12.05	58
Temperature rata – rata				58,5

Ukuran Saringan		hasil analisa saringan						kombinasi agregat	spesifikasoi 2010	
Inchi	Mm	100	13,0	100	41	100	46.0		min	max
1"	25,4	100,0	13,0	100	41,0	100	46,0	100,0	100,0	100,0

3/4"	19,1	100,0	13,0	100	41,0	100	46,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,7	55,9	7,3	100	41,0	100	46,0	94,3	90,0	100,0
3/8"	9,5	25,0	3,2	88	36,8	100	46,0	86,0	77,0	90,0
4	4,75	8,4	1,1	39,1	16,0	100	46,0	63,1	53,0	69,0
8	2,38	0,8	0,1	11,6	4,7	76,3	35,1	39,9	33,0	53,0
16	1,18			4,8	1,9	51,6	23,7	25,6	21,0	40,0
30	0,60			0,8	0,3	36,8	16,9	19,9	14,0	30,0
50	0,30					26,6	12,2	12,2	9,0	22,0
100	0,15					14,3	6,6	6,6	6,0	15,0
200	0,075					10,2	4,7	4,7	4,0	9,0

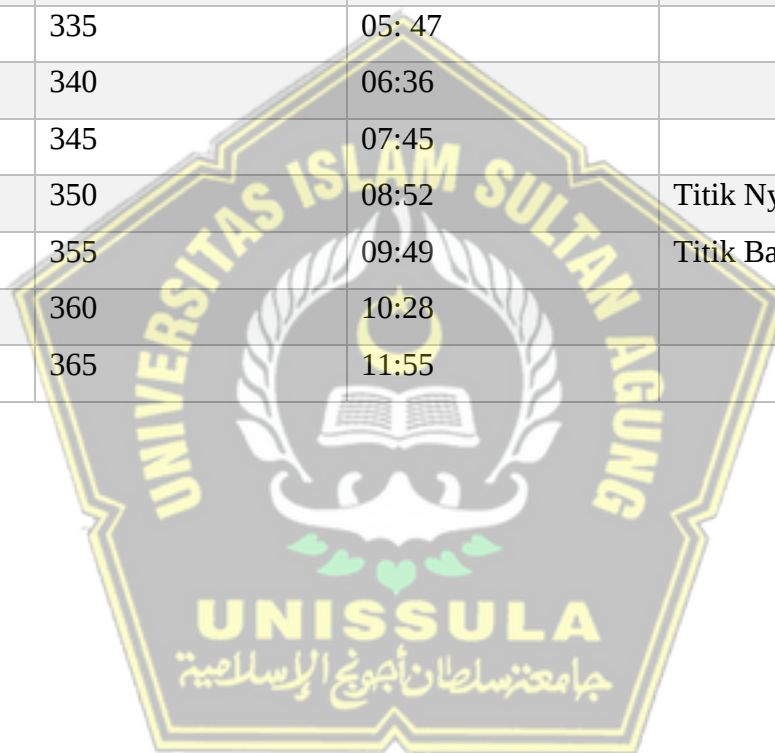


Draw a line between the softening point (line A) and penetration (line B) values. The intercept on line C is the PI of the bitumen



Gambar 3.18. Nomogram untuk Indeks Penetrasi (PI) (SP/pen)

NO	SUHU°C	WAKTU	KETERANGAN
1	300	0	
2	305	00:12	
3	310	00:38	
4	315	01:38	
5	320	02:43	
6	325	03:30	
7	330	04:53	
8	335	05:47	
9	340	06:36	
10	345	07:45	
11	350	08:52	Titik Nyala
12	355	09:49	Titik Bakar
13	360	10:28	
14	365	11:55	



No Contoh		Split	Screen
Berat benda uji SSD (gr)	W1	1027,9	1019,6
Berat benda uji dalam air (gr)	W2	667,7	593, 2

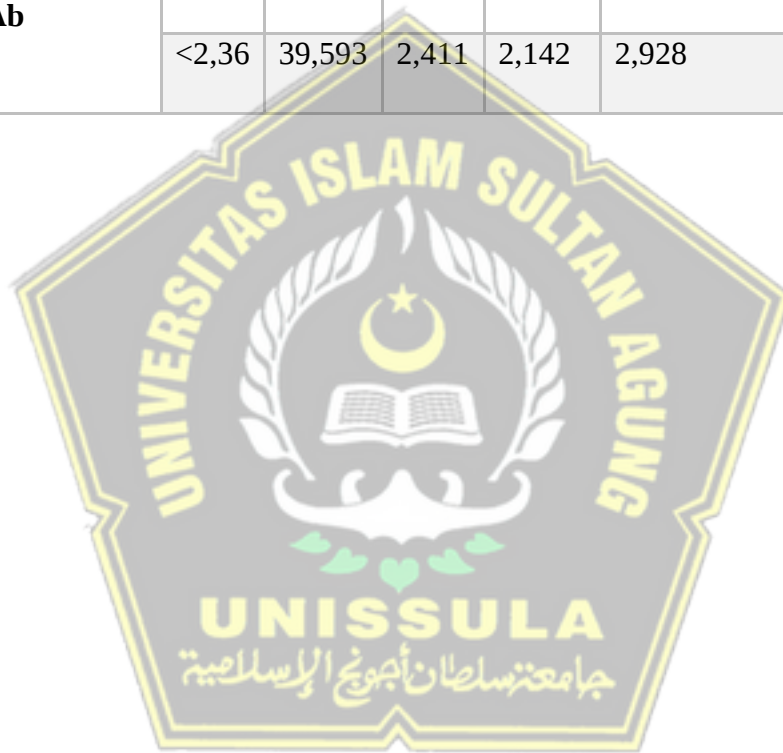
Berat benda uji kering oven (gr)	W3	991,2	986,2
----------------------------------	----	-------	-------

AGREGAT	PROPORSI	BERAT JENIS	Penyerapan air
---------	----------	-------------	----------------

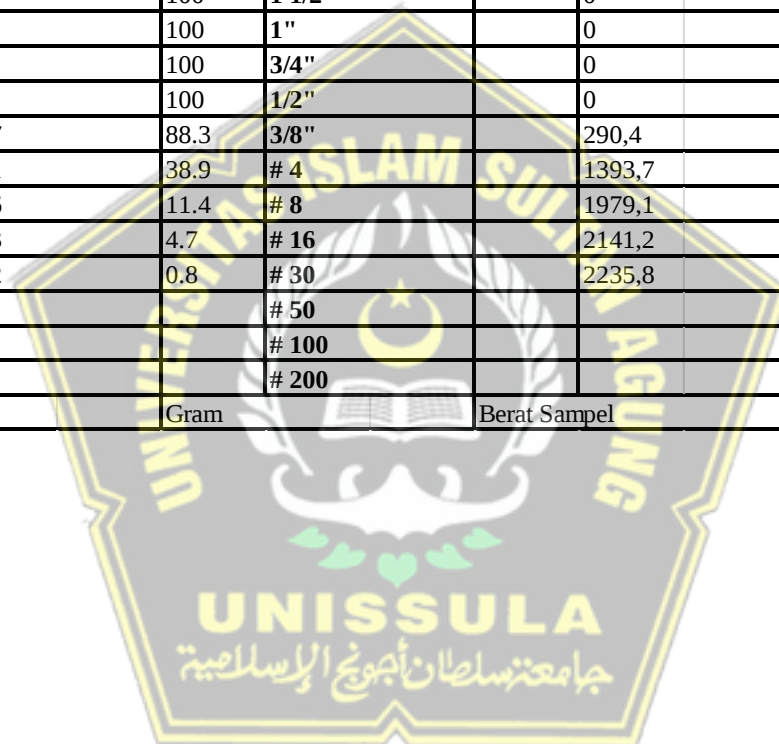
Bj SSD	$\frac{w1}{w1 - w2}$	2,853	2,391
Bj Bulk	$\frac{w3}{w1 - w2}$	2,751	2,312
Bj apparent	$\frac{w3}{w3 - w2}$	3,063	2,509
Penyerapan air	$\frac{w1 - w3}{w3} \times 100\%$	3,703%	3,387%

No contoh		>2.36	<2.36
Berat benda uji SSD (gr)	A	287,6	188,5
Berat tabung + plat+air(gr)	B	2729,2	2729,6
Berat tabung + C plat+air+agregat (gr)	C	2900,8	2839,6
Berat benda uji kering oven ()	D	269,8	167,5
Bj SSD	$\frac{A}{A + B - C}$	2,479	2,411
BJ Bulk	$\frac{D}{A + B - C}$	2,326	2,142
Bj Apparent	$\frac{D}{D + B - C}$	2,747	2,928
Penyerapan air	$\frac{A - D}{D} \times 100\%$	6,598%	12,5%

	Mm	%	SSD	BULK	APPARENT	%
Split	>4,75	99,912	2,518	2,751	2,688	3,703
	<4,75	0,088				
Screen	>4,75	99,971	2,391	2,312	2,509	3,387
	<4,75	0,029				
Ab	>2,36	60,407	2,479	2,326	2,747	6,598
	<2,36	39,593	2,411	2,142	2,928	12,5



Contoh Nomor : 01					Contoh Nomor : 02						Rata-rata Lolos (%)
Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif			Ukuran Saringan (Inchi)	Berat Tertahan	Kumulatif					
	Berat Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)			Tertahan (%)	Lolos (%)				
1 1/2"	0		0	100	1 1/2"		0		0	100	
1"	0		0	100	1"		0		0	100	
3/4"	0		0	100	3/4"		0		0	100	
1/2"	0		0	100	1/2"		0		0	100	
3/8"	309,8		11.7	88.3	3/8"		290,4		12.9	87.1	
# 4	1618,1		61.1	38.9	# 4		1393,7		61.9	38.1	
# 8	2346,3		88.6	11.4	# 8		1979,1		87.9	12.1	
# 16	2523,5		95.3	4.7	# 16		2141,2		95.1	4.9	
# 30	2627,1		99.2	0.8	# 30		2235,8		99.3	0.7	
# 50					# 50						
# 100					# 100						
# 200					# 200						
Berat Sampel		2648,3		Gram	Berat Sampel		2251,6		gram		



Contoh Nomor : 01					Contoh Nomor : 02				Rata-rata Lolos (%)
Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif			Ukuran Saringan (Inchi)	Berat Tertahan	Kumulatif			
	Berat Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)			Tertahan (%)	Lolos (%)		
1 1/2"	0	0	100	1 1/2"	0	0	100	100	
1"	0	0	100	1"	0	0	100	100	
3/4"	0	0	100	3/4"	0	0	100	100	
1/2"	2,314	42.9	57.1	1/2"	2,479	45.3	54.7	55.9	
3/8"	4,050	75.1	24.9	3/8"	4,121	75.3	24.7	25	
# 4	4,935	91.5	8.5	# 4	5,024	91.8	8.2	8.4	
# 8	5,350	99.2	0.8	# 8	5,434	99.3	0.7	0.8	
# 16				# 16					
# 30				# 30					
# 50				# 50					
# 100				# 100					
# 200				# 200					
Berat Sampel		5,394	Gram	Berat Sampel		5,320	gram		

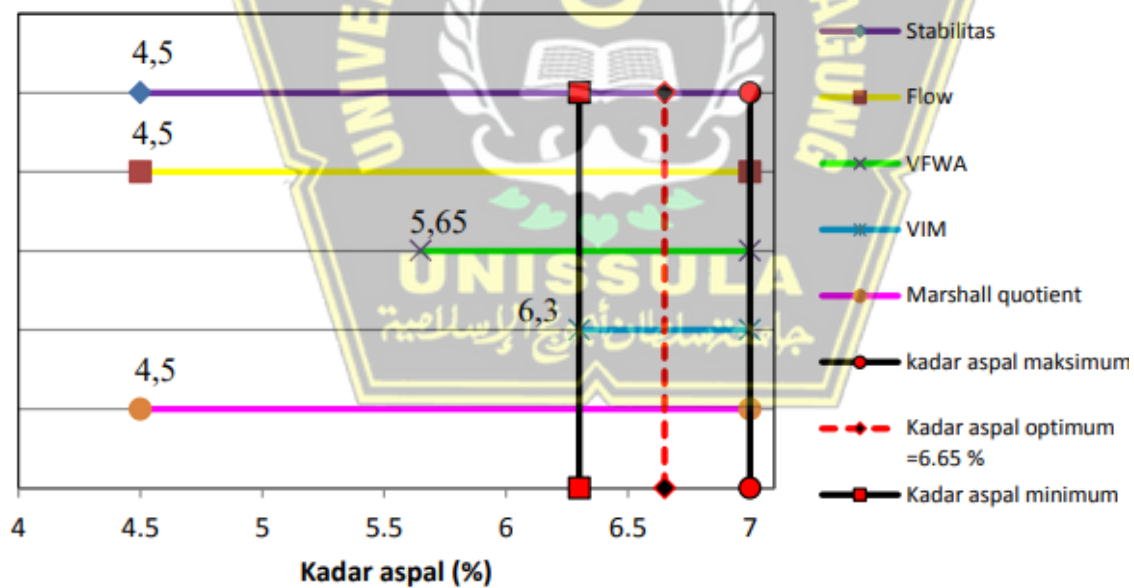
Contoh Nomor : 01						Contoh Nomor : 02					
Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif			Ukuran Saringan (Inchi)	Kumulatif						
	Berat Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)		Berat Tertahan	Tertahan (%)	Lolos (%)				
3/4"	0		0	100	3/4"	0		0	100	100	
1/2"	0		0	100	1/2"	0		0	100	100	
3/8"	0		0	100	3/8"	0		0	100	100	
# 4	0		0	100	# 4	0		0	100	100	
# 8	336,5		24.9	75.1	# 8	290,9		22.6	77.4	76.3	
# 16	653,4		48.4	51.6	# 16	620,5		48.2	51.8	51.6	
# 30	846,45		62.7	37.3	# 30	816,2		63.4	36.6	36.8	
# 50	986,85		73.1	26.9	# 50	943,6		73.3	26.7	26.6	
# 100	1151,5		85.3	14.7	# 100	1105,8		85.9	14.1	14.3	
# 200	1095,0		89.8	10.2	# 200	1157,3		89.9	10.1	10.2	
Berat Sampel			1350,0	gram	Berat Sampel			1287.4	gram		

Ukuran saringan				Gradasi untuk setiap ukuran (gr)			
mm	Inc	Mm	inch				
Lolos		Tertahan		A	B	C	D
37,5	1 ½	25	1	1250±25			
25	1	19	¾	1250±25			
19	¾	12,5	½	1250±10	2500±10		
12,5	½	9,5	3/8	1250±10	2500±10		
9,5	3/8	6,3	¼			2500±10	
6,3	¼	4,75	4			2500±10	
4,75	4	2,36	8				5000±10
	Total			5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
	Jumlah bola baja			12	11	8	6

Ukuran lubang ayakan	Berat asli (gr)	Susunan butir dalam % berat dari contoh asli	Berat benda tertahan ayakan (%)	Berat bagian sampel yang hilang (%)
63,00 mm – 37,00 mm	4783	20	4.8	1,0
37,50 mm – 19,00 mm	1525	45	8.0	3,6
19,00 mm – 9,50 mm	1008	23	9.6	2,2
9,50 mm – 4,75 mm	298	12	11,2	1,3
Jumlah		100		

Alat	Pencampuran			Pemadatan		
	Aspal Padat	Aspal Cair	Satuan	Aspal Padat	Aspal Cair	Satuan
Kinematic Viscometer	170±20	70±20	C.ST	280±30	280±30	C.ST
Say Bolt Furol Viscometer	85±10	85±10	DET.SF	140±15	140±15	DET.SF

Sifat Marshall	Spec.	Kadar Aspal (%)					
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stabilitas (kg)	≥ 800	1110,68	1198,07	1315,81	1082,62	900,14	908,57
Flow (mm)	≥ 3	3,05	3,07	3,25	3,06	3,30	3,30
Marshall quotient (kg/mm)	≥ 250	368,70	392,25	404,38	353,58	272,92	279,33
Density (gr/cc)	-	2,34	2,36	2,39	2,37	2,39	2,42
VMA(%)	≥ 15	19,49	18,94	18,40	19,54	19,15	18,86
VIM (%)	3-5	9,72	8,02	6,30	6,53	4,98	3,08
VFWA (%)	≥ 65	50,20	57,96	65,78	67,05	74,22	83,45



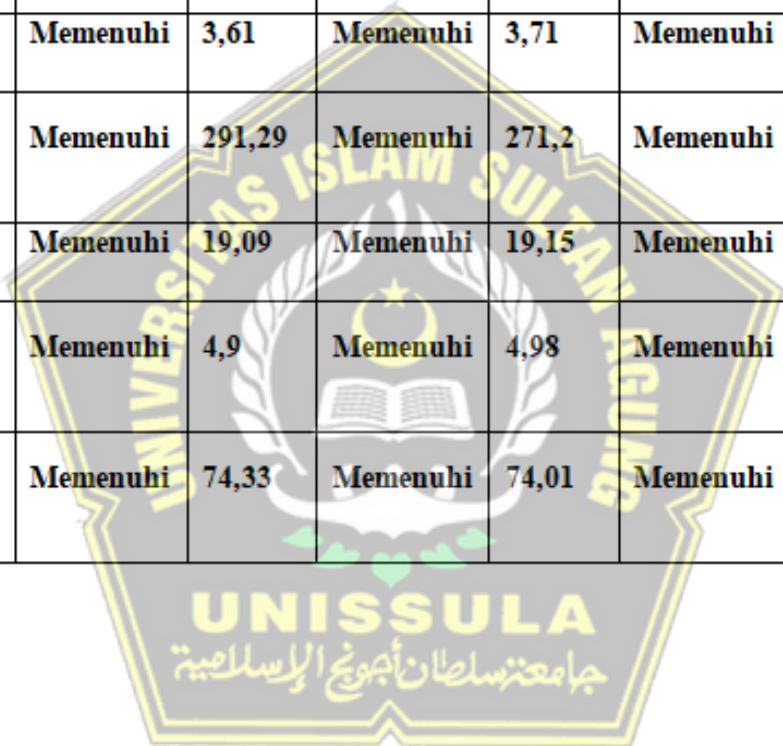
Sifat Marshall	Spec.	Kadar Aspal (%)					
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stabilitas (kg)	≥ 800	1110,68	1198,07	1315,81	1082,62	900,14	908,57
Flow (mm)	≥ 3	3,05	3,07	3,25	3,06	3,30	3,30
MQ (kg/mm)	≥ 250	364,15	390,25	404,36	353,79	272,76	275,32
VMA(%)	≥ 15	19,49	18,94	18,40	19,54	19,15	18,86
VIM (%)	3-5	9,72	8,02	6,30	6,53	4,98	3,08
VFWA (%)	≥ 65	50,20	57,96	65,78	67,05	74,22	83,45

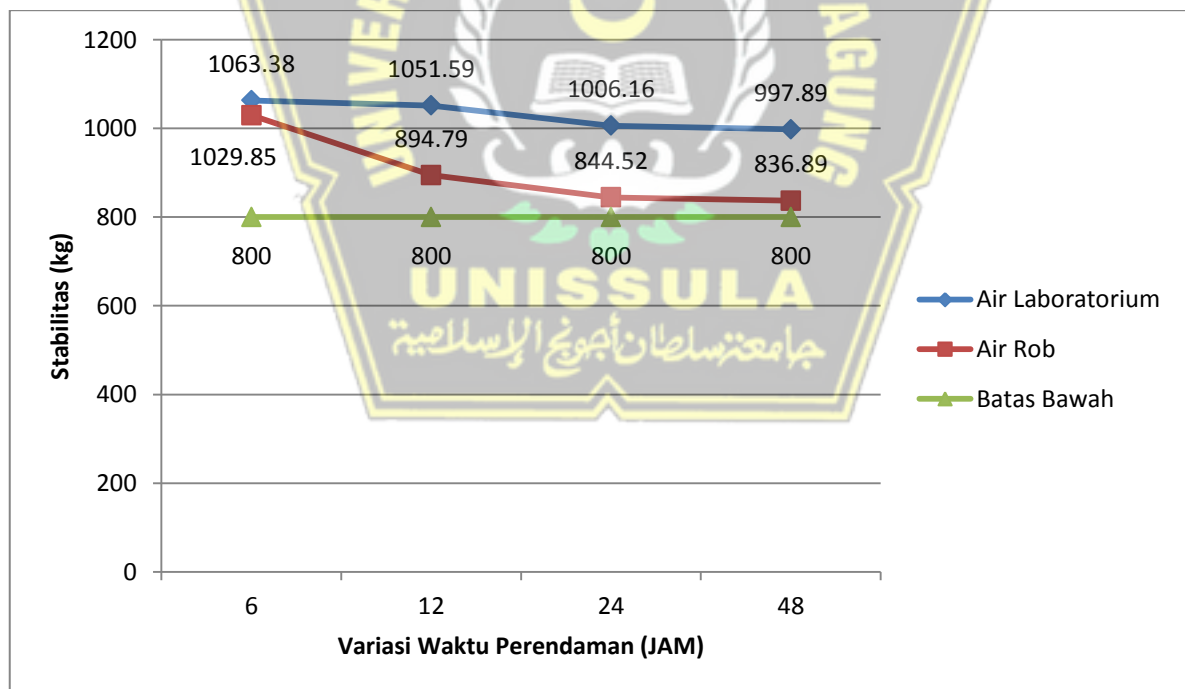
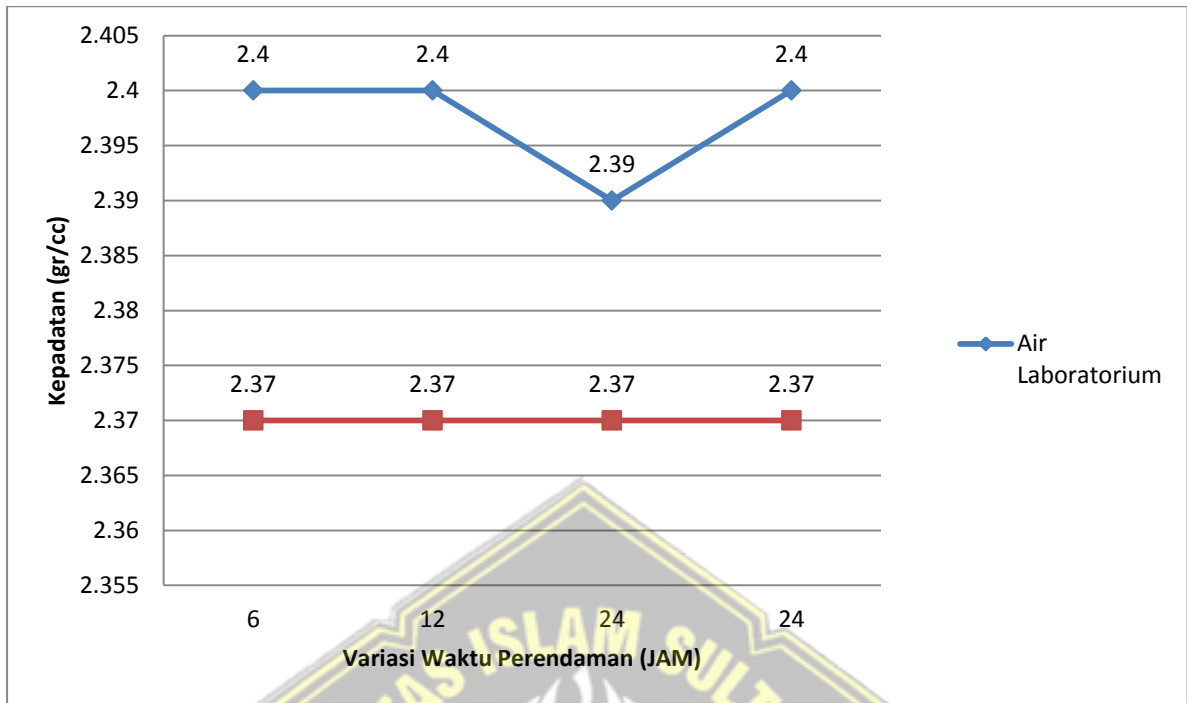
Sifat Marshall	Spec.	Hasil Marshall Test Air Laboratorium (Berat Jenis Air 1,00x10 ³) variasi perendaman dalam air suhu tetap 60°C					
		12 jam	Ket.	24 jam	Ket.	48 jam	Ket.
Kepadatan (gr/cc)	-	2,4	-	2,39	-	2,39	-
Sabilitas (kg)	≥ 800	1087,76	Memenuhi	1025,67	Memenuhi	1004,84	Memenuhi
Flow(mm)	≥ 3	3,21	Memenuhi	3,34	Memenuhi	3,57	Memenuhi
MQ (kg/mm)	≥ 250	338,86	Memenuhi	307,08	Memenuhi	281,46	Memenuhi
VMA (%)	≥ 15	19,09	Memenuhi	19,15	Memenuhi	19, 2	Memenuhi
VIM (%)	03-May	4,9	Memenuhi	4,98	Memenuhi	4,99	Memenuhi
VFWA (%)	≥ 65	74,33	Memenuhi	74,01	Memenuhi	73,98	Memenuhi

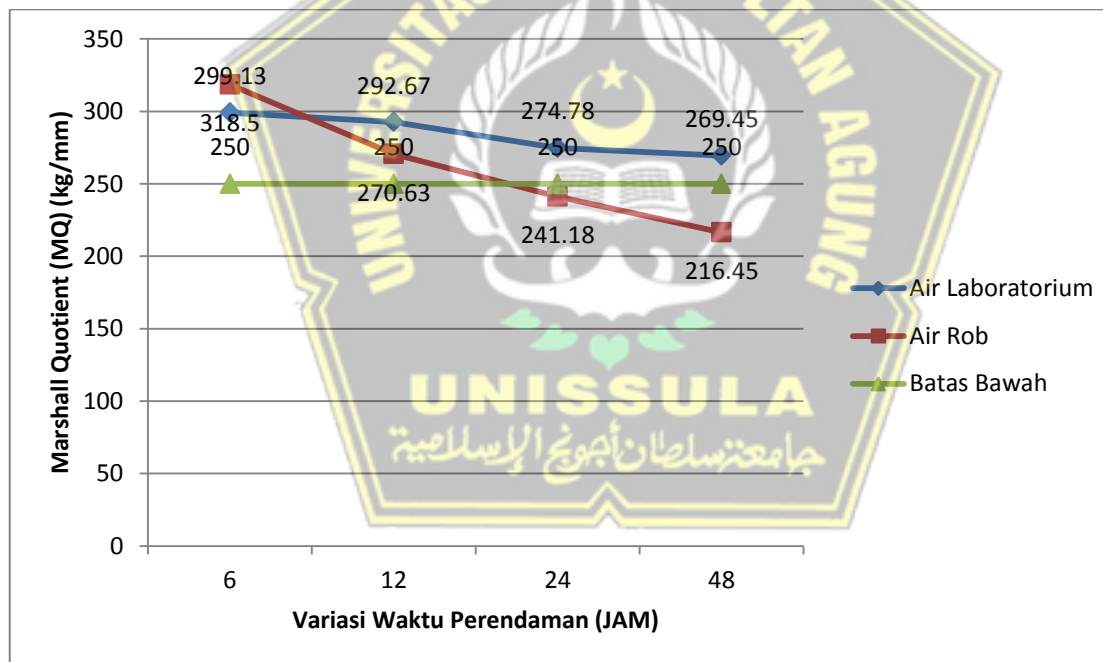
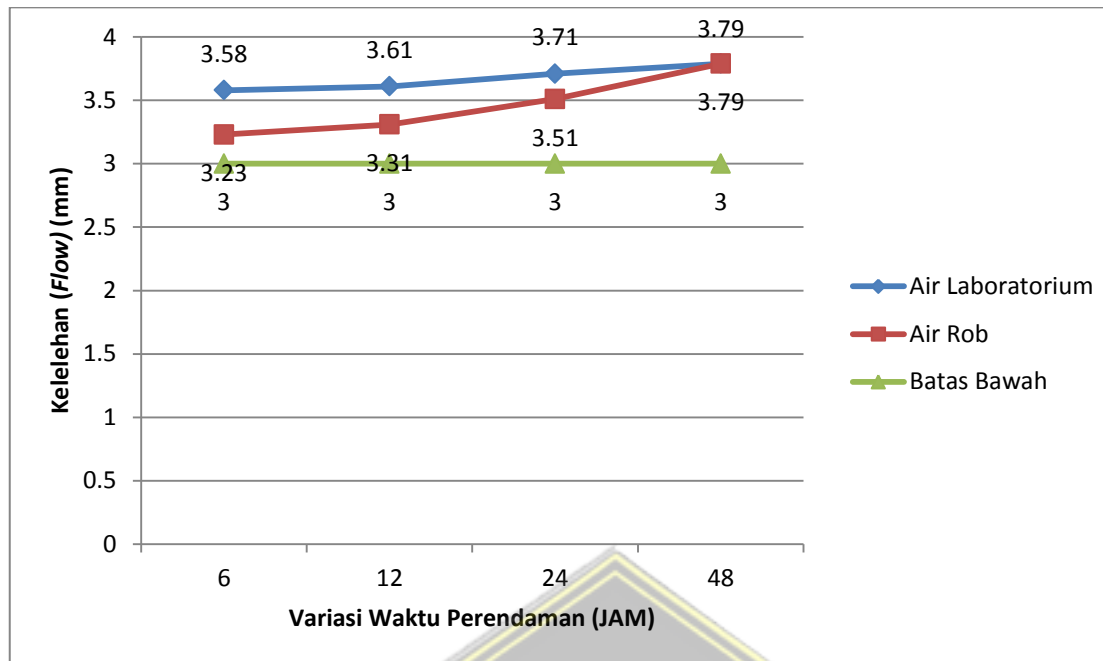


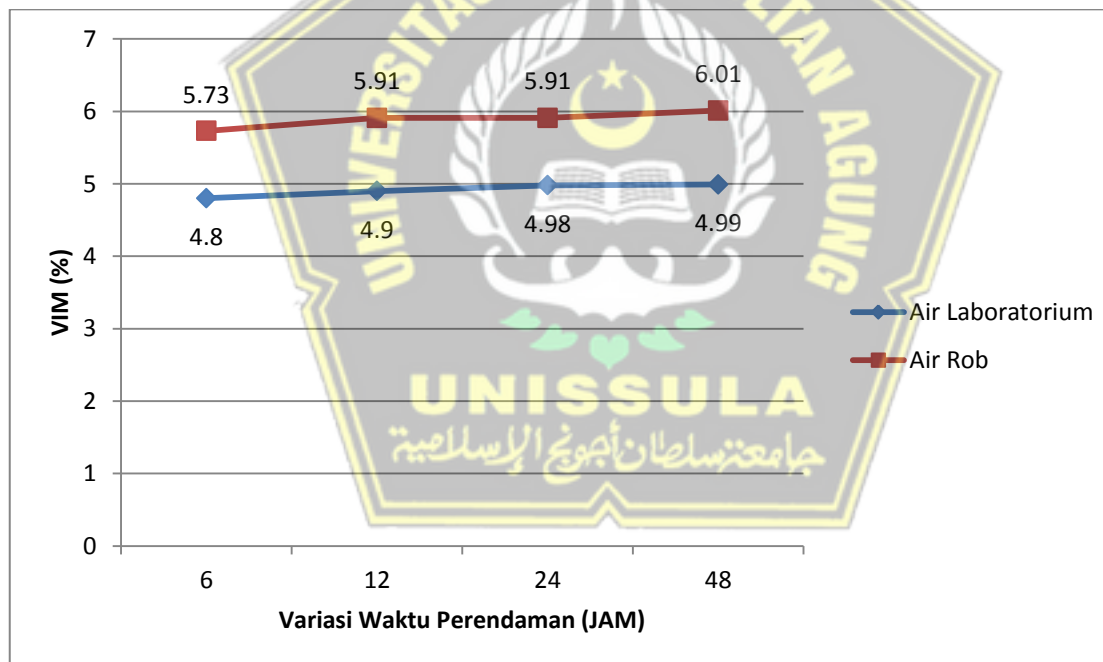
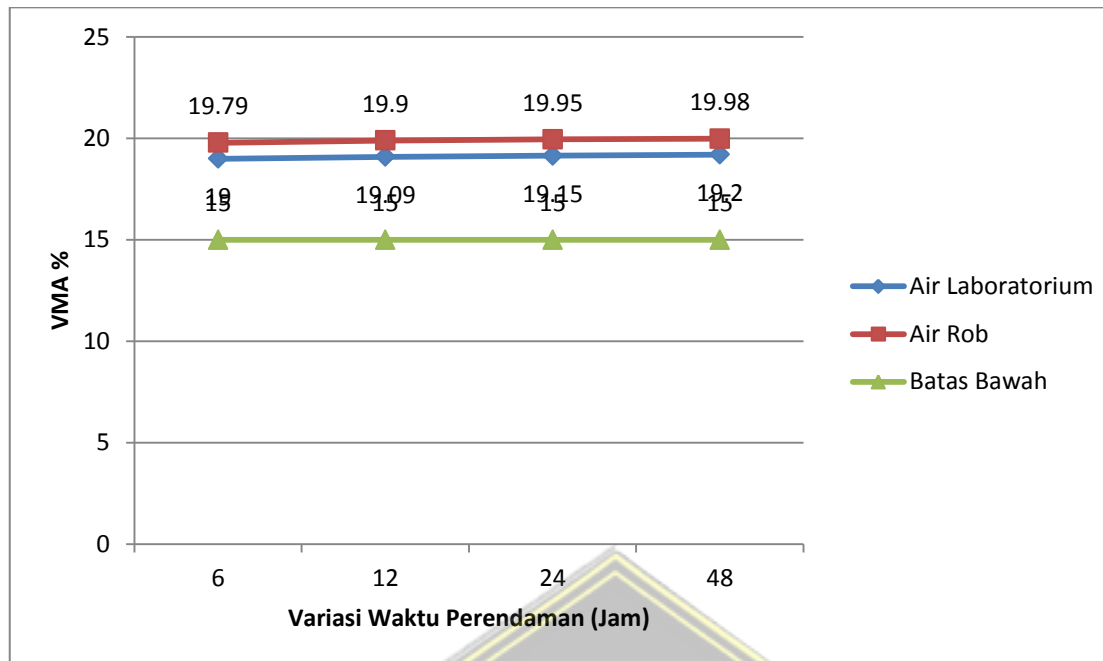
Sifat Marshall	Spec .	Hasil Marshall Test Air Rob (Berat Jenis Air $1,03 \times 10^3$) variasi perendaman dalam air suhu tetap 60°C						
		6 jam	Ket.	12 jam	Ket.	24 jam	Ket.	48 jam
Kepadatan (gr/cc)	-	2,37	-	2,37	-	2,37	-	2,37
Sabilitas (kg)	≥ 800	1029,85	Memenuhi	894,79	Memenuhi	844,52	Memenuhi	836,89
Flow (mm)	≥ 3	3,23	Memenuhi	3,31	Memenuhi	3,51	Memenuhi	3,79
MQ (kg/mm)	≥ 250	318,53	Memenuhi	270,32	Memenuhi	240,6	Tidak Memenuhi	220,81
VMA (%)	≥ 15	19,79	Memenuhi	19,9	Memenuhi	19,95	Memenuhi	19,98
VIM (%)	03-May	5,73	Tidak Memenuhi	5,91	Tidak Memenuhi	5,91	Tidak Memenuhi	6,01
VFWA (%)	≥ 65	71,08	Memenuhi	70,7	Memenuhi	70,42	Memenuhi	70,38

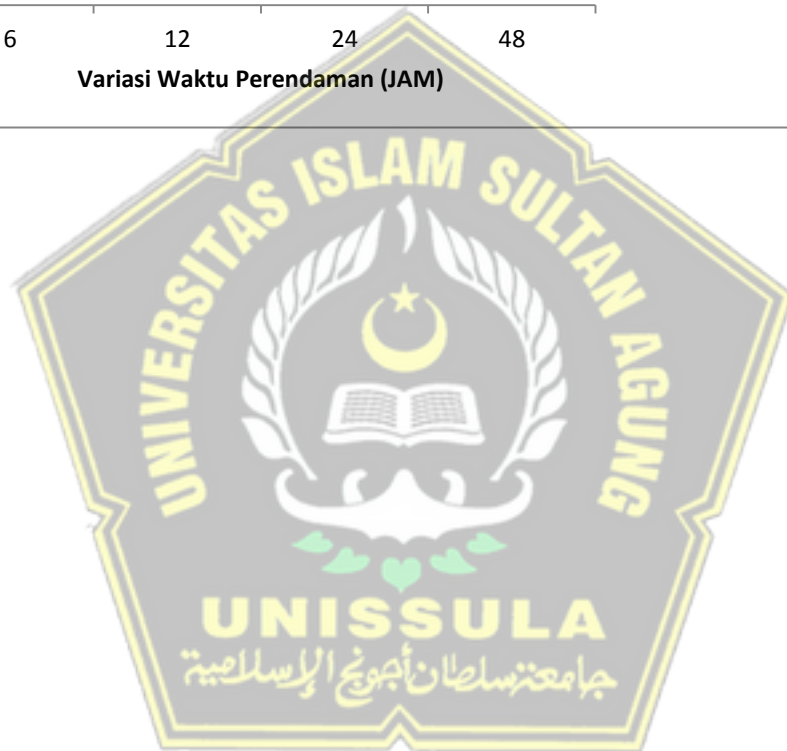
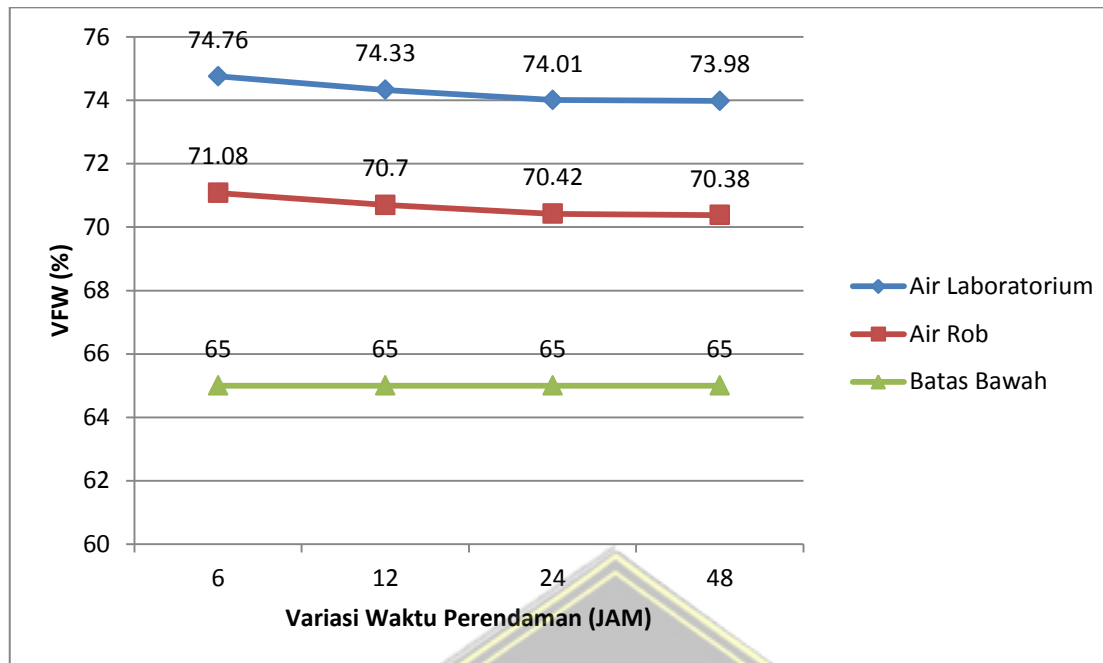
Sifat Marshall	Spec.	Hasil Marshall Test Air Laboratorium (Berat Jenis Air 1,00x10 ³) variasi perendaman dalam air suhu tetap 60°C							
		6 jam	Ket.	12 jam	Ket.	24 jam	Ket.	48 jam	Ket.
Kepadatan (gr/cc)	-	2,4	-	2,4	-	2,39	-	2,4	-
Sabilitas (kg)	≥ 800	1063,38	Memenuhi	1051,59	Memenuhi	1006,16	Memenuhi	997,89	Memenuhi
Flow (mm)	≥ 3	3,58	Memenuhi	3,61	Memenuhi	3,71	Memenuhi	3,79	Memenuhi
MQ (kg/mm)	≥ 250	297,03	Memenuhi	291,29	Memenuhi	271,2	Memenuhi	263,29	Memenuhi
VMA (%)	≥ 15	19	Memenuhi	19,09	Memenuhi	19,15	Memenuhi	19, 2	Memenuhi
VIM (%)	03-May	4,8	Memenuhi	4,9	Memenuhi	4,98	Memenuhi	4,99	Memenuhi
VFWA (%)	≥ 65	74,76	Memenuhi	74,33	Memenuhi	74,01	Memenuhi	73,98	Memenuhi





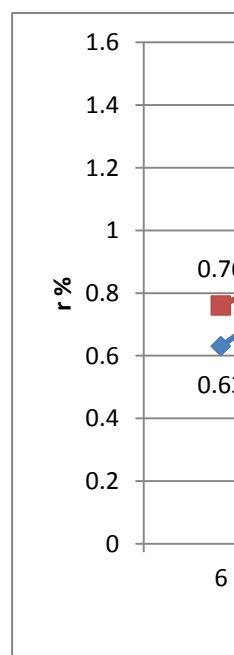
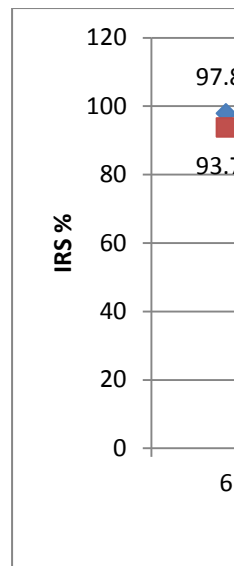


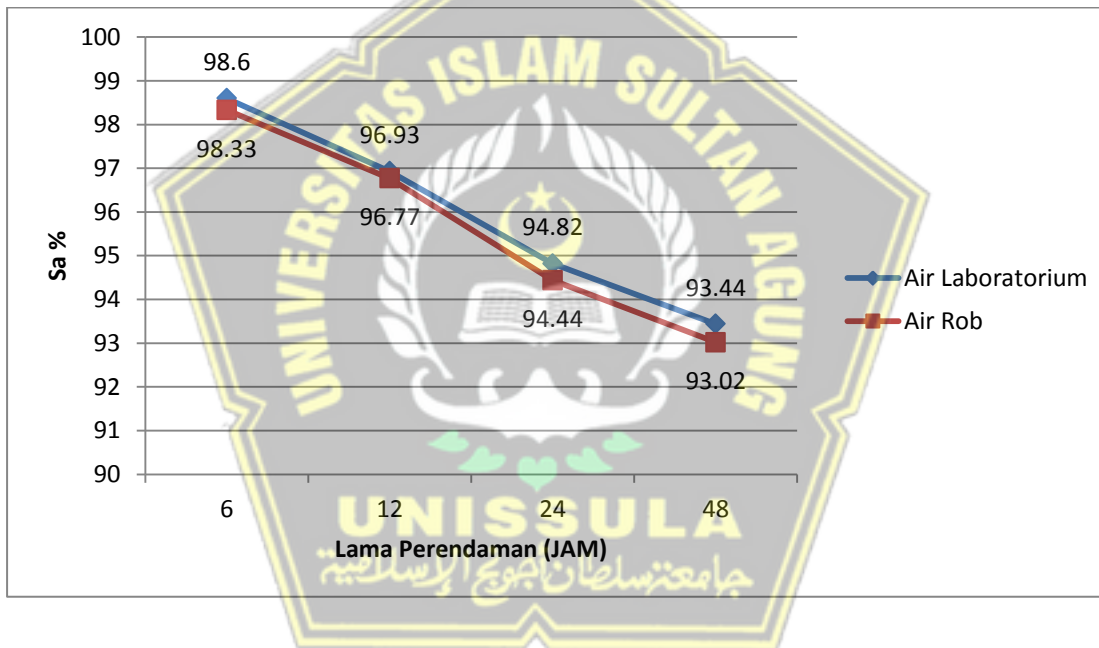
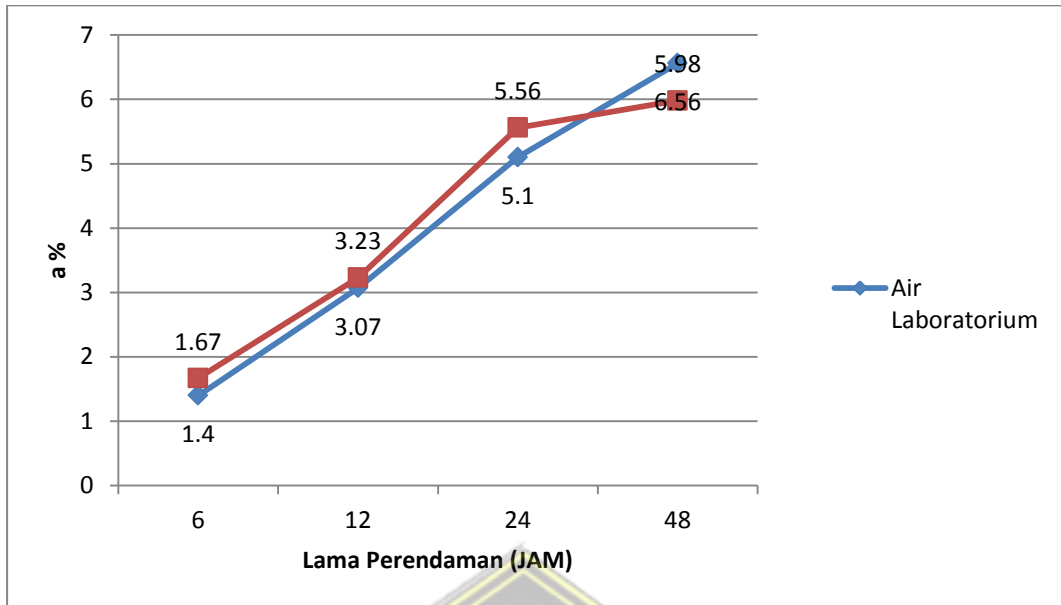




Air Laboratorium					
Karakteristik	Spec.	Lama Perendaman			
		6 JAM	12 JAM	24 JAM	48 JAM
Marshall					
Stabilitas (kg)	≥ 800	1063,38	1051,59	1006,16	997,89
IRS Standart (%)	≥ 90	97,81	95,21	92,97	89,56
IDP (r,%)		0,63	0,98	1,09	1,23
IDP (R,kg)		4,84	8,74	11,24	13,87
IDK (a,%)		1,40	3,07	5,10	6,56
IDK (Sa,%)		98,60	96,93	94,82	93,44
IDK (SA,%)		1018,45	1001,35	979,57	965,30
Air Rob					
Karakteristik	Spec.	Lama Perendaman			
		6 JAM	12 JAM	24 JAM	48 JAM
Marshall					
Stabilitas (kg)	≥ 800	1029,85	894,79	844,52	836,89
IRS Standart (%)	≥ 90	93,76	81,75	79,46	77,56
IDP (r,%)		0,76	0,99	1,12	1,45
IDP (R,kg)		4,23	7,94	11,57	14,01
IDK (a,%)		1,67	3,23	5,56	5,98
IDK (Sa,%)		98,33	96,77	94,44	93,02
IDK (SA,%)		1018,45	1001,35	979,57	965,30
Air Laboratorium					

Karakteristik	Spec.	Lama Perendaman		
		12 JAM	24 JAM	48 JAM
Marshall				
Stabilitas (kg)	≥ 800	1087,76	1025,67	1004,84
IRS Standart (%)	≥ 90	97,41	93,54	90,12
IDP (r,%)		1,02	1,23	1,34
IDP (R,kg)		9,44	13,21	14,97
IDK (a,%)		3,23	5,78	6,76
IDK (Sa,%)		96,77	94,22	93,24
IDK (SA,%)		1005,85	980,97	971,37
Air Rob				
Karakteristik	Spec.	Lama Perendaman		
		12 JAM	24 JAM	48 JAM
Marshall				
Stabilitas (kg)	≥ 800	912,23	893,65	845,34
IRS Standart (%)	≥ 90	82,65	80,56	80,51
IDP (r,%)		1,01	1,23	1,65
IDP (R,kg)		8,01	12,27	15,12
IDK (a,%)		3,45	5,67	6,08
IDK (Sa,%)		96,55	94,33	93,92
IDK (SA,%)		1008,85	981,53	978,23





LEMBAR ASISTENSI

Laporan Tugas Akhir

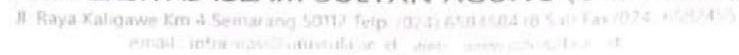


Nama : Nurul Isma L. 3020170042
Jauharotun Nisa, 30201700194

Dosen Pembimbing I : Ir. Rachmat Mediyono, MT., Ph.D
Dosen Pembimbing II : Eko Muliawan Satriso, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	17-12-2020	Judul dan topik tugas Akhir "STUDI GENANGAN AIR TERHADAP KEPERLUAN JALAN DENGAN PERENCANAAN MEDIAN"	
2.	18-12-2020	- Lanjut - Buat skripsi terkait dengan variabel tersebut	
		Judul tersebut menjadi PENGARUH TERHADAPNYA ASPAL OLEH ROB YANG DITINJAU TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL	
		ACE (Sila) Sajikan Seminar	

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
12	9 - Juli - 2021	1. Mengajukan hasil penelitian 2. Mengirimkan foto bukti penelitian	 Digitally signed by H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD DN: cn=H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD, o=UNISMA Semarang, ou=Jabatan Teknik, email=hachmatmuhyiddin@unisma.ac.id, c=ID Date: 2021.07.09 14:04:00 +07'00'
13	11 - Juli - 2021	1. Membuat draft lengkap TA dari cover s.d lampiran	 Digitally signed by H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD DN: cn=H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD, o=UNISMA Semarang, ou=Jabatan Teknik, email=hachmatmuhyiddin@unisma.ac.id, c=ID Date: 2021.07.11 10:00:00 +07'00'
14	12 - Juli - 2021	1. Penambahan jabatan akademik 2. Perbaikan motto Motto wajib tuliskan QS Ali Imraan : 110 Dilanjutkan Hadits dll 3. Isi poko dari Abstrak adl: 1. Latar belakang permasalahan 2. Tujuan penelitian 3. Metodologi yg digunakan 4. Analisa dan hasilnya 4. Perbaikan latar belakang 5. Perbaikan Kesimpulan vs tujuan penelitian ada 4 point, kmdn pada Kesimpulan juga ada 4 point sbg jawaban dari tujuan. Pada Tujuan Penelitian ada 4 point, kmdn pada Kesimpulan juga ada 4 point sbg jawaban dari tujuan.	 Digitally signed by H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD DN: cn=H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD, o=UNISMA Semarang, ou=Jabatan Teknik, email=hachmatmuhyiddin@unisma.ac.id, c=ID Date: 2021.07.12 13:04:00 +07'00'
15	14 - Juli - 2021	1. Check semua penulisan nama saya kurang huruf h 2. Tujuan Penelitian rumusan Masalah sebagai Soal Kesimpulan Sebagai Jawaban 3. Foto2 saat percobaan di lab mulai awal s.d akhir dimasukkan dlm bab 3 metodologi tahap percobaannya. 1. Diberikan nilai/angka pada kesimpulan no: 2. Berapa perbandingan nilai durabilitas AC-WC tanpa rendaman dg AC-WC dg rendaman? 3. Berapa kadar Kloroda pada air Rob dibanding air tawar biasa?	 Digitally signed by H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD DN: cn=H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD, o=UNISMA Semarang, ou=Jabatan Teknik, email=hachmatmuhyiddin@unisma.ac.id, c=ID Date: 2021.07.14 14:04:00 +07'00'
16	15 - Juli - 2021	2. Semua foto2 diberi penjelasan ACC utk diseminarkan	 Digitally signed by H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD DN: cn=H. Rachmat Muhyiddin, MT, PhD, o=UNISMA Semarang, ou=Jabatan Teknik, email=hachmatmuhyiddin@unisma.ac.id, c=ID Date: 2021.07.15 13:04:00 +07'00'



Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Ari Septiaini, ST, MSc
NIK. 210214086

LEMBAR ASISTENSI

Laporan Tugas Akhir



Nama : Nural Ima L. 3020170042
Jauharotun Nisa. 30201700194

Dosen Pembimbing I : Ir. Rachmat Madiyono, MT., Ph.D
Dosen Pembimbing II : Eko Muliawan Satrio, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	17-12-2020	Judul dan topik tugas Akhir "STUDI GENANGAN AIR TERHADAP KEPLUARAN JALAN DENGAN PERENCANAAN SUBDRAIN"	
2.	18-12-2020	- Lanjut - Buat Variabel terikat dan variabel bebas Judul Ditugaskan menjadi : PENGARUH TERENDAHNYA KEPAL DARI PAS YANG DITINGGI TERHADAP KUALITAS AIR ACC by Silanjutkan Seminar	



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50117 Telp. (024) 6581504 (8 Sal) Fax (024) 6582415
email : info@unissula.ac.id, idris : unissula@unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 13 / A.2 / SA - T / XII / 2020

Lampiran : - -

Perihal : Bimbingan Tugas Akhir

Kepada : Yth. :

- 1 Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D (Dosen Pembimbing I Tugas Akhir)
- 2 Eko Muliawan Satrio, ST, MT (Dosen Pembimbing II Tugas Akhir)

Dosen Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil UNISSULA

Assalamu'alaikum Wr Wb.

Bersama Surat ini kami menghadapkan mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memenuhi syarat untuk mengerjakan Tugas Akhir (TA) :

No	Nama	NIM
1	Nurul Isna Lutiyah	30201700142
2	Jauharotun Nisa	30201700194

Maka dengan ini kami mohon kepada Bapak / Ibu untuk memberikan Bimbingan Tugas Akhir (TA) kepada mahasiswa tersebut diatas.

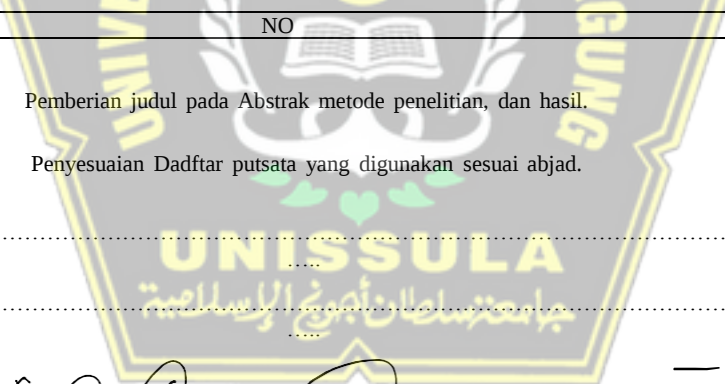
Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 14 Desember 2020
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ari Setiadi, ST, MSc
NIK. 210214086



Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummiah

NO	
1	Pemberian judul pada Abstrak metode penelitian, dan hasil.
2	Penyesuaian Dadftar putsata yang digunakan sesuai abjad.
	

.....

.....

.....

DOSEN PENGUJI



Ir. Gata Dian Asfari, MT





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (B Saf) Fax (024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web: www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Kamis
22 Juli 2021
10.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Pengaruh Terendahnya Aspal Oleh Air Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall

1	Nurul Isna Lutfiyah	30201700142	1	
2	Jauharotun Nisa	30201700194	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Ir. H. Rachmat Mudriyono.MT,Ph.D.	
2	Eko Muliawan Satrio.ST,MT	
3	Ir. Gata Dian Asfari.MT	

Semarang, 22 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Semarang 50132 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax (024) 6582452
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 14 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Kamis Tanggal 22 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Nurul Isna Lutfiyah	30201700142
2 Nama	Jauharotun Nisa	30201700194

Judul TA Pengaruh Terendahnya Aspal Oleh Air Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall
0
0

Dengan Hasil

Hasil baik dengan beberapa koreksi
dari dosen penguji

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan pertanggungjawabannya.

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Rachmat Mulyono, MT, Ph.D.

Dosen Pembimbing II

Eko Muliawan Satrio, ST, MT

Dosen Pembimbing

Ir. Gata Dian Astari, MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M. Rukhman, ST, MT, Ph.D.



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (054) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS

Hari Kamis
Tanggal 22 Juli 2021
Jam 10.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Pengaruh Terendahnya Aspal Oleh Air Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall

0

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS



1	Nurul Isna Lutfiyah	30201700142	1	
2	Jauharotun Nisa	30201700194	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D	1
2	Eko Muliawan Satrio, ST, MT	2

Semarang, 22 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyan, ST, M. Eng
NIK. 210216089

