

**TUGAS AKHIR**

**PERILAKU ASPAL *WEARING COURSE* DENGAN BAHAN  
TAMBAH *LOW DENSITY POLYETHYLENE* DAN *FINE*  
*AGGREGAT SLAG* TERHADAP PENGARUH RENDAMAN  
AIR ROB DAN AIR BANJIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Bunga Ayu Muzdalifah**

**Nim : 30201900058**

**Elisa Anggraeni**

**Nim : 30201900079**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

PERILAKU ASPAL *WEARING COURSE* DENGAN BAHAN TAMBAH *LOW DENSITY POLYETHYLENE* DAN *FINE AGGREGAT SLAG* TERHADAP PENGARUH RENDAMAN AIR ROB DAN AIR BANJIR



**Bunga Ayu Muzdalifah**  
Nim : 30201900058



**Elisa Anggraeni**  
Nim : 30201900079

Telah disetujui oleh dan disahkan di Semarang, 30 Januari 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. H. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D.**  
NIDN: 0605016802
2. **Juny Andry Sulisty, ST., MT**  
NIK: 210222097
3. **Lisa Fitriyana., ST., MT**  
NIK: 210222097

Three handwritten signatures in blue ink, corresponding to the examiners listed on the left. The signatures are placed over dotted lines.

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung

A handwritten signature in blue ink, corresponding to the name Muhamad Rusli Ahyar.

**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102

## **BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

No: 05 / A.2 / SA – T / X / 2022

Pada hari ini tanggal berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D.  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Juny Andry Sulisty, ST., MT  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir.

Bunga Ayu Muzdalifah  
Nim : 30201900058

Elisa Anggraeni  
Nim : 30201900079

Judul : PERILAKU ASPAL WEARING COURSE DENGAN BAHAN TAMBAH LOW DENSITY POLYETHYLENE DAN FINE AGGREGAT SLAG TERHADAP PENGARUH RENDAMAN AIR ROB DAN AIR BANJIR

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	15/September/2022	
2	Seminar Proposal	18/Oktober/2022	
3	Pengumpulan data	23/November/2022	
4	Analisis data	1/Desember/2022	
5	Penyusunan laporan	6/Januari/2023	
6	Selesai laporan	23/Januari/2023	
7	ACC	30/Januari/2023	

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

Dosen Pembimbing Utama



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

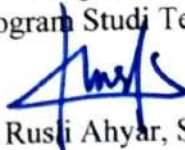
Dosen Pembimbing Pendamping



Juny Andry Sulisty, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA : Bunga Ayu Muzdalifah  
NIM : 30201900058
2. NAMA : Elisa Anggraeni  
NIM : 30201900079

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

*Perilaku Aspal Wearing Course Dengan Bahan Tambah Low Density Polyethylene dan Fine Agregat Slag Terhadap Pengaruh Rendaman Air Rob dan Air Banjir*

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 30/Januari/2023

Yang membuat pernyataan

Bunga Ayu Muzdalifah  
NIM : 30201900058

Elisa Anggraeni  
NIM : 30201900079

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : Bunga Ayu Muzdalifah  
NIM : 30201900058
  2. NAMA : Elisa Anggraeni  
NIM : 30201900079
- JUDUL TUGAS AKHIR : Perilaku Aspal *Wearing Course* Dengan Bahan Tambah *Low Density Polyethylene* dan *Fine Agregat Slag* Terhadap Pengaruh Rendaman Air Rob dan Air Banjir


Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.


Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 30/Januari/2023

Yang membuat pernyataan

  
Bunga Ayu Muzdalifah  
NIM : 30201900058



  
Elisa Anggraeni  
NIM : 30201900079

## MOTTO

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

Artinya:

“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 Imran :110)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٥) إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٦)

Artinya:

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”. (QS. Al Insyirah : 5 – 6)

طَلَبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ

Artinya:

“Bahwasanya menuntut ilmu itu hukumnya wajib bagi setiap umat muslim”.  
(HR. Ibnu Majah)

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ، وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ، وَمَنْ أَرَادَهُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ

Artinya:

“Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan Akhirat, maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa menghendaki keduanya maka wajib baginya memiliki ilmu”. (HR. Turmuzi)

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orang Tua saya yang saya sayangi yaitu Bapak Ali Hamdan dan Ibu Muthoharoh yang telah menjadi *support system* yang sangat besar untuk saya selama ini berupa segenap kasih sayang, semangat, motivasi, nasihat dan do'anya untuk keberkahan saya dalam mencari ilmu yang bermanfaat serta memotivasi saya untuk mengejar impian dan cita-cita.
2. Asisten Laboratorium Perkerasan Jalan yaitu Ferdiano Yogi Pradana, Muhammad Sektiaji Kliswan, dan mas Daryanto yang telah membantu saya dalam melakukan penelitian ini.
3. Elisa Anggraeni yang selama ini telah menemani saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Sahabat saya yaitu Tri Muliawan, Azzahra Auryn, Bella Emi Rosallia, Adhitya Wijaya, Dewa Indra Mastikah yang selalu mendoakan dan memberi dorongan kepada saya untuk menjadi yang terbaik, selalu memberi semangat saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dan selalu memotivasi untuk mengejar impian dan cita-cita.
5. Teman-teman Fakultas Teknik Unissula angkatan 2019 yang turut memberikan semangat kepada saya khususnya teman-teman kelas Sipil A 2019.

Bunga Ayu Muzdalifah

30201900058

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orang Tua saya yang saya sayangi yaitu Bapak Christanto Chumalalar dan Ibu Sumini yang telah menjadi *support system* yang sangat besar untuk saya selama ini berupa segenap kasih sayang, semangat, motivasi, nasihat dan do'anya untuk keberkahan saya dalam mencari ilmu yang bermanfaat serta memotivasi saya untuk mengejar impian dan cita-cita.
2. Asisten Laboratorium Perkerasan Jalan yaitu Ferdiano Yogi Pradana, Muhammad Sektiaji Kliswan, dan mas Daryanto yang telah membantu saya dalam melakukan penelitian ini.
3. Bunga Ayu Muzdalifah yang selama ini telah menemani saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Sahabat saya yaitu Adam Mahendra Setyawan, Dwiani Fadzilah Fisilmi Kaffah, Dwinia Sastriavi, Adhitya Wijaya, Dewa Indra Mastikah yang selalu mendoakan dan memberi dorongan kepada saya untuk menjadi yang terbaik, selalu memberi semangat saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dan selalu memotivasi untuk mengejar impian dan cita-cita.
5. Teman-teman Fakultas Teknik Unissula angkatan 2019 yang turut memberikan semangat kepada saya khususnya teman-teman kelas Sipil A 2019.

Elisa Anggraeni

30201900079



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perilaku Aspal *Wearing Course* Dengan Bahan Tambah *Low Density Polyethylene* dan *Fine Agregat Slag* Terhadap Pengaruh Rendaman Air Rob” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari pihak, tiada kata-kata yang lebih tepat untuk diucapkan dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang sekaligus Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik.
3. Bapak Juny Andry Sulisty, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

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 pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 30 Januari 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN .....	v
MOTTO .....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR GRAFIK.....	xx
ABSTRAK.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Banjir Rob dan Penyebabnya.....	6
2.2. Pengujian untuk mengevaluasi pengaruh air terhadap Campuran Panas.....	7
2.3. Penyusun Perkerasan Jalan .....	9
2.3.1. Persyaratan Agregat.....	10
2.3.2. Gradasi Agregat .....	12
2.3.3. Anti <i>Stripping</i> .....	13
2.3.4. Karkteristik Campuran Aspal Beton.....	15
2.3.5. Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	17
2.4. Pengaruh Air Rob pada Campuran Aspal .....	18
2.5. <i>Laston Lapis Aus</i> (AC-WC) .....	19
2.6. Material Penyusun Perkerasan Jalan .....	21
2.7. Spesifikasi Gradasi Agregat Lapis (AC-WC) .....	21
2.7.1. Aspal .....	22
2.7.2. Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode <i>Marshall</i> .....	22
2.7.3. <i>Slag</i> Hasil Sampinga Proses Pemurnian Logam Pada Tanur Tinggi .....	23
2.7.4. Penggunaan <i>Slag</i> untuk perkerasan jalan .....	24
2.7.5. <i>Polypropylene</i> .....	26
2.7.6. Plastik jenis LDPE ( <i>Low Density Pholyethylene</i> ) .....	26
2.7.7. Pengikat Bitumen .....	27
2.7.8. <i>Metode Numerik</i> .....	29
2.7.8.1. <i>Validitas</i> .....	30
2.7.8.2. Analisis Kimia Aspal .....	31
2.8. Sifat Bahan <i>Aggregate Aspal Wearing Coarse</i> .....	33

2.9. Lapis Pengikat .....	35
2.10. Penelitian Terdahulu yang sejenis .....	36
BAB III METODOLOGI.....	44
3.1. Tipe Penelitian .....	44
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian.....	44
3.2.1. Bahan Penelitian .....	44
3.2.2. Peralatan Penelitian .....	45
3.3. Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian .....	46
3.4. Bagan Alir Program Kerja 3.1 .....	48
3.5. Metode Pengujian Perendaman Menerus dan Berkala .....	55
3.6. Metode Keawetan ( <i>Durability</i> ) .....	55
3.7. Aspal .....	56
3.8. Sifat-Sifat Campuran Aspal .....	56
3.8.1. Stabilitas.....	56
3.8.2. Kelelahan Plastis ( <i>Flow</i> ) .....	56
3.8.3. Marshall Quotient .....	57
3.9. <i>Laston Lapis Aus</i> (AC-WC).....	57
3.9.1. Air Rob (Air Pasang) .....	58
3.9.2. Pengujian Secara Kimiawi.....	59
3.9.3. Metode Analisis .....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	66
4.1. Pembuatan Kadar Aspal Optimum .....	66
4.2. Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ).....	69
4.3. Hasil Pengujian Bahan.....	75
4.3.1. Hasil Pengujian Air Rob dan Air Banjir.....	75
4.3.2. Hasil Pengujian Aspal Polimer (JAP 57).....	76
4.3.3. Hasil Pengujian Agregat .....	79
4.4. Pembuatan Benda Uji .....	85
4.5. Pemeriksaan Berat Jenis Campuran Maksimum GMM.....	86
4.6. Ekstraksi.....	87
4.7. Sifat-sifat Campuran Aspal Panas dengan Metode Marshall .....	89
4.8. Rekapitulasi Hasil Campuran Aspal.....	90
4.9. Gradasi Material Agregat.....	91
4.10. Rekapitulasi Sifat-sifat Campuran .....	92
4.11. Hasil Perendaman Berkala Air Banjir.....	93
4.11.1. Hasil Perendaman Berkala 1 LDPE 0% 24 Jam .....	93
4.11.2. Hasil Perendaman Berkala 2 LDPE 0% 36 Jam .....	95
4.11.3. Hasil Perendaman Berkala 3 LDPE 0% 48 Jam .....	98
4.11.4. Hasil Perendaman Berkala 4 LDPE 2% 24 Jam .....	100
4.11.5. Hasil Perendaman Berkala 5 LDPE 2% 36 Jam .....	103
4.11.6. Hasil Perendaman Berkala 6 LDPE 2% 48 Jam .....	105
4.11.7. Hasil Perendaman Berkala 7 LDPE 4% 24 Jam .....	107
4.11.8. Hasil Perendaman Berkala 8 LDPE 4% 36 Jam .....	110
4.11.9. Hasil Perendaman Berkala 9 LDPE 4% 48 Jam .....	112
4.11.10. Hasil Perendaman Berkala 10 LDPE 6% 24 Jam .....	115
4.11.11. Hasil Perendaman Berkala 11 LDPE 6% 36 Jam .....	117

4.11.12. Hasil Perendaman Berkala 12 LDPE 6% 48 Jam .....	120
4.12. Hasil Perendaman Menerus Air Banjir .....	122
4.12.1. Hasil Perendaman Menerus 1 LDPE 0% 7 hari.....	122
4.12.2. Hasil Perendaman Menerus 2 LDPE 0% 14 hari.....	125
4.12.3. Hasil Perendaman Menerus 3 LDPE 0% 21 hari.....	127
4.12.4. Hasil Perendaman Menerus 4 LDPE 2% 7 hari.....	129
4.12.5. Hasil Perendaman Menerus 5 LDPE 2% 14 hari.....	132
4.12.6. Hasil Perendaman Menerus 6 LDPE 2% 21 hari.....	134
4.12.7. Hasil Perendaman Menerus 7 LDPE 4% 7 hari.....	136
4.12.8. Hasil Perendaman Menerus 8 LDPE 4% 14 hari.....	139
4.12.9. Hasil Perendaman Menerus 9 LDPE 4% 21 hari.....	141
4.12.10. Hasil Perendaman Menerus 10 LDPE 6% 7 hari.....	143
4.12.11. Hasil Perendaman Menerus 11 LDPE 6% 14 hari.....	146
4.12.12. Hasil Perendaman Menerus 12 LDPE 6% 21 hari.....	148
4.13. Hasil Perendaman Berkala Air Rob.....	151
4.13.1. Hasil Perendaman Berkala 1 LDPE 0% 24 Jam .....	151
4.13.2. Hasil Perendaman Berkala 2 LDPE 0% 36 Jam .....	153
4.13.3. Hasil Perendaman Berkala 3 LDPE 0% 48 Jam .....	156
4.13.4. Hasil Perendaman Berkala 4 LDPE 2% 24 Jam .....	158
4.13.5. Hasil Perendaman Berkala 5 LDPE 2% 36 Jam .....	161
4.13.6. Hasil Perendaman Berkala 6 LDPE 2% 48 Jam .....	163
4.13.7. Hasil Perendaman Berkala 7 LDPE 4% 24 Jam .....	165
4.13.8. Hasil Perendaman Berkala 8 LDPE 4% 36 Jam .....	168
4.13.9. Hasil Perendaman Berkala 9 LDPE 4% 48 Jam .....	170
4.13.10. Hasil Perendaman Berkala 10 LDPE 6% 24 Jam .....	173
4.13.11. Hasil Perendaman Berkala 11 LDPE 6% 36 Jam .....	175
4.13.12. Hasil Perendaman Berkala 12 LDPE 6% 48 Jam .....	178
4.14. Hasil Perendaman Menerus Air Rob .....	180
4.14.1. Hasil Perendaman Menerus 1 LDPE 0% 7 hari.....	180
4.14.2. Hasil Perendaman Menerus 2 LDPE 0% 14 hari.....	183
4.14.3. Hasil Perendaman Menerus 3 LDPE 0% 21 hari.....	185
4.14.4. Hasil Perendaman Menerus 4 LDPE 2% 7 hari.....	188
4.14.5. Hasil Perendaman Menerus 5 LDPE 2% 14 hari.....	190
4.14.6. Hasil Perendaman Menerus 6 LDPE 2% 21 hari.....	193
4.14.7. Hasil Perendaman Menerus 7 LDPE 4% 7 hari.....	195
4.14.8. Hasil Perendaman Menerus 8 LDPE 4% 14 hari.....	198
4.14.9. Hasil Perendaman Menerus 9 LDPE 4% 21 hari.....	200
4.14.10. Hasil Perendaman Menerus 10 LDPE 6% 7 hari.....	202
4.14.11. Hasil Perendaman Menerus 11 LDPE 6% 14 hari.....	205
4.14.12. Hasil Perendaman Menerus 12 LDPE 6% 21 hari.....	207
4.15. Hasil Rekapitulasi .....	210
4.15.1. Hasil Rekapitulasi Perendaman Berkala Air Banjir.....	210
4.15.2. Hasil Rekapitulasi Perendaman Menerus Air Banjir .....	211
4.15.3. Hasil Rekapitulasi Perendaman Berkala Air Rob.....	212
4.15.4. Hasil Rekapitulasi Perendaman Menerus Air Rob .....	213
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	214
5.1. Kesimpulan .....	214

5.2. Saran ..... 214

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Persyaratan Agregat Kasar.....	11
Tabel 2.2.	Ketentuan Agregat Halus.....	11
Tabel 2.3.	Spesifikasi Pengujian Aspal.....	22
Tabel 2.4.	Penggunaan <i>Slag</i> .....	24
Tabel 2.5.	<i>Generally Equivalent Common Graded Of Unmodified Bitumen...</i>	29
Tabel 2.6.	Gradasi Agregat Lapis Drainase untuk <i>Wearing Coarse</i> .....	34
Tabel 2.7.	Sifat-Sifat Agregat Lapis Drainase untuk <i>Wearing Coarse</i> .....	34
Tabel 2.8.	Tabel Penelitian Terdahulu .....	36
Tabel 3.1.	Perhitungan Jumlah Sampel Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	49
Tabel 3.2.	Jumlah Benda Uji untuk Perendaman Menerus dan Berkala.....	50
Tabel 3.3.	Jumlah Benda Uji untuk Variasi Aspal Plastik .....	50
Tabel 3.4.	Jumlah Benda Uji untuk Agregat <i>Slag</i> .....	51
Tabel 3.5.	Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Keseluruhan Penelitian .....	51
Tabel 3.6.	Peran Elemen Non Logam (Sulphur) di Dalam Aspal .....	59
Tabel 3.7.	Ketentuan Syarat-Syarat Bahan untuk Campuran Beraspal Panas .	62
Tabel 4.1.	Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	66
Tabel 4.2.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 0% dan <i>Slag</i> 0% .....	69
Tabel 4.3.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 0% dan <i>Slag</i> 50% .....	69
Tabel 4.4.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 0% dan <i>Slag</i> 100% .....	70
Tabel 4.5.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 2% dan <i>Slag</i> 0% .....	70
Tabel 4.6.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 2% dan <i>Slag</i> 50% .....	71
Tabel 4.7.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 2% dan <i>Slag</i> 100% .....	71
Tabel 4.8.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 4% dan <i>Slag</i> 0% .....	72
Tabel 4.9.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 4% dan <i>Slag</i> 50% .....	72
Tabel 4.10.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 4% dan <i>Slag</i> 100% .....	73
Tabel 4.11.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 6% dan <i>Slag</i> 0% .....	73
Tabel 4.12.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 6% dan <i>Slag</i> 50% .....	74
Tabel 4.13.	Rancangan Campuran Aspal ( <i>Job Mix Design</i> ) LDPE 6% dan <i>Slag</i> 100% .....	74
Tabel 4.14.	Hasil Pemeriksaan Air Rob dan Air Banjir.....	75
Tabel 4.15.	Pengujian Aspal JAP 57 (Jaya Aspal Polymer) .....	77
Tabel 4.16.	Hasil Analisa Pembangian Butiran ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88) .....	79

Tabel 4.17.	Hasil Analisa Pembangian Butiran ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88).....	80
Tabel 4.18.	Hasil Analisa Pembangian Butiran ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88).....	81
Tabel 4.19.	Hasil Analisa Pembangian Butiran ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88).....	82
Tabel 4.20.	Hasil Analisa Perhitungan Kombinasi ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88).....	83
Tabel 4.21.	Kombinasi Agregat.....	84
Tabel 4.22.	Rincian Benda Uji .....	85
Tabel 4.23.	Pemeriksaan berat jenis campuran maksimum GMM (AASHTO – T.209 – 90).....	86
Tabel 4.24.	Hasil Gradasi Ekstraksi.....	87
Tabel 4.25.	Baca Grafik Gradasi Ekstraksi .....	88
Tabel 4.26.	Sifat-sifat Campuran Aspal Panas dengan Metode Marshall (SNI.06-2489-1991 / AASHTO T.245-90).....	89
Tabel 4.27.	Rekapitulasi Hasil Campuran Aspal.....	90
Tabel 4.28.	Gradasi Material Agregat.....	91
Tabel 4.29.	Gradasi Material Agregat.....	92
Tabel 4.30.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #1.....	93
Tabel 4.31.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #1.....	93
Tabel 4.32.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #2.....	96
Tabel 4.33.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #2.....	96
Tabel 4.34.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #3.....	98
Tabel 4.35.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #3.....	99
Tabel 4.36.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #4.....	101
Tabel 4.37.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #4.....	101
Tabel 4.38.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #5.....	103
Tabel 4.39.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #5 .....	103
Tabel 4.40.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #6.....	105
Tabel 4.41.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #6.....	106
Tabel 4.42.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #7.....	108
Tabel 4.43.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #7.....	108
Tabel 4.44.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #8.....	110
Tabel 4.45.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #8.....	110
Tabel 4.46.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #9.....	113
Tabel 4.47.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #9.....	113
Tabel 4.48.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #10.....	115
Tabel 4.49.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #10.....	116
Tabel 4.50.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #11.....	118
Tabel 4.51.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #11.....	118
Tabel 4.52.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #12.....	120
Tabel 4.53.	Hasil Perendaman Berkala Banjir #12 .....	121
Tabel 4.54.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #1 .....	123
Tabel 4.55.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #1 .....	123
Tabel 4.56.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #2 .....	125
Tabel 4.57.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #2 .....	125
Tabel 4.58.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #3 .....	127

Tabel 4.59.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #3 .....	128
Tabel 4.60.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #4 .....	130
Tabel 4.61.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #4 .....	130
Tabel 4.62.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #5 .....	132
Tabel 4.63.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #5 .....	132
Tabel 4.64.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #6 .....	134
Tabel 4.65.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #6 .....	135
Tabel 4.66.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #7 .....	137
Tabel 4.67.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #7 .....	137
Tabel 4.68.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #8 .....	139
Tabel 4.69.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #8 .....	139
Tabel 4.70.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #9 .....	141
Tabel 4.71.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #9 .....	142
Tabel 4.72.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #10 .....	144
Tabel 4.73.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #10 .....	144
Tabel 4.74.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #11 .....	146
Tabel 4.75.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #11 .....	147
Tabel 4.76.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #12 .....	148
Tabel 4.77.	Hasil Perendaman Menerus Banjir #12 .....	148
Tabel 4.78.	Hasil Perendaman Berkala Rob #1 .....	151
Tabel 4.79.	Hasil Perendaman Berkala Rob #1 .....	151
Tabel 4.80.	Hasil Perendaman Berkala Rob #2 .....	154
Tabel 4.81.	Hasil Perendaman Berkala Rob #2 .....	154
Tabel 4.82.	Hasil Perendaman Berkala Rob #3 .....	156
Tabel 4.83.	Hasil Perendaman Berkala Rob #3 .....	156
Tabel 4.84.	Hasil Perendaman Berkala Rob #4 .....	159
Tabel 4.85.	Hasil Perendaman Berkala Rob #4 .....	159
Tabel 4.86.	Hasil Perendaman Berkala Rob #5 .....	161
Tabel 4.87.	Hasil Perendaman Berkala Rob #5 .....	161
Tabel 4.88.	Hasil Perendaman Berkala Rob #6 .....	163
Tabel 4.89.	Hasil Perendaman Berkala Rob #6 .....	164
Tabel 4.90.	Hasil Perendaman Berkala Rob #7 .....	166
Tabel 4.91.	Hasil Perendaman Berkala Rob #7 .....	166
Tabel 4.92.	Hasil Perendaman Berkala Rob #8 .....	168
Tabel 4.93.	Hasil Perendaman Berkala Rob #8 .....	168
Tabel 4.94.	Hasil Perendaman Berkala Rob #9 .....	171
Tabel 4.95.	Hasil Perendaman Berkala Rob #9 .....	171
Tabel 4.96.	Hasil Perendaman Berkala Rob #10 .....	173
Tabel 4.97.	Hasil Perendaman Berkala Rob #10 .....	173
Tabel 4.98.	Hasil Perendaman Berkala Rob #11 .....	176
Tabel 4.99.	Hasil Perendaman Berkala Rob #11 .....	176
Tabel 4.100.	Hasil Perendaman Berkala Rob #12 .....	178
Tabel 4.101.	Hasil Perendaman Berkala Rob #12 .....	178
Tabel 4.102.	Hasil Perendaman Menerus Rob #1 .....	181
Tabel 4.103.	Hasil Perendaman Menerus Rob #1 .....	181
Tabel 4.104.	Hasil Perendaman Menerus Rob #2 .....	183
Tabel 4.105.	Hasil Perendaman Menerus Rob #2 .....	184
Tabel 4.106.	Hasil Perendaman Menerus Rob #3 .....	186



Tabel 4.107.	Hasil Perendaman Menerus Rob #3 .....	186
Tabel 4.108.	Hasil Perendaman Menerus Rob #4 .....	188
Tabel 4.109.	Hasil Perendaman Menerus Rob #4 .....	188
Tabel 4.110.	Hasil Perendaman Menerus Rob #5 .....	191
Tabel 4.111.	Hasil Perendaman Menerus Rob #5 .....	191
Tabel 4.112.	Hasil Perendaman Menerus Rob #6 .....	193
Tabel 4.113.	Hasil Perendaman Menerus Rob #6 .....	193
Tabel 4.114.	Hasil Perendaman Menerus Rob #7 .....	196
Tabel 4.115.	Hasil Perendaman Menerus Rob #7 .....	196
Tabel 4.116.	Hasil Perendaman Menerus Rob #8 .....	198
Tabel 4.117.	Hasil Perendaman Menerus Rob #8 .....	198
Tabel 4.118.	Hasil Perendaman Menerus Rob #9 .....	200
Tabel 4.119.	Hasil Perendaman Menerus Rob #9 .....	201
Tabel 4.120.	Hasil Perendaman Menerus Rob #10 .....	203
Tabel 4.121.	Hasil Perendaman Menerus Rob #10 .....	203
Tabel 4.122.	Hasil Perendaman Menerus Rob #11 .....	205
Tabel 4.123.	Hasil Perendaman Menerus Rob #11 .....	205
Tabel 4.124.	Hasil Perendaman Menerus Rob. #12 .....	207
Tabel 4.125.	Hasil Perendaman Menerus Rob #12 .....	208
Tabel 4.126.	Hasil Rekapitulasi Perendaman Berkala Air Banjir .....	210
Tabel 4.127.	Hasil Rekapitulasi Perendaman Menerus Air Banjir .....	211
Tabel 4.128.	Hasil Rekapitulasi Perendaman Berkala Air Rob .....	212
Tabel 4.129.	Hasil Rekapitulasi Perendaman Menerus Air Rob .....	213



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Marshall Compaction Hammer &amp; Alat Marshall Test</i> .....	23
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian .....	47
Gambar 3.2. Diagram Perendaman Menerus .....	53
Gambar 3.3. Diagram Perendaman Berkala.....	53
Gambar 3.4. Pengolahan Minyak Bumi Menjadi Aspal .....	60
Gambar 4.1. Sampel Benda Uji.....	86
Gambar 4.2. Perendaman berkala banjir #1 .....	93
Gambar 4.3. Perendaman berkala banjir #2 .....	95
Gambar 4.4. Perendaman berkala banjir #3 .....	98
Gambar 4.5. Perendaman berkala banjir #4 .....	100
Gambar 4.6. Perendaman berkala banjir #5 .....	103
Gambar 4.7. Perendaman berkala banjir #6 .....	105
Gambar 4.8. Perendaman berkala banjir #7 .....	107
Gambar 4.9. Perendaman berkala banjir #8 .....	110
Gambar 4.10. Perendaman berkala banjir #9 .....	112
Gambar 4.11. Perendaman berkala banjir #10 .....	115
Gambar 4.12. Perendaman berkala banjir #11 .....	117
Gambar 4.13. Perendaman berkala banjir #12 .....	120
Gambar 4.14. Perendaman menerus banjir #1 .....	122
Gambar 4.15. Perendaman menerus banjir #2 .....	125
Gambar 4.16. Perendaman menerus banjir #3 .....	127
Gambar 4.17. Perendaman menerus banjir #4 .....	129
Gambar 4.18. Perendaman menerus banjir #5 .....	132
Gambar 4.19. Perendaman menerus banjir #6 .....	134
Gambar 4.20. Perendaman menerus banjir #7 .....	136
Gambar 4.21. Perendaman menerus banjir #8 .....	139
Gambar 4.22. Perendaman menerus banjir #9 .....	141
Gambar 4.23. Perendaman menerus banjir #10 .....	143
Gambar 4.24. Perendaman menerus banjir #11 .....	146
Gambar 4.25. Perendaman menerus banjir #12 .....	148
Gambar 4.26. Perendaman berkala rob #1 .....	151
Gambar 4.27. Perendaman berkala rob #2 .....	153
Gambar 4.28. Perendaman berkala rob #3 .....	156
Gambar 4.29. Perendaman berkala rob #4 .....	158
Gambar 4.30. Perendaman berkala rob #5 .....	161
Gambar 4.31. Perendaman berkala rob #6 .....	163
Gambar 4.32. Perendaman berkala rob #7 .....	165
Gambar 4.33. Perendaman berkala rob #8 .....	168
Gambar 4.34. Perendaman berkala rob #9 .....	170
Gambar 4.35. Perendaman berkala rob #10 .....	173
Gambar 4.36. Perendaman berkala rob #11 .....	175
Gambar 4.37. Perendaman berkala rob #12 .....	178
Gambar 4.38. Perendaman menerus rob #1 .....	180
Gambar 4.39. Perendaman menerus rob #2 .....	183
Gambar 4.40. Perendaman menerus rob #3 .....	185

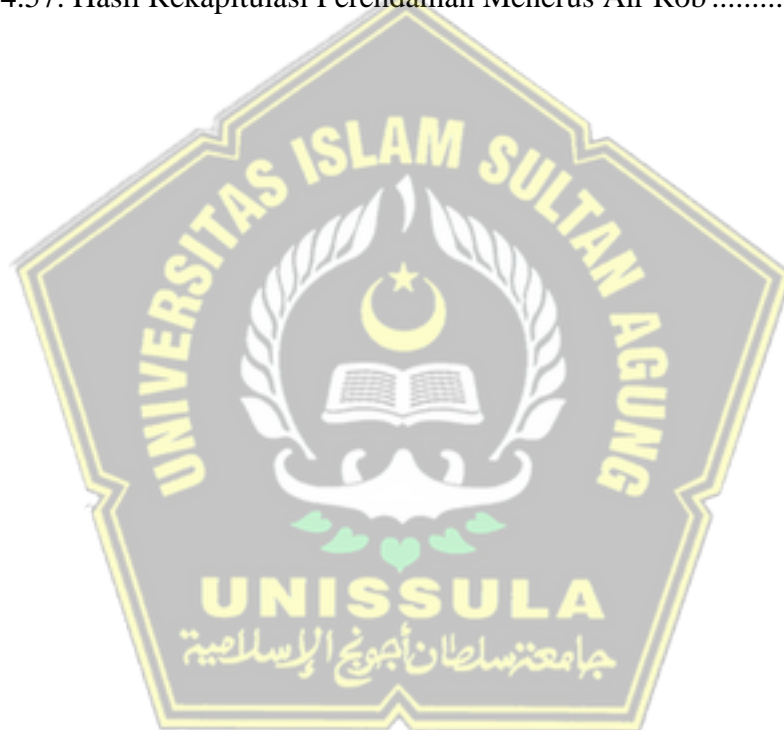
Gambar 4.41. Perendaman menerus rob #4 .....	188
Gambar 4.42. Perendaman menerus rob #5 .....	190
Gambar 4.43. Perendaman menerus rob #6 .....	193
Gambar 4.44. Perendaman menerus rob #7 .....	195
Gambar 4.45. Perendaman menerus rob #8 .....	198
Gambar 4.46. Perendaman menerus rob #9 .....	200
Gambar 4.47. Perendaman menerus rob #10 .....	202
Gambar 4.48. Perendaman menerus rob #11 .....	205
Gambar 4.49. Perendaman menerus rob #12 .....	207



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1. Skema Kurva Keawetan .....	9
Grafik 2.2. <i>Grafik Example Viscosity and Penetration grading of bitumen</i> .....	29
Grafik 3.1. Kurva Keawetan (Crus, J, et.al, 1981).....	55
Grafik 4.1. Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	68
Grafik 4.2. Hasil Pemeriksaan Air Rob dan Air Banjir .....	75
Grafik 4.3. Pengujian Aspal JAP 57 .....	78
Grafik 4.4. Grafik Kombinasi Agregat .....	84
Grafik 4.5. Grafik Gradasi Ekstraksi.....	88
Grafik 4.6. Perendaman berkala banjir #1 .....	95
Grafik 4.7. Perendaman berkala banjir #2 .....	97
Grafik 4.8. Perendaman berkala banjir #3 .....	100
Grafik 4.9. Perendaman berkala banjir #4 .....	102
Grafik 4.10. Perendaman berkala banjir #5 .....	104
Grafik 4.11. Perendaman berkala banjir #6 .....	107
Grafik 4.12. Perendaman berkala banjir #7 .....	109
Grafik 4.13. Perendaman berkala banjir #8 .....	112
Grafik 4.14. Perendaman berkala banjir #9 .....	114
Grafik 4.15. Perendaman berkala banjir #10 .....	117
Grafik 4.16. Perendaman berkala banjir #11 .....	119
Grafik 4.17. Perendaman berkala banjir #12 .....	122
Grafik 4.18. Perendaman menerus banjir #1.....	124
Grafik 4.19. Perendaman menerus banjir #2.....	126
Grafik 4.20. Perendaman menerus banjir #3.....	129
Grafik 4.21. Perendaman menerus banjir #4.....	131
Grafik 4.22. Perendaman menerus banjir #5.....	133
Grafik 4.23. Perendaman menerus banjir #6.....	136
Grafik 4.24. Perendaman menerus banjir #7.....	138
Grafik 4.25. Perendaman menerus banjir #8.....	140
Grafik 4.26. Perendaman menerus banjir #9.....	143
Grafik 4.27. Perendaman menerus banjir #10.....	145
Grafik 4.28. Perendaman menerus banjir #11.....	148
Grafik 4.29. Perendaman menerus banjir #12.....	150
Grafik 4.30. Perendaman berkala rob #1 .....	153
Grafik 4.31. Perendaman berkala rob #2 .....	155
Grafik 4.32. Perendaman berkala rob #3 .....	158
Grafik 4.33. Perendaman berkala rob #4 .....	160
Grafik 4.34. Perendaman berkala rob #5 .....	162
Grafik 4.35. Perendaman berkala rob #6 .....	165
Grafik 4.36. Perendaman berkala rob #7 .....	167
Grafik 4.37. Perendaman berkala rob #8 .....	170
Grafik 4.38. Perendaman berkala rob #9 .....	172
Grafik 4.39. Perendaman berkala rob #10 .....	175
Grafik 4.40. Perendaman berkala rob #11 .....	177
Grafik 4.41. Perendaman berkala rob #12 .....	180
Grafik 4.42. Perendaman menerus rob #1.....	182

Grafik 4.43. Perendaman menerus rob #2.....	185
Grafik 4.44. Perendaman menerus rob #3.....	187
Grafik 4.45. Perendaman menerus rob #4.....	190
Grafik 4.46. Perendaman menerus rob #5.....	192
Grafik 4.47. Perendaman menerus rob #6.....	195
Grafik 4.48. Perendaman menerus rob #7.....	197
Grafik 4.49. Perendaman menerus rob #8.....	199
Grafik 4.50. Perendaman menerus rob #9.....	202
Grafik 4.51. Perendaman menerus rob #10.....	204
Grafik 4.52. Perendaman menerus rob #11.....	206
Grafik 4.53. Perendaman menerus rob #12.....	209
Grafik 4.54. Hasil Rekapitulasi Perendaman Berkala Air Banjir .....	210
Grafik 4.55. Hasil Rekapitulasi Perendaman Menerus Air Banjir.....	211
Grafik 4.56. Hasil Rekapitulasi Perendaman Berkala Air Rob.....	212
Grafik 4.57. Hasil Rekapitulasi Perendaman Menerus Air Rob .....	213



# **PERILAKU ASPAL WEARING COURSE DENGAN BAHAN TAMBAH LOW DENSITY POLYETHYLENE DAN FINE AGGREGAT SLAG TERHADAP PENGARUH RENDAMAN AIR ROB DAN AIR BANJIR**

## **Abstrak**

Air rob memiliki kandungan tingkat keasaman, klorida dan kadar sulfat yang tinggi sehingga dapat melemahkan kemampuan lekat aspal dalam mempertahankan ikatan antar aspal baik kohesi atau pun adhesi. Sehingga akan terjadi perubahan bentuk atau deformasi saat perkerasan jalan tersebut dilewati. Dengan adanya permasalahan demikian tujuan dari penelitian ini antara lain untuk mendapatkan *job mix* formula aspal modifikasi dengan bahan tambah yang tahan terhadap rendaman air rob dan air banjir serta mengetahui perbandingan pengaruh perendaman terhadap keawetan dan durabilitas aspal modifikasi.

Salah satu cara mengatasi kerusakan aspal akibat rendaman air rob adalah dengan memodifikasi aspal menggunakan bahan tambah yaitu polimer. Polimer yang digunakan berupa limbah plastik *Polyethylene* (PE) dengan jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai substitusi aspal. *Steel Slag* juga dapat sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC – WC). Pada eksperimen yang dilakukan di laboratorium dicoba penggunaan bahan tambah plastik dengan kadar 0%, 2%, 4% dan 6% sedangkan untuk *slag* kadar yang digunakan 0%, 50%, dan 100%. Ada beberapa pengujian yang dilakukan seperti uji agregat lolos saringan, uji berat jenis maksimal, pemeriksaan sampel aspal, dan uji marshall untuk benda uji aspal yang sudah dibuat. Hasil pengujian tersebut didapatkan nilai kadar aspal yang digunakan untuk analisis data.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, komposisi terbaik pada *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi yang terendam air banjir dalam perendaman menerus adalah agregat Slag 50% dan LDPE 4% dan 6% sedangkan untuk *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi yang terendam air Rob dalam perendaman menerus adalah Slag 50% dan LDPE 6%.

**Kata Kunci:** *Air Pasang; Low Density Polyethylene; Steel Slag; Asphalt Concrete Wearing Course*

# **BEHAVIOR OF ASPHALT WEARING COURSE WITH LOW DENSITY POLYETHYLENE AND FINE AGGREGATE SLAG ADDITIONALS ON THE EFFECT OF ROB WATER SOAT AND FLOOD WATER**

## **Abstract**

Tidal water contains high levels of acidity, chloride and sulfate levels so that it can weaken the ability of asphalt adhesion to maintain bonds between asphalt both cohesion and adhesion. So there will be a change in shape or deformation when the pavement of the road is passed. With this problem, the purpose of this study is to obtain a job mix of modified asphalt formula with added materials that are resistant to tidal water and flood water baths and find out the comparison of the effect of immersion on the durability and durability of modified asphalt.

One way to overcome asphalt damage caused by tidal water baths is to modify the asphalt using added materials, namely polymers. The polymer used is in the form of Polyethylene (PE) plastic waste with a Low Density Polyethylene (LDPE) type as an asphalt substitute. Steel Slag can also be as a substitution of coarse aggregate in asphalt concrete wearing course (AC – WC) mixture. In experiments conducted in the laboratory, the use of plastic added materials with levels of 0%, 2%, 4% and 6% was tried while for slags the levels used were 0%, 50%, and 100%. There are several tests carried out such as the aggregate test passed the sieve, the maximum specific gravity test, the asphalt sample examination, and the marshall test for asphalt test objects that have been made. The test results obtained the value of the asphalt content used for data analysis

Based on the results obtained from this study, the best composition of the Modified Asphalt Concrete Wearing Course which was submerged in floodwater in continuous immersion was Slag 50% and LDPE 4% and 6% aggregate while for the Modified Asphalt Concrete Wearing Course which was submerged in Robust water in continuous immersion was 50% slag and 6% LDPE.

**Keywords:** *Tide; Low Density Polyethylene; Steel Slags; Asphalt Concrete Wearing Course*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Permasalahan yang terjadi pada perkerasan jalan raya di Indonesia saat ini adalah kerusakan yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang mengalami pertumbuhan jumlah kendaraan yang tinggi dan sangat cepat melampaui kemampuan layan perkerasan jalan, curah hujan yang tinggi dengan sistem drainase yang belum dikelola dengan tepat serta banjir air laut atau rob. Banjir air laut atau rob adalah permasalahan yang sering terjadi di daerah yang lebih rendah dari permukaan air laut, Salah satunya di daerah Semarang dan kabupaten Demak. Permasalahan ini telah cukup lama terjadi dan semakin parah karena terjadi penurunan muka tanah sedangkan air laut meninggi sebagai akibat pemanasan suhu bumi.

Karena air pasang berasal dari laut, ia memiliki konsentrasi keasaman, klorida, dan sulfat yang signifikan, yang dapat mengganggu kapasitas aspal untuk mempertahankan ikatan baik untuk kohesi maupun adhesi. Oleh karena itu, saat melewati trotoar jalan, akan terjadi perubahan bentuk atau deformasi.

Dengan adanya permasalahan pada perkerasan jalan di Semarang dan kabupaten Demak maka sangat penting untuk melakukan peningkatan kualitas dari perkerasan jalan agar dapat melayani beban lalu lintas kendaraan dengan baik serta mengatasi rendaman air rob. Kondisi perkerasan jalan yang baik tentunya akan memperlancar mobilitas dari kendaraan dan juga penghematan terhadap biaya perawatan jalan. muncul suatu ide untuk memberikan bahan tambahan pada perkerasan jalan untuk tujuan mengatasi masalah kerusakan jalan terhadap rendaman air rob. Untuk menghemat penggunaan agregat alami, perlu dicarikan bahan alternatif namun tetap menghasilkan mutu yang sesuai dengan syarat yang ditentukan. Bahan pengganti agregat alami yang akan dicoba pada penelitian ini adalah limbah baja (*Steel Slag*) dan limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*.



*Steel Slag* merupakan limbah yang berbentuk batuan kubikal dari mineral yang digunakan dalam pemurnian baja pada proses tanur tinggi. Limbah tersebut ketersediaannya sangat melimpah, bahkan pada tahun 2010 Indonesia menghasilkan limbah *slag* yang cukup tinggi sekitar 800 ribu ton/tahun.

Sampah plastik selalu menjadi masalah utama dalam pencemaran lingkungan. Sifat sampah plastik tidak mudah terurai, proses pengelolannya pun menimbulkan toksit dan bersifat karsinogenik, bahkan butuh waktu ratusan tahun untuk terurai secara alami. Diperkirakan 10% dari total sampah plastik dunia atau sekitar 0,48 – 1,29 juta metrik ton berakhir sebagai sampah lautan. Untuk pencemaran laut, Indonesia menduduki peringkat kedua setelah Cina sebagai penghasil sampah plastik laut terbesar di dunia. Penelitian dari UC Davis dan Universitas Hasanuddin yang dilakukan di pasar Paotere Makassar menunjukkan 23% sampel ikan yang diambil memiliki kandungan plastik diperutnya.

Dalam pengujian ini, penggantian bahan agregat alami pada perkerasan jalan dengan limbah baja (*Steel Slag*) dan limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* juga akan membantu mengurangi masalah – masalah lain yang ada di Indonesia.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Pada pekerjaan jalan, penggunaan *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi telah dilaksanakan di berbagai daerah di pulau Jawa. *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi ini menggunakan properti Aspal Polimer JAP – 57 (*Jaya Trade Polimer*) dengan metode pelaksanaan pengujian yang memenuhi persyaratan aspal tipe II B dalam spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

Permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh Air Rob pada perendaman menerus terhadap campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi pemanfaatan limbah baja (*Steel Slag*) dan limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*?
2. Bagaimana pengaruh Air Banjir pada perendaman menerus terhadap campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi pemanfaatan limbah baja (*Steel Slag*) dan limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*?

3. Bagaimana pengaruh Air Rob pada perendaman berkala terhadap campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi pemanfaatan limbah baja (*Steel Slag*) dan limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*?
4. Bagaimana pengaruh Air Banjir pada perendaman berkala terhadap campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi pemanfaatan limbah baja (*Steel Slag*) dan limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mendapatkan Job Mix Formula karakteristik *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi limbah baja (*Steel Slag*) dan limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* yang tahan terhadap air rob dan air banjir.
2. Mengetahui perbandingan pengaruh perendaman dengan air yang berasal dari air rob dengan air banjir terhadap keawetan (durabilitas) *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi.

### **1.4. Batasan Masalah**

Penelitian ini perlu dibatasi agar tidak menyimpang dari tujuan penelitiannya. Adapun beberapa lingkup penelitian ini terbatas pada ketentuan – ketentuan sebagai berikut:

1. Fraksi agregat kasar dan halus berasal dari laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bahan aspal menggunakan Aspal Polimer JAP – 57 (*Jaya Trade Polimer*)
3. Pencampuran menggunakan pedoman Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) revisi 2 dan campuran aspal yang dibuat adalah *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi.
4. Untuk mencari campuran campuran aspal ideal digunakan variasi kadar aspal 4; 4,5 ;5;5 ,5; 6.
5. Uji Marshall dan Uji Durabilitas Modifikasi dengan durasi perendaman 7 hari, 14 hari, dan 21 hari. Metode perendaman yaitu perendaman dengan pola menerus (*continuous*).

6. Uji Marshall dan Uji Durabilitas Modifikasi dengan durasi perendaman 24 jam, 36 jam, dan 48 jam. Metode perendaman yaitu perendaman dengan pola berkala/ siklik (*intermittent*).
7. Gradasi campuran aspal beton yang digunakan adalah berdasarkan pada gradasi agregat gabungan seperti ditunjukkan pada Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Revisi 2.
8. *Low Density Polyethylene (LDPE)* adalah bahan plastik yang paling umum digunakan. Karakter fisiknya sangat fleksibel dan mudah diaplikasikan ke berbagai permukaan. Jenis *Polyethylene* ini bisa ditemukan penggunaannya pada konstruksi, terpal pelindung, dan pelapis pada lahan agrikultur.
9. Sampel air rob untuk merendam benda uji diambil dari titik pengambilan yang masih tergenang oleh banjir rob, yaitu di lokasi Desa Sidogemah Sayung Demak.
10. Sampel air banjir untuk merendam benda uji diambil di lokasi Banjir Kanal Timur.
11. Bahan *steel slag* yang menjadi objek penelitian adalah hasil pemecahan dan penumbukan bongkahan besi yang diambil dari pusat pengolahan besi atau pemurnian logam di PT. Inti Baja Makmur Semarang.
12. plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* yang menjadi objek penelitian diambil dari plastik kresek yang ada kemudian potong dengan ukuran 9,5 mm x 9,5 mm atau 1 cm x 1 cm.
13. Uji kualitas air rob, sebagai bahan perendaman campuran perkerasan lapis permukaan *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* modifikasi, yang diuji hanya unsur kimia yang diindikasikan dapat merusak campuran perkerasan tersebut, seperti Ph, kadar klorida (Cl<sup>-</sup>), kadar sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), serta kadar alkalinitas terdiri dari anion bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), dan hidroksida (OH<sup>-</sup>).
14. Penelitian ini hanya dilakukan pada pengujian laboratorium.

## **1.5. Sistematika Penulisan**

Dalam melakukan penulisan penelitian ini akan digunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Memberikan gambaran tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan penelitian.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Menguraikan tentang adanya aspek legalitas dan teknis yang berkenaan langsung dengan analisis dalam penelitian ini. Penjabaran dan penguraian teori – teori yang digunakan sebagai bahan dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam penelitian.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Menguraikan tentang metode pelaksanaan penelitian mulai dari tahapan penelitian, lokasi penelitian, materi penelitian, alat survei, waktu serta tata cara dan proses pengumpulan data lapangan.

### **BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Membahas tentang hasil penelitian dan pembahsan tentang penelitian yang telah dilaksanakan.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta mengemukakan beberapa saran yang mungkin untuk dilakukan dalam mendukung penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Kerusakan jalan disebabkan antara lain karena beban lalu lintas berulang yang berlebihan (*overloaded*), panas atau suhu udara, air dan hujan, serta mutu awal produk jalan yang buruk. Oleh sebab itu disamping direncanakan secara tepat jalan harus dipelihara dengan baik agar dapat melayani pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana. Pemeliharaan jalan rutin maupun berkala perlu dilakukan untuk mempertahankan keamanan dan kenyamanan jalan bagi pengguna dan menjaga daya tahan atau keawetan sampai umur rencana (Zumrawi et al., 2016).

Untuk memastikan sejauh mana pelayanan jalan yang ada saat ini, diperlukan survei kondisi perkerasan struktural dan non-struktural secara berkala. Kerataan (kekasaran), kekasaran (tekstur), dan ketahanan selip adalah beberapa tujuan pemeriksaan non-struktural (fungsional). Program rehabilitasi dan pemeliharaan jalan dapat ditentukan dengan mengukur kerataan lapisan permukaan jalan (Pahlevi, 2019). Salah satu penyebab tingkat kerataan jalan belum banyak diukur dan dievaluasi di Indonesia adalah kurangnya peralatan yang tersedia. Pengecekan kerataan jalan secara rutin perlu dilakukan agar kerusakan yang perlu diperbaiki dapat teridentifikasi karena kerataan jalan berdampak pada keamanan dan kenyamanan pengguna jalan (White, 2019). Aspek yang paling krusial dalam pemilihan proyek adalah mengevaluasi jenis dan kondisi permukaan jalan eksisting, karena faktor-faktor tersebut akan menentukan nilai unit manfaat ekonomi dari perbaikan jalan.

#### **2.1. Banjir Rob dan Penyebabnya**

Menurut Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional (2012), rob didefinisikan sebagai pasang besar (tentang air laut atau sungai) yang menyebabkan luapan air laut. Fenomena banjir rob dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Pasang surut sendiri dipengaruhi gravitasi bulan dan matahari, serta dipengaruhi pula posisi bulan dan matahari terhadap bumi. Banjir ini biasa terjadi pada saat pasang air laut yaitu bertepatan dengan kejadian bulan baru dan bulan purnama.

Banjir rob ada diakibatkan oleh fenomena pasang surut air laut yang sering melanda wilayah pesisir. Istilah "banjir rob" pertama kali dicetuskan di wilayah Semarang yang merupakan lokasi yang sering terjadi banjir rob. Fenomena yang dikenal dengan pasang surut atau rob terjadi ketika air laut meluap ke darat. Pasang surut air laut merupakan penyebab banjir rob. Jenis banjir ini sering mempengaruhi muara sungai di sepanjang pantai atau lebih jauh ke hilir. Air sungai yang menumpuk biasanya akan tertahan oleh pasang air laut yang tinggi ini; akhirnya air yang tertahan akan bercampur dengan air laut yang meluap dan membanjiri daratan.

Banjir pasang air laut (rob) adalah suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Kenaikan muka air laut akibat pasang merupakan fenomena alam biasa dan bisa diprediksi.

## **2.2. Pengujian untuk mengavaluasi pengaruh air terhadap Campuran Panas**

Potensi keawetan dari campuran aspal dapat didefinisikan sebagai ketahanan campuran terhadap kelanjutan dan pengaruh kerusakan kombinasi akibat air dan suhu.

Penyebab utama kerusakan dan gagalnya pelayanan jalan pada perkerasan Fleksibel adalah rendahnya keawetan lapisan permukaan dan lapis antara serta lapis dasar aspal. Tingginya keawetan akan memenuhi sifat mekanik dari campuran dan memberikan umur pelayanan yang lebih lama. Beberapa metode yang digunakan dalam mengevaluasi pengaruh air terhadap campuran aspal yaitu,

### **a. Metode Pengujian Standar**

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menganalisa pengaruh air terhadap campuran perkerasan aspal adalah dengan pengujian Perendaman Marshall yang mana stabilitas dari benda uji ditentukan setelah satu hari perendaman di dalam air pada suhu 60 °C.

Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen, dan disebut Indeks Stabilitas Sisa (IRS), dan dihitung sebagai berikut :

$$IRS = \frac{MSi}{MSs} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

IRS = Indeks Stabilitas Sisa (%)

MSi = Stabilitas Marshall Standart (kg)

MSs = Stabilitas Marshall Perendaman (kg)

Spesifikasi Campuran Aspal Panas Mensyaratkan IRS harus lebih besar dari 80%.

**b. Metode Pengujian Perendaman Modifikasi**

Kriteria Perendaman 24 Jam ( satu hari ) tidak selalu menggambarkan sifat keawetan campuran setelah masa perendaman yang lebih lama.

**c. Indeks Durabilitas Pertama**

Dua indek yang diperoleh dimana indek tersebut sesuai kriteria diatas adalah :

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{Si - Si+1}{ti+1 - ti} \dots\dots\dots(2.2)$$

So = Nilai absolut dari kekuatan awal

Si = Persen kekuatan yang tersisa pada waktu ti (%)

Si+1 = Persen kekuatan yang tersisa pada waktu ti + 1 (%)

ti , ti + 1 = Waktu perendaman (mulai dari awal pengujian) (hari)

Sebagai contoh, kalau pengukuran diambil setelah 1, 3, 5 dan 7 hari perendaman, maka indeks kekuatan menjadi :

$$r = \frac{So - S1}{1} + \frac{So - S3}{2} + \frac{S3 - S5}{2} + \frac{S5 - S7}{2} \dots\dots\dots(2.3)$$

**d. Indeks Durabilitas Kedua**

Indeks kekuatan kedua didefinisikan sebagai luas kehilangan kekuatan rata-rata antara kurva keawetan dengan garis So = 100 %.

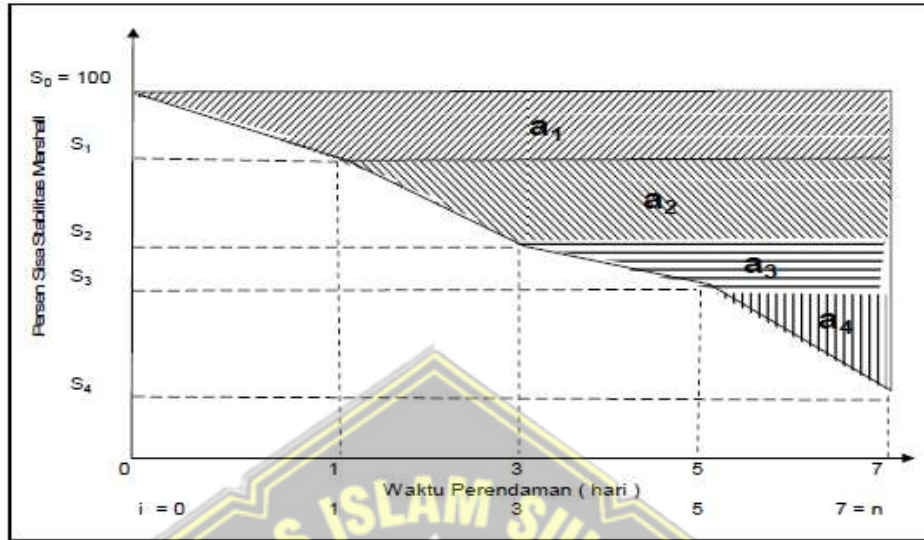
Indeks kekuatan kedua dinyatakan sebagai berikut ;

$$a = \frac{1}{tn} \sum_{i=1}^n a = \frac{1}{2tn} \sum_{i=0}^{n-1} (Si - Si + 1)[2tn - (ti + ti + 1)] \dots\dots\dots(2.4)$$

Indeks keawetan kedua juga dinyatakan sebagai suatu kehilangan kekuatan satu hari. Nilai positif dari (a) menunjukkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai negatif sebagai peningkatan kekuatan. Menurut definisinya, a < 100.

Karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentase kekuatan sisa satu hari (  $S_a$  ) sebagai berikut :

$$S_a = (100 - a) \dots\dots\dots(2.5)$$



Sumber : CRAUS, J. dkk., (1981)

Grafik 2.1. Skema kurva keawetan

### 2.3. Penyusun Perkerasan Jalan

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun ukuran yang kecil atau fragmen-fragmen. Komponen utama struktur perkerasan adalah agregat, yang berkisar antara 75 sampai 85 persen agregat berdasarkan persentase volume atau 90 sampai 95 persen agregat berdasarkan persentase berat. Akibatnya, sifat agregat dan hasil campurannya dengan bahan lain juga menentukan kualitas perkerasan jalan. Salah satu faktor yang menentukan daya dukung perkerasan jalan dalam mendukung beban lalu lintas dan ketahanan terhadap cuaca adalah sifat agregatnya. Faktor-faktor berikut mempengaruhi kualitas agregat sebagai bahan perkerasan jalan: kadar, kebersihan, kekerasan, ketahanan terhadap agregat, bentuk butiran, tekstur permukaan, porositas, kapasitas menyerap air, berat jenis, dan daya rekat pada aspal. banyak agregat dengan banyak pori-pori di dalamnya. yang lebih parah lagi karena banyak aspal yang terserap sehingga membuat aspal semakin tipis. Penentuan banyak pori ditentukan berdasarkan air yang dapat terabsorbsi oleh agregat. Nilai penyerapan itu sendiri



adalah perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan agregat pada kondisi kering, yang didapat dengan persamaan sebagai berikut :

Penyerapan Agregat Kasar

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 10\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Penyerapan Agregat Halus

$$= \frac{B_s}{B + B_s - B_t} \times 10\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

B : Berat piknometer berisi air, (gr)

Bt : Berat piknometer berisi benda uji dan air, (gr)

Bs : Berat sample, (gr)

Bj : Berat sample kering permukaan jenuh (gr)

Bk: Berat sample kering oven (gr)

### 2.3.1. Persyaratan Agregat

Berdasarkan jenis dan ukuran butirannya agregat dibedakan menjadi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*).

#### a. Agregat Kasar

Fraksi Agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan pada **tabel 2.1.** fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi sehingga menjamin keamanan lalu lintas. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut *angular* sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*, untuk itu nilai *los angles abrationtest* harus dipenuhi.

**Tabel 2.1.** Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12 %
	magnesium sulfat		Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles <sup>1)</sup>	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 <sup>*)</sup>
	Lainnya		95/90 <sup>**)</sup>
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

#### b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya kurang dari 2,36 mm pada saringan no. 8. Dengan saling mengunci antar butir, agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran; agregat halus juga mengisi celah antar butir. Pasir alam, batu pecah, atau kombinasi keduanya bisa menjadi bahan ini. Spesifikasi Divisi Bina Marga Tahun 2010 menetapkan persyaratan umum untuk agregat halus.

**Tabel 2.2.** Ketentuan Agregat halus

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

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

#### c. Filler (Bahan Pengisi)

Bahan pengisi adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Fungsi dari bahan pengisi adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga, memperkaku lapisan aspal. *Filler* yang dapat digunakan berupa abu batu debu atau semen Portland.

### 2.3.2. Gradasi Agregat

Stabilitas perkerasan dapat ditentukan dengan grading. Ukuran rongga antar butir, yang menentukan stabilitas dan kemudahan implementasi, biasanya dipengaruhi oleh gradasi agregat. Gradasi agregat dibedakan dengan:

#### a. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

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

#### b. Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

Gradasi rapat /*Dense Graded* adalah sebuah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus dalam porsi yang seimbang, sehingga sering disebut juga gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Agregat dikatakan bergradasi baik jika persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi :

$$P = 100 (d/D)^{0.45} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

P = Persen lolos saringan dengan bukaan d mm (%)

d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan (%)

D = Ukuran maksimum partikel dalam gradasi terbuka (%)

Lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, impermeabilitas rendah, drainase buruk, dan berat satuan besar akan dihasilkan dari agregat dengan gradasi padat.

#### c. Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara agregat bergradasi seragam dan agregat bergradasi rapat.

### 2.3.3. Anti Stripping

Meningkatkan pelapisan aspal dengan agregat walau dalam keadaan basah meningkatkan ikatan atau bonding anti penuaan serta memperpanjang umur jalan 3 - 4 tahun itu adalah keuntungan dari penambahan *Anti Striping Agent* atau bahan anti pengelupasan. Namun pastinya *Anti Striping Agent* ini memiliki kekurangan yaitu harga dari *Anti Striping Agent* ini yang relatif mahal. Cara penggunaannya dengan menambahkan Bahan *Anti Stripping Agent* ini dalam bentuk cairan kedalam campuran agregat dengan menggunakan pompa penakar (*dozing pump*) pada saat proses pencampuran basah di pugmil. Kuantitas pemakaian bahan anti pengelupasan dalam rentang 0,1% - 0,3 % terhadap berat aspal. Anti *stripping* harus digunakan untuk semua jenis aspal tetapi tidak boleh tidak digunakan pada aspal modifikasi yang bermuatan positif. Adapun jenis-jenis anti stripping agent adalah :

#### a. *Derbo – 401*

*Derbo* adalah bahan anti pengupasan India. Anti pengelupasan ini sudah lama diimpor ke negara ini. Mereka sudah tersedia untuk penggunaan asli, dan karena situasinya sangat menantang untuk meningkatkan kinerja konstruksi jalan raya, ini dapat digunakan untuk mendapatkan keuntungan. Pabrikan terbaik, IIP-Dehradun, SIIR-Delhi, dan CRRI-New Delhi, menguji anti-stripping ini. Jumlah bahan anti pengupasan jenis *Derbo-401* yang digunakan dalam campuran Hotmix kira-kira 0,1 sampai 0,4% berat aspal. Sebaliknya, penggunaannya untuk perbaikan jalan berkisar antara 0,2 persen sampai 0,5% berat aspal.

Penggunaan *Derbo* ini diyakini dapat memberi keuntungan antara lain sebagai berikut :

1. Meningkatkan stabilitas *Marshall* sisa pada daerah dengan curah hujan tinggi
2. Menghemat lebih dari 50 % biaya maintenance
3. Membantu konstruksi jalan pada kondisi iklim lembab.
4. Harga yang cenderung lebih efektif jika dibandingkan dengan anti pengelupasan lainnya.
5. Mengurangi kebutuhan dari agregat halus dalam campuran.

b. *Morlife 2200*

*Morlife 2200* adalah sebuah jenis anti pengelupasan dengan performa tinggi berdasarkan ilmu – ilmu kimia yang baru dan inovatif. *Morlife 2200* meningkatkan ikatan – ikatan antara aspal dan agregat, mengatasi masalah-masalah yang terjadi dengan *adhesi* campuran yang lemah. Campuran aspal yang menggunakan *Morlife 2200* ini akan memperlihatkan peningkatan daya tahan dan uap sehubungan dengan kerusakan dan pengelupasan. Uap dalam kadar rendah dari *morlife 2200* ini merupakan sebuah perbaikan kemajuan yang *dramatikal* dibandingkan dengan aditif lainnya, dan tidak ditemukannya uap yang tercipta dalam proses pencampuran. *Morlife 2200* disimpan pada suhu lingkungan yaitu 20 – 250C ( 68-770F ).

c. *Wetfix – BE*

*Wetfix* merupakan salah satu jenis anti stripping yang memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi. Ini juga cukup mahal, menambah sedikit campuran aspal, dan memiliki stabilitas yang baik.

*Wetfix BE* ini memiliki beberapa kegunaan, antara lain :

- 1) Memperpanjang waktu pelapisan ulang *Hotmix*.
- 2) Biaya perawatan yang lebih rendah.
- 3) Memungkinkan seleksi jenis agregat yang lebih luas.
- 4) Meminimalkan kerusakan oleh air.

Pada penelitian ini *anti stripping agent* yang digunakan adalah jenis *DERBO-101*. *Anti Stripping* jenis ini berfungsi untuk membantu mengurangi kerusakan perkerasan yang diakibatkan oleh hujan dan kelembaban. *Anti Stripping* ini telah juga telah diuji oleh *IIP- Dehradun*, *SIIR-Delhi*, dan *CRRI-New Delhi* yang menghasilkan produk – produk terbaik. Untuk campuran *Hotmix*, penggunaan *Anti Stripping Agent* jenis *DERBO 101* ini berkisar 0.1% - 0.4% dari berat *bitumen*. Sementara untuk perbaikan jalan, penggunaannya berkisar 0.2 % - 0.5% dari berat *bitumen*.

Penambahan bahan anti pengelupasan juga sangat berpengaruh terhadap nilai karakteristik *Marshall* seperti :

- 1) Kepadatan atau *Density*.
- 2) Rongga antar agregat atau *Voids Mineral Agregat (VMA)*.
- 3) Rongga udara atau *Void In Mix (VIM)*.
- 4) Rongga terisi aspal atau *Void Filled with Bitumen (VFB)*.
- 5) Stabilitas atau *Stability*.
- 6) Kelelehan plastis atau *Flow*.
- 7) Hasil bagi *marshall* atau *Marshall Quontient (MQ)*.

Penggunaan *DERBO-101* ini diyakini dapat memberi keuntungan antara lain :

- 1) Meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat, mengatasi masalah-masalah yang terjadi dengan *adhesi* campuran yang lemah sehingga dapat memperpanjang waktu pelapisan ulang.
- 2) Menghemat lebih dari 50 % biaya *maintenance*.
- 3) Meminimalkan kerusakan oleh air.
- 4) Harga yang cenderung lebih murah jika dibandingkan dengan aditif anti pengelupasan lainnya.
- 5) Mengurangi kebutuhan agregat halus dalam campuran dan memungkinkan seleksi jenis agregat yang lebih luas.

#### **2.3.4. Karakteristik Campuran Aspal Beton**

Beton aspal dibuat dari agregat, aspal, dan bahan-bahan lain yang dicampur secara merata atau homogen pada suhu tertentu di dalam sebuah *mixing plant*. Setelah itu campuran tersebut didispersikan dan dipadatkan untuk menghasilkan beton aspal yang padat.

Perhitungan yang biasa digunakan pada campuran aspal beton adalah :

##### **1. Berat Jenis *Bulk* Beton Aspal Padat (Gmb)**

Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat (Gmb) dapat diukur dengan menggunakan hukum *Archimedes*, yaitu :

$$Gmb = \frac{\text{Berat Uji Kering}}{\text{Berat Uji Kering Permukaan} - \text{Berat Uji dalam Air}} \dots\dots\dots(2.9)$$

2. Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan (Gmm)

Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan (Gmm) adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa ada udara, yang diperoleh dari pemeriksaan di laboratorium.

$$Gmm = \frac{100}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Gmm = Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/cc)

Pb = Jumlah Aspal, % terhadap Total Berat Campuran

Ps = Jumlah Agregat, % terhadap Total Berat Campuran

Gb = Berat Jenis Aspal (gr/cc)

GSe = Berat Jenis Efektif Agregat

3. Rongga diantara mineral agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat (VMA = *voids in the mineral aggregate*), adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots(2.10)$$

Gmb = Berat Jenis Bulk Campuran (gr)

Gsb = Berat Jenis Efektif Agregat (gr)

Ps = Jumlah Agregat, % terhadap Total Berat Campuran(%)

4. Rongga di dalam campuran (VIM)

Jumlah pori antara butiran agregat yang tertutup aspal dalam beton aspal padat (VIM) adalah jumlah pori. Nilai VIM dinyatakan sebagai persentase berat volume beton aspal.

$$VIM = 100 - \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots(2.11)$$

Gmm = Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/cc)

Gmb = Berat Jenis Bulk Campuran (gr/cc)

VIM = Rongga udara dalam campuran, persen terhadap volume campuran (%)

5. Rongga terisi aspal (VFA)

Banyaknya pori-pori antara butir agregat (VMA) didalam beton aspal padat, yang terisi aspal, dinyatakan sebagai VMA. Persentase pori antar butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA. Jadi, VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terarbsorbsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal. Dasar perhitungan dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat.

$$VFA = \frac{100.(VMA-VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.12)$$

VIM = Rongga udara dalam campuran, persen terhadap volume campuran (%)

VMA = Pori Butir agregat di dalam beton aspal, % dari volume *bulk* beton aspal (%)

VFA = Pori antar butir Agregat yang terisi Aspal % dari VMA (%)

**2.3.5. Penentuan Kadar Aspal Optimum**

Penentuan kadar aspal optimum menurut SNI-06-2490-1991 dengan rumus ;

$$B = \frac{(W1-W2)-(W3+W4)}{VMAW1-W2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.13)$$

B = Kadar Aspal (%)

W1 = Berat benda uji (gr)

W2 = Berat air dalam benda uji (gr)

W3 = Berat mineral hasil ekstraksi (gr)

W4 = Berat mineral halus yang tertinggal dalam filtrat (gr)

Dengan adanya kemungkinan naiknya permukaan air laut akibat pemanasan global, diperkirakan banjir rob ini akan berdampak lebih besar lagi di masa mendatang. Masyarakat, khususnya yang tinggal di pesisir pantai, sangat menderita akibat terjadinya banjir rob. Dengan genangan air hujan, banjir kiriman, dan banjir lokal akibat saluran drainase yang tidak terawat, banjir rob di wilayah pesisir akan semakin parah. Banjir rob berdampak pada terganggunya aktivitas sehari-hari seperti pekerjaan rumah tangga, akses jalan yang sulit, dan penggunaan sarana dan



prasarana yang lebih sulit. Akibat abrasi pantai, banjir rob menyebabkan rusaknya infrastruktur pantai. Akibatnya, penduduk pesisir akan kehilangan tempat tinggal dan mata pencaharian. Penggunaan lahan, khususnya lahan produktif, merupakan salah satu dampak dari banjir rob. Perubahan lingkungan fisik akibat banjir rob (rob) telah memberikan tekanan terhadap masyarakat, bangunan, dan infrastruktur permukiman di kawasan tersebut.

Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Abdullah et al., 2017), dampak yang ditimbulkan oleh banjir rob antara lain :

- a) Kerusakan bangunan tempat tinggal karena selain menggenangi permukaan lantai dan halaman, banjir rob bersifat korosi dan merusak pada bangunan.
- b) *Salinitas* (keasinan) air yang disebabkan semakin luas dan lama genangan banjir rob, sehingga mempengaruhi kualitas air tanah dan air permukaan.
- c) Kehilangan lahan disebabkan banjir rob yang semakin tinggi sehingga banyak lahan di pesisir pantai tenggelam dan tidak dapat lagi dimanfaatkan.
- d) Kerusakan kendaraan dan peralatan kerja disebabkan karena banjir rob bersifat korosi.

#### **2.4. Pengaruh Air Rob pada Campuran Aspal**

Kandungan air rob tentunya akan berbeda dengan air laut. Hal ini disebabkan karena air rob telah masuk ke daratan sehingga telah bercampur dengan zat-zat atau material lain yang berada di daratan yang dilewatinya. Air laut sendiri memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat 35 gram garam (namun tidak seluruhnya garam dapur atau NaCl). Sifat fisik air laut, seperti *densitas*, *kompresibilitas*, titik beku, dan suhu saat densitasnya mencapai maksimum, agak terpengaruh tetapi tidak ditentukan oleh adanya garam. *Viskositas* dan penyerapan cahaya adalah dua sifat yang tidak terpengaruh oleh *salinitas*. Daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmotik merupakan dua sifat yang sangat dipengaruhi oleh jumlah garam di laut (*salinitas*).

Air laut terutama terdiri dari *klorida* (55 %), *natrium* (31 %), *sulfat* (8 %), *magnesium* (4 %), *kalsium* (1 %), *kalium* (1 %), dan kurang dari 1% *bikarbonat*, *bromida*, *asam borat*, *strontium*, dan *fluorida*. Pelapukan batuan berbasis daratan, gas vulkanik, dan lubang *hidrotermal* yang bersirkulasi di laut dalam adalah tiga sumber utama garam di laut.

Menurut temuan penelitian yang dilakukan oleh Riyadi (2011), lama waktu campuran aspal polimer dan non polimer terendam air pasang surut dapat berpengaruh pada kinerja campuran berupa penurunan durabilitas atau durabilitas campuran yang ditandai dengan meningkatnya rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat mineral (VMA), dan pelelehan, serta penurunan stabilitas dan Marshall Quotient (MQ).

Sementara itu (Zumrawi et al., 2015) menunjukkan dalam penelitiannya bahwa nilai stabilitas dan daya tahan campuran akan dipengaruhi oleh tingkat keasaman air yang digunakan untuk merendamnya. Kestabilan dan keawetan yang dihasilkan semakin berkurang nilai keasaman air yang digunakan. Prabowo menambahkan, nilai stabilitas dan durabilitas campuran aspal juga dipengaruhi oleh waktu perendaman. Nilai kestabilan dan keawetan campuran beraspal akan semakin menurun seiring bertambahnya waktu perendaman dalam air.

## **2.5. Laston Lapis Aus (AC – WC)**

*Laston Lapis Aus* (AC-WC) adalah lapisan penutup bernilai struktural yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan. Agregat bergradasi kontinu dan aspal keras dicampur, disebarakan, dan juga dipadatkan pada suhu tertentu untuk membuat campuran ini. Laston adalah lapisan aspal keras dan agregat yang digunakan untuk membangun sebuah jalan. Itu dicampur, disebarakan, dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menciptakan gradasi yang berkelanjutan. Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, tetapi AC-BC dan AC-WC adalah yang diteliti dalam penelitian ini. Lapisan di bawah lapisan keausan adalah Laston sebagai lapisan pengikat (Binder Course). Meski tidak dipengaruhi cuaca secara langsung, roda kendaraan harus memiliki ketebalan nominal minimal 5 sentimeter agar dapat menopang beban lalu lintas.

Sebaliknya, Laston sebagai lapisan keausan (*Wearing Course*) merupakan lapisan perkerasan yang memiliki kekasaran yang dipersyaratkan dan tebal nominal minimal 4 cm. Ini tahan air, tahan cuaca, dan terkait dengan ban kendaraan. Berupa beban kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (gaya horizontal), dan hembusan roda kendaraan (getaran), lapisan-lapisan ini berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan-lapisan di bawahnya. Setiap lapisan menerima beban yang berbeda karena bagaimana beban didistribusikan, dan semakin besar bebannya, semakin rendah bebannya. Lapisan atas, juga dikenal sebagai lapisan permukaan, harus mampu menangani segala jenis beban kerja. Akibatnya, lapisan permukaan melayani tujuan berikut:

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut
3. Lapis *aus*, lapisan yang langsung menerima gesekan akibat gaya rem dari kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang ada di bawahnya.

Untuk dapat memenuhi fungsi-fungsi tersebut di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap terhadap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

Menurut (Rahim et al., n.d.), di dalam aspal tersusun atas dua jenis kimia yang dominan, yaitu *asphaltenes* dan *maltenes*. *Asphaltenes* adalah merupakan senyawa berwarna hitam atau coklat tua yang mengandung *Carbon*, *Hidrogen*, sedikit *Nitrogen*, *Sulfur* dan *oksigen*. Senyawa *Asphaltenes* yang tinggi akan menyebabkan aspal menjadi keras ditunjukkan dengan nilai penetrasi yang rendah. Biasanya kandungan *asphaltenes* berkisar antara 5% - 25%. Sedang pada *Maltenes* mengandung senyawa *saturates*, *aromatic* dan *resins*. Kandungan *resins* dalam aspal ini akan menyebabkan adhesi aspal menjadi lebih kuat. *Aromatic* adalah molekul aspal yang paling ringan dan paling banyak terkandung dalam aspal yaitu pada kisaran 40% - 65%. *Saturates* bersama-sama dengan *Alkaline Neptane* dan

sedikit *Alkaline Aromatic* merupakan cairan minyak non-polar berwarna putih bening.

## **2.6. Material Penyusun Perkerasan Jalan**

Batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya, alami atau buatan, dalam bentuk mineral padat dalam ukuran atau fragmen besar atau kecil dikenal sebagai agregat. Komponen utama struktur perkerasan adalah agregat, yang berkisar antara 75 sampai 85 persen agregat berdasarkan persentase volume atau 90 sampai 95 persen agregat berdasarkan persentase berat. Akibatnya, sifat agregat dan hasil campurannya dengan bahan lain juga menentukan kualitas perkerasan jalan. Salah satu faktor yang menentukan daya dukung perkerasan jalan dalam mendukung beban lalu lintas dan ketahanan terhadap cuaca adalah sifat agregatnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas agregat sebagai bahan perkerasan jalan adalah: kadar, kebersihan, kekerasan, ketahanan terhadap agregat, bentuk butiran, tekstur permukaan, porositas, daya serap air, berat jenis, dan daya lekat aspal. Aspal yang terserap akan menghasilkan aspal yang lebih tipis, agregat dengan kandungan pori yang tinggi akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Jumlah air yang dapat diserap oleh agregat digunakan untuk menentukan jumlah pori.

## **2.7. Spesifikasi Gradasi Agregat Lapis (AC – WC)**

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang kaku dan keras. Agregat dengan kualitas dan mutu yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi :

### 2.7.1. Aspal

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera dalam tabel 2.3.

**Tabel 2.3.** Spesifikasi Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25° C, 100 gr, 5	SNI 06-2456-1991	50 – 80
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	≥ 54
3.	Indeks penetrasi	-	≥ - 1,0
4.	Daktilitas pada 25° C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 150
5.	Titik nyala	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
7.	Berat yang hilang	SNI 06-2440-1991	≥ 0,8

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.)

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat *viskoelastis* sehingga akan melunak dan mencair. Sifat *viskoelastis* inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat pada tempatnya selama produksi dan masa pelayanan konstruksi jalan, Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai *hidrokarbon* yang disebut *bitmen*.

### 2.7.2. Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode *Marshall*

Pengujian *Marshall* adalah metode laboratorium perkerasan jalan paling umum atau biasa untuk digunakan untuk memeriksa kinerja campuran panas (*hot mix*) yaitu dengan mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan plastis atau *flow* campuran beraspal dengan menggunakan alat *Marshall*. Konsep ini dikembangkan oleh Bruce Marshall pada tahun 1939, seorang insinyur bahan aspal bersama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian penelitian ini dilanjutkan oleh *The U.S. Army Corps of Engineers*, dengan lebih ekstensif dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran.

Agregat dan aspal dipadatkan pada suhu 280 30 centistokes (cst) dan dipanaskan sampai viskositas 170 20 centistokes (cst) untuk keperluan pencampuran. Marshall Compaction Hammer adalah alat yang digunakan dalam proses pemadatan (Gambar 2.2). Pada laju pembebanan konstan 51 mm/menit, benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 64 mm dan diameter 102 mm diuji hingga gagal pada temperatur 60°C 1°C. Stabilitas Marshall adalah beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji sebelum dihancurkan, dan aliran Marshall adalah besarnya deformasi yang terjadi pada benda uji sebelum dihancurkan. Marshall Quotient, yang merupakan ukuran ketahanan material terhadap deformasi, dibandingkan dengan stabilitas dan aliran. permanen. Mesin uji Marshall adalah alat yang digunakan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.1.** Marshall Compaction Hammer & Alat Marshall Test

Kepadatan, stabilitas, kelelahan, *Marshall Quotient* (MQ), persentase rongga dalam campuran (VIM), persentase rongga yang diisi dengan aspal (VFA), dan persentase rongga (VMA) dalam agregat berasal dari uji Marshall.

### 2.7.3. Slag Hasil Sampingan Proses Pemurnian Logam Pada Tanur Tinggi

Dalam proses pemrosesan besi, "slag" adalah bahan non-logam yang biasanya diperoleh dari terak tanur tinggi. Karena berat jenis terak lebih rendah daripada besi itu sendiri, terak mengapung di atas besi cair yang panas. Ini akan membuatnya lebih mudah untuk memisahkan terak dan besi cair, memastikan bahwa besi cair yang dihasilkan bebas dari kotoran terak. Berbagai sumber (Pustrans, 1996)

mengklaim bahwa volume terak yang dihasilkan selama operasi pengolahan besi atau pemurnian logam bisa tiga kali lipat dari volume besi cair yang dihasilkan. *Slag*, juga dikenal sebagai lump *slag*, merupakan produk sampingan atau produk limbah yang dihasilkan dari proses pemurnian logam yang dilakukan di tungku bersuhu tinggi. Menurut beberapa penelitian, *slag*, produk sampingan, dapat digunakan sebagai agregat untuk timbunan jalan, stabilisasi tanah, base course, pondasi atas, dan campuran aspal lapis permukaan.

#### 2.7.4. Penggunaan *Slag* untuk Perkerasan Jalan

Sebenarnya, orang sudah mengetahui tentang slag sejak lama, dan aplikasinya sangat beragam mulai dari menstabilkan tanah dasar, lapisan dasar granular dan aspal, dan campuran aspal, hingga lainnya. Tabel 2.4 menampilkan beberapa hasil kajian yang telah dilakukan tentang cara penggunaan material slag.

Tabel 2.4. Penggunaan *slag*

No	Asal Slag	Produksi /Ton (tahun)	Hasil	Keterangan
1	Peleburan bijih tembaga PT Petro Kimia Gresik, Jawa Timur	± 290.000 (th. 1994)	Kandungan kimia dominan FeSiO <sub>4</sub> Digunakan untuk Laston, dgn Stabilitas Marshall 1358 kg, Marshall kuosien 526 kg/	Tanpa diberikan bahan tambah.
2	Peleburan bijih besi Krakatau Steel Cilegon, Banten	> 50.000 (th.1985)	Kandungan kimia: - CaO : 13,69 - 46,37% ; - SiO <sub>2</sub> 14,55 - 23,98% Kelekatan terhadap aspal < 95% Penggunaan: - Stabilisasi Tanah: menaikkan nilai CBR	Untuk Lapen Macadam meng hasilkan permu

			<p>dari 1% ke 4,7% (30% slag)</p> <p>- Digunakan pada Lapis pondasi, Lapis Pondasi atas, Lapis Macadam dan Sebagai filler pada Laston</p>	<p>kaan yang tajam diperlukan perbaikan proses pendinginan slag</p>
3	<p>Peleburan bijih nickel Luwu, Sulawesi Selatan</p>	<p>3,528 juta (th.1996)</p>	<p>Kelekatan terhadap aspal &gt;95%; Penyerapan terhadap air 0,97; Berat Jenis : bulk 3,31; semu 3,31</p> <p>Keausan 9,95. Thn 1996 digunakan untuk Japat. Dapat digunakan untuk Lap pondasi, Lap Pondasi atas, Lap beraspal</p>	<p>Penggunaan untuk campuran beraspal tidak diperlukan bahan tambah</p>
4	<p>Peleburan bijih nickel PT Aneka Tambang Pomalaa Sulawesi Tenggara</p>	<p>864.000 (th.2000)</p>	<p>Kelekatan terhadap aspal &gt;95% Penyerapan terhadap air 0,69; Berat Jenis Bulk 3,19; Semu 3,36; dan Keausan 16,67</p> <p>Dicoba digunakan utk Lasbutag dingin dengan</p> <p>Stabilitas 822 kg, Marshall kuosieon 375 kg/mm pada kadar aspal 7,2% ; Laston panas dg Stabilitas 1245 kg, Marshall kuosien 319 kg/mm, MR : 2023 Mpa pada kadar aspal 6,55%</p>	<p>Penggunaan sebelumnya adalah untuk reklamasi pantai</p>



### **2.7.5. Polypropylene**

Setelah PE dan PVC, *polipropilen* adalah polimer yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Nama kimia untuk *polypropylene*, atau PP, adalah  $(C_3H_6)_x$ . Sebagian besar polipropilen komersial bersifat isotatik dan mengkristal pada tingkat antara polietilen densitas rendah dan polietilen densitas tinggi. *Polypropylene*, juga dikenal sebagai *polypropene* (PP), adalah polimer termoplastik yang diproduksi oleh industri kimia yang digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti: pengemasan, tekstil (seperti karpet, tali, dan pakaian dalam termal), alat tulis, berbagai wadah untuk peralatan rumah tangga, dan tangga yang dapat digunakan kembali (seperti ember plastik, gelas, dan toples), suku cadang mobil, pengeras suara, peralatan laboratorium, dan uang kertas polimer. Permukaan polimer tambahan ini, yang terdiri dari monomer propilena, tidak rata dan kurang tahan dengan pelarut kimia seperti basa dan asam. *Polypropylene* biasanya dapat didaur ulang. Menurut Nurminah (2002), PP adalah film dengan kekuatan impak dan sobek yang baik, bersifat fleksibel, transparan, dan lembut. Pada suhu  $150^\circ\text{C}$ , PP yang telah dipanaskan akan menjadi lunak dan meleleh. Polypropylene memiliki sifat berikut: kekakuan tinggi, kekuatan, stabilitas dimensi, ketahanan terhadap panas dan bahan kimia, dan sifat listrik yang baik. Penyerapan air dan uap rendah dalam PP. Pada suhu  $150^\circ\text{C}$ , proses ekstrusi (disebut juga peleburan) dapat digunakan untuk memproses PP. Itu juga dapat diproses menggunakan metode cetakan tiup atau cetakan injeksi. Menurut Mujiarto (2005), botol PP dapat dibuat lebih tipis dari botol PE karena kekuatannya yang lebih unggul.

### **2.7.6. Plastik jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*)**

Menurut (Sasidharan et al., 2019) *Polyethylene* memiliki sifat kristalinisasi yang tinggi dan gaya tarik antar molekul yang kuat sehingga kekuatan mekanik yang dimilikinya juga besar. Kekuatan mekanik ini dapat memberikan kontribusi pada peningkatan kuat tekan paving block yang dihasilkan. Selain itu polietilen juga memiliki struktur yang tidak berpori (Susah ditembus air) sehingga dapat menurunkan daya serap air pada paving block. *Polietilen* pada proses polimerisasinya digolongkan menjadi *polietilen* tekanan tinggi, tekanan medium, dan tekanan rendah (LDPE).

*Low density Polyethylene* (LDPE) adalah plastik yang terbuat dari minyak bumi dengan rumus molekul  $(-CH_2-CH_2-)_n$  dan sangat mudah dibentuk ketika panas, plastik jenis ini merupakan resin yang keras, kuat, dan tidak mudah bereaksi dengan zat kimia yang lain. Plastik jenis LDPE ini memiliki tingkat resistansi kimia yang sangat baik dan tidak larut pada suhu ruang karena sifat kristalinitasnya (Anonim, 2013) dalam (Abdullah et al., 2017). Plastik jenis LDPE memiliki ciri-ciri bening, agak keruh, lentur, tipis, dan mudah dibentuk ketika panas. Plastik jenis LDPE ini biasa digunakan untuk pembungkus plastik, minuman gelas, tas plastik, kotak penyimpanan, mainan, perangkat komputer, dan wadah yang di cetak.

Dengan densitas 0,910–0,940 g/cm<sup>3</sup>, LDPE memiliki kekuatan tarik dan antarmolekul yang rendah. Polimerisasi dengan radikal bebas adalah bagaimana LDPE dibuat. Wadah makanan, botol lunak seperti madu, mustard, kantong sampah, pertanian, dan konstruksi bangunan semuanya menggunakan LDPE. Menurut Hambali dkk. (2013), LDPE dapat didaur ulang dan berguna untuk produk yang harus fleksibel namun tetap kuat.

Hanya upaya terbatas yang telah dilakukan untuk memasukkan sampah plastik daur ulang ke dalam campuran aspal. *Vancouver* (Kanada) memasukkan limbah peti plastik sebagai aditif lilin aspal campuran hangat di 2012 (Ridden 2012) dan Rotterdam (Belanda) mengumumkan rencana produksi daur ulang segmen plastik di pabrik untuk pembangunan jalan pada tahun 2015. Juga, Janshedpur (India) baru-baru ini mengurangi penggunaan aspal sebesar 7% oleh plastik daur ulang yang diparut kering produksi aspal (PTI 2015).

#### **2.7.7. Pengikat Bitumen**

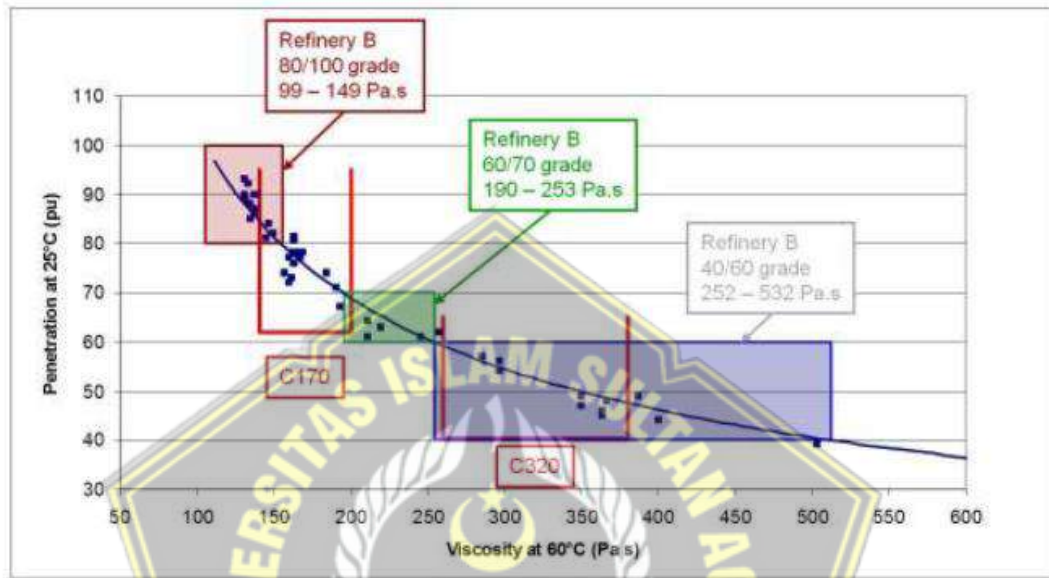
Permukaan trotoar di seluruh dunia memiliki sejarah panjang menggunakan aspal sebagai pengikat di aspal campuran. *Bitumen* sendiri adalah produk rumahan dari pemurnian minyak mentah untuk produksi gas minyak bumi, bahan bakar minyak bumi, bahan bakar diesel dan minyak pelumas. Residu dari yang kedua penyulingan minyak mentah termasuk aspal, yang kemudian dipisahkan dan diproses untuk dijual di industri konstruksi trotoar jalan, bandara, dan pelabuhan, serta produksi herpes zoster atap dan produk lainnya.

Secara tradisional, produksi aspal menggunakan aspal yang tidak dimodifikasi, biasanya dinilai sesuai dengan viskositas atau ketahanan terhadap penetrasi beban pada suhu tertentu. Namun, sebagaimana diperlukan sifat rekayasa campuran aspal meningkat dari waktu ke waktu, polimer, asam dan lainnya aditif dimasukkan untuk meningkatkan ketahanan campuran aspal ke suhu tinggi deformasi, retak suhu rendah dan kerusakan kelembapan.

Secara tradisional, produksi aspal menggunakan aspal yang tidak dimodifikasi, biasanya dinilai sesuai dengan *viskositas* atau ketahanan terhadap penetrasi beban pada suhu tertentu. Namun, sebagaimana diperlukan Seperti banyak negara, baik Australia dan Inggris terutama menggunakan aspal atau polimer yang tidak dimodifikasi aspal yang dimodifikasi sebagai pengikat dalam campuran aspal. Inggris mempertahankan penilaian penetrasi sistem untuk aspal yang tidak dimodifikasi sementara Australia menggunakan penilaian berbasis viskositas. Namun viskositas dan penetrasi umumnya terkait secara terbalik dan nilai yang biasanya setara adalah dirangkum dalam Tabel 2.5, meskipun ada tumpang tindih yang signifikan antara nilai Gambar 2.3. dengan hubungan bervariasi di antara sumber. Penilaian aspal modifikasi *polimer* (PMB) lebih banyak kompleks dan banyak negara beralih ke sistem *Performance Grading* (GP) dikembangkan di Amerika Serikat (FHA 2011). Namun, Australia mempertahankan sistem nilai PMB berdasarkan properti produksi yang menunjukkan jenis dan persentase polimer (Putih 2017). Bagi aplikasi berkinerja tinggi, A10E dan A35P adalah PMB *elastomerik* dan *plastomerik* umum untuk produksi aspal di Australia. Meskipun kandungan aspal biasanya hanya 5- 6%, pengikat mencerminkan sekitar 60% dari biaya bahan baku di aspal dan penggantian aspal parsial dengan produk by-products dan limbah menghadirkan manfaat biaya yang signifikan di mana kinerja campuran tidak terpengaruh secara merugikan.

**Tabel 2.5.** Generally equivalent common graded of unmodified bitumen

Viscosity Grade (Pa.s at 60°C)	Generally equivalent Penetration Grade (/0.1 mm at 25°C)
C170 (140-180)	70/100
C320 (260-360)	40/60
C600 (500-700)	30/45



**Grafik 2.2.** Grafik Example Viscosity and Penetration grading of bitumen

### 2.7.8. Metode Numerik

Menurut Djojodihardjo H. (2000), metode numerik pada umumnya bertujuan untuk mengembangkan pendekatan yang menghasilkan tanggapan yang cukup untuk memahami masalah yang dihadapi, meskipun cukup berbeda dari jawaban yang tepat untuk dianggap sebagai nilai yang dapat diterima mengingat pertimbangan praktis. Penelitian ini menggunakan program berbasis metode elemen hingga, yang dianggap sebagai solusi alternatif yang efisien dalam proses validitas, berdasarkan penjelasan tersebut di atas dan kemajuan teknologi komputer yang mendukung penerapan pendekatan numerik. Program SAP 2000 adalah yang dimaksud. Solusi berbasis komputer untuk metode analisis struktural elemen hingga adalah program SAP2000, yang dibuat oleh Profesor Edward L. Wilson di University of California, Berkeley. Elemen ASOLID dan pegas elastis dapat digunakan untuk merepresentasikan struktur perkerasan selain cangkang dalam program SAP 2000.

### 2.7.8.1. Validitas

Istilah “validitas” berasal dari kata “validitas” yang mengacu pada sejauh mana suatu alat ukur menjalankan fungsinya mengukur secara akurat. Selain itu, dalam Binus 2014, Cooper and Schindler, Zulfanef, 2006 menyebutkan bahwa validitas merupakan ukuran keyakinan peneliti terhadap variabel yang diukur. Sementara itu, dalam Binus 2014, Sugiharto dan Sitinjak (2006) menyatakan bahwa validitas berkaitan dengan suatu variabel yang mengukur apa yang seharusnya diukur. Dalam penelitian ini, validitas menunjukkan keakuratan alat ukur penelitian dalam hubungannya dengan isi sebenarnya yang diukur. Uji validasi adalah salah satu yang digunakan untuk menunjukkan seberapa baik suatu alat ukur mengukur apa yang diukurnya. Aspek ketelitian pengukuran merupakan sisi lain dari konsep validitas. Selain memiliki ketelitian yang tinggi, alat ukur yang valid dapat menjalankan fungsinya dengan tepat. Dalam konteks ini, presisi mengacu pada kapasitas untuk mengidentifikasi variasi kecil dalam atribut yang diukurnya. Berdasarkan SNI 19-17025-2000, juga dipahami bahwa validasi adalah penegasan suatu metode melalui pengujian dan memperoleh bukti bahwa persyaratan tertentu telah dipenuhi.

Validasi perlu dilakukan oleh laboratorium terhadap :

1. Metode non standar
2. Metode yang dikembangkan sendiri
3. Metode standar yang digunakan diluar lingkup yang dimaksud
4. Metode standar yang dimodifikasi
5. Metode standar untuk menegaskan dan mengkonfirmasi

bahwa metode tersebut sesuai dengan penggunaannya. Oleh karena itu untuk hasil uji yang baik selain dibutuhkan perhatian khusus terhadap benda uji dan peralatan, dibutuhkan pula terhadap perangkat lunak terpakai. Perangkat lunak dibutuhkan guna memvalidasi eksperimen murni yang sarat dengan kemungkinan kesalahan, baik kesalahan oleh alat, oleh bahan dan oleh pelaksana pengujian. Dengan kata lain validasi dengan program dibutuhkan agar hasil penelitian diketahui tingkat akurasi (minimal nilai komparasi grafik pengujian pada penelitian sebelumnya) dan presisinya.

### 2.7.8.2. Analisis Kimia Aspal

Aspal adalah senyawa hidrokarbon dengan struktur molekul yang sangat kompleks yang merupakan koordinasi dari tiga tipe dasar molekul hidrokarbon: aromatik, siklik, dan alifatik. Struktur linier atau tiga dimensi dimungkinkan untuk struktur molekul alifatik. Aspal memiliki tampilan seperti minyak atau lilin karena struktur molekul ini. Struktur molekul siklik adalah ikatan atau rantai karbon jenuh dengan tiga dimensi yang dapat mengikat beberapa elemen atau radikal. Sedangkan struktur molekul aromatic adalah *flat*/datar merupakan ikatan karbon yang stabil, dapat saling berikatan membentuk susunan atau tumpukan satu sama lain. Struktur molekul ini memberikan aroma yang khas pada aspal. Ikatan kimia (*inter molecule bonding*) pada aspal sangatlah lemah. Dengan pemanasan, ikatan tadi akan mudah terlepas dan aspal menjadi cair.

Spesifikasi aspal sebagai bahan pengikat pada beton aspal dapat ditentukan dengan Standar Uji Penetrasi (*Penetration grade*), standar uji viskositas (*Viscosity Grade*) dan standar uji kinerja (*Performance grade*). Dengan standar uji penetrasi, spesifikasi aspal dibedakan berdasarkan angka kekerasannya/ angka penetrasi. Jenis-jenis aspal diklasifikasikan : aspal Pen 40/50, aspal Pen 60/70 dan sebagainya. Pada standar uji viskositas, aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan perbedaan angka viskositasnya dan dinyatakan dalam AC-10, AC-20 dan sebagainya. Sedangkan pada standar uji kinerja, aspal dikategorikan dalam kemampuannya menahan suhu lingkungan agar tidak retak dan tidak mengalami deformasi. Penggolongannya dinyatakan sebagai aspal PG 58-22, PG 64-22 dan sebagainya.

Pada kelas penetrasi dan viskositas, penentuan spesifikasi aspal lebih dititikberatkan pada sifat-sifat fisiknya saja. Kedua standar uji tersebut belum mengakomodasikan kondisi iklim di lapangan, padahal aspal merupakan bahan yang peka terhadap perubahan suhu. Pada standar kinerja, penentuan kualitas aspal tidak hanya ditentukan berdasarkan sifat fisiknya saja, tetapi juga dilaksanakan pengujian-pengujian kinerja dengan pengujian mekanistik yang disimulasikan di laboratorium. Beberapa jenis pengujian tersebut di antaranya : pengujian ketahanan/ daya retak aspal menahan beban pada suhu rendah. Pengujian kemampuan aspal menahan deformasi pada suhu sedang dan tinggi, pengujian kelekatan dan sebagainya. Naik turunnya suhu lingkungan menjadi pertimbangan

yang sangat penting. Dengan standar uji kinerja, jenis-jenis aspal diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya menahan suhu lingkungan. Aspal dengan kategori PG 64-22, berarti aspal tersebut mampu menahan jaringan jalan tidak retak pada suhu  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  di musim dingin dan tidak mengalami deformasi sampai suhu  $+64\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada musim panas. Aspal JAP 57 berdasarkan uji kinerja termasuk kategori PG 58-22. Kualitas aspal PG 64-22 lebih tinggi kualitasnya dari PG 58-22. Dua jenis aspal yang memenuhi spesifikasi penetrasi dan viskositas yang sama kemungkinan termasuk dalam kategori yang berbeda dalam pada standar uji Kinerja. Ketiga standar uji kinerja tersebut dalam penentuan kualitas aspal mempunyai kesamaan yang mendasar, bahwa aspal yang titik lelehnya tinggi menunjukkan kualitas yang tinggi pula.

Penelitian dilakukan untuk mencari korelasi antara kualitas aspal dengan kandungan elemental didalamnya. Diharapkan semakin tinggi prosentase berat kandungan elemen logamnya semakin tinggi kualitas jenis aspal tersebut. Keuntungan dari analisa elemental ini, sampel yang digunakan sangat sedikit (beberapa gram) tidak merusak sifat-sifat sampel dan waktunya sangat cepat. Pelaksanaan pengukurannya tidak memerlukan preparasi sampel ataupun perlakuan yang khusus.

Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan aromatik yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80 persen massa aspal adalah karbon, 10 persennya hidrogen, 6 persen belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Massa molekul aspal bervariasi, dari beberapa ratus sampai beberapa ribu. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25 persen aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar.

Akibat kepolaran molekul dalam aspal, molekul satu dengan lainnya dapat membentuk jejaring atau *kluster* seperti *polimer* dengan massa sampai ratusan ribu. Adhesi antara aspal dan batu agregatnya juga sangat bergantung dari kepolaran

molekul-molekul dalam aspal. *Polimer* yang terbentuk dalam aspal adalah polimer yang termoplastik, yakni melunak ketika dipanaskan dan mengeras kembali setelah didinginkan. Sifat ini yang dimanfaatkan dalam pembuatan hot mix. Pada rentang suhu tertentu aspal dapat bersifat *viskoelastik*, artinya menunjukkan sifat seperti cairan kental dan dapat dengan mudah berubah bentuk. Pada beberapa bagian jalan ada yang bergelombang setelah hari yang sangat panas, jalan aspal dilalui kendaraan berat.

Pada rentang suhu 85 dan 150 ° C, aspal cukup cair dan dapat berperilaku pelumas di antara kerikil atau agregat dalam campuran hot mix. Jadi, campuran aspal panas dan kerikil atau agregat dibuat pada rentang suhu ini. Campuran ini segera dituangkan ke permukaan jalan yang hendak dilapisi untuk selanjutnya dipadatkan. Pemadatan harus diselesaikan sebelum aspal mendingin di bawah 85 ° C.

Pemadatan ini dimaksudkan untuk meningkatkan kontak antar agregat dan aspal, mengoptimalkan lubang-lubang udara dalam badan jalan, dan memuluskan permukaan jalan. Peningkatan kontak antar agregat dan aspal akan meningkatkan kestabilan dan kekuatan badan jalan. Lubang udara dalam badan jalan harus optimum dikarenakan lubang udara akan menyediakan tempat merembesnya air dan mengurangi kekuatan ikatan, sementara kalau tidak ada lubang udara sama sekali jalan akan mudah pecah akibat sukarnya badan jalan memuai.

## **2.8. Sifat Bahan *Aggregate Aspal Wearing Coarse***

Aspal Wearing Coarse adalah Aspal Wearing dengan gradasi senjang dengan Agregat lolos saringan No.16

### **1. Fraksi Agregat Kasar**

Agregat kasar yang tertahan pada ayakan 4,75 mm harus terdiri dari partikel atau pecahan batu keras dan awet. Bahan Pecah apabila berulang - ulang dibasahi dan dikeringkan tidak boleh digunakan.

### **2. Fraksi Agregat Halus**

Agregat halus yang tertahan pada ayakan 4,75 mm harus terdiri dari partikel pasir alami atau batu pecah halus dan partikel halus lainnya yang memenuhi persyaratan.



3. Sifat Bahan yang disyaratkan

Seluruh bahan agregat harus terlepas dari bahan organik dan atau gumpalan lempung atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki dan setelah dipadatkan harus memenuhi ketentuan gradasi (menggunakan ayakan secara basah) dan memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan berdasarkan tabel dibawah ini.

**Tabel. 2.6.** Gradasi Agregat Lapis Drainase untuk *Wearing Coarse*

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos			
		Lapis Fondasi Agregat			Lapis Drainase
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas S	
2"	50		100		
1½"	37,5	100	88 - 95	100	100
1"	25,0	79 - 85	70 - 85	77 - 89	71 - 87
¾"	19,0				58 - 74
½"	12,5				44 - 60
3/8"	9,50	44 - 58	30 - 65	41 - 66	34 - 50
No.4	4,75	29 - 44	25 - 55	26 - 54	19 - 31
No.8	2,36				8 - 16
No.10	2,0	17 - 30	15 - 40	15 - 42	
No.16	1,18				0 - 4
No.40	0,425	7 - 17	8 - 20	7 - 26	
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8	4 - 16	

Sumber ; Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Divisi 5 Hal 5

**Tabel. 2.7.** Sifat -sifat Agregat Lapis Drainase untuk *Wearing Coarse*

Sifat – sifat	Lapis Fondasi Agregat			Lapis Drainase
	Kelas A	Kelas B	Kelas S	
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 2417:2008)	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %
Butiran pecah, tertahan ayakan No.4 (SNI 7619:2012)	95/90 <sup>1)</sup>	55/50 <sup>2)</sup>	55/50 <sup>2)</sup>	80/75 <sup>3)</sup>
Batas Cair (SNI 1967:2008)	0 - 25	0 - 35	0 - 35	-
Indek Plastisitas (SNI 1966:2008)	0 - 6	4 - 10	4 - 15	-
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % Lolos Ayakan No.200	maks.25	-	-	-
Gumpalan Lempung dan Butiran-butiran Mudah Pecah (SNI 4141:2015)	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %
CBR rendaman (SNI 1744:2012)	min.90 %	min.60 %	min.50 %	-
Perbandingan Persen Lolos Ayakan No.200 dan No.40	maks.2/3	maks.2/3	-	-
Koefisien Keseragaman : $C_v = D_{60}/D_{10}$	-	-	-	> 3,5

Sumber ; Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Divisi 5 Hal 6

4. Pencampuran bahan

Pencampuran bahan untuk memenuhi ketentuan yang telah disyaratkan harus dikerjakan dilokasi *stone crusher* (pemecah batu) yang telah memiliki standart pemecahan dengan menggunakan pemasok mekanis (*mechanical Feeder*) yang

telah dikalibrasi untuk memperoleh aliran yang menerus dari komponen campuran dengan proporsi yang benar dan dalam keadaan apapun tidak dibenarkan melakukan pencampuran dilapangan.

## **2.9. Lapis pengikat**

Lapis Pengikat mencakup penyediaan dan penghamparan bahan aspal pada permukaan yang telah disiapkan. Lapis pengikat dihampar diatas permukaan pondasi tanpa bahan pengikat lapis pondasi agregat.

### **1. Cuaca yang diijinkan untuk bekerja**

Lapis Pengikat harus dilaksanakan pada permukaan yang kering dan benar – benar kering. Pelaksanaan Lapis pengikat tidak boleh dilaksanakan saat angin kencang, hujan atau akan turun hujan.

### **2. Kesiapan Pekerjaan**

Kesiapan pekerjaan lapis pengikat meliputi beberapa hal sebagai berikut :

- a. Lima liter contoh dari setiap bahan yang diusulkan dalam pekerjaan dilengkapi dengan sertifikat dari pembuatnya dan hasil pengujian yang disyaratkan
- b. Catatan kalibrasi dari semua instrument dan meteran ukur serta tongkat celup ukur untuk aspal distributor. Tongkat celup ukur, alat instrumen dan harus dikalibrasi memenuhi akurasi, toleransi ketelitian memenuhi Spesifikasi serta tanggal pelaksanaan kalibrasi harus tidak melebihi satu tahun sebelum pelaksanaan dilakukan.
- c. Laporan harian untuk pekerjaan yang lakukan dan takaran pemakaian bahan harus memenuhi spesifikasi.

## 2.10. Penelitian Terdahulu yang sejenis

**Tabel 2.8.** Tabel Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Metode	Variabel	Hasil
Mohd Rosli Hainin, Nur IzziMd. Yusoff, Mohd Fahmi Mohammad Sabri, Mohd Azizi Abdul Aziz, Mohd Anwar Sahul Hameed, and Wasid Farooq Reshi (2012)	Steel Slag as an Aggregate Replacement in Malaysian Hot Mix Asphalt	The same gradations of mixtures were produced using normal crushed aggregate as control samples. The Marshall mix design system was used for sample preparation in accordance with Malaysian specifications. Samples of asphaltic concrete were subjected to the resilient modulus test, creep test and rutting test. Samples made from steel slag show significantly better results than conventional aggregate.	Steel Slag as an Aggregate Replacement	Dalam hal kandungan aspal optimal, terak baja campuran memiliki nilai lebih tinggi daripada campuran konvensional. Hal ini disebabkan oleh tingkat porositas yang lebih tinggi dimiliki oleh agregat terak baja, Hasil modulus yang tangguh menunjukkan bahwa steelslag campuran memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran agregat konvensional. Selain itu, suhu juga mempengaruhi hasil modulus yang tangguh
Brajesh Mishra, Ravi Shankar Mishra (2015)	A Study on Use of Waste Plastic Materials in Flexible Pavements	The Marshall method of mix design was adopted using 80/100 grade bitumen to find the optimum bitumen content. Marshall specimens were prepared	Waste Plastic Materials in Flexible Pavements	limbah plastik dapat dengan mudah digunakan sebagai pengubah untuk campuran beton bituminous karena dilapisi di atas agregat campuran dan mengurangi porositas, penyerapan

		<p>at bitumen content ranging from 4% to 6% with an increment of 0.5% by weight of aggregates and with waste plastic content of 0% , 6%, 8%, 10%, 12%, 14% and 16% by weight of optimum bitumen content.</p>	<p>kelembaban dan meningkatkan properti campuran yang mengikat. Aspal Optimal Konten (OBC) ditemukan 5,43% dengan berat agregat. Kandungan Plastik Optimal (OPC) yang akan ditambahkan sebagai pengubah campuran beton bituminous ditemukan 9,73% berat Optimum Bitumen Content (OBC) dari campuran beton aspal. Campuran beton bituminous dimodifikasi dengan agregat dilapisi plastik limbah menunjukkan lebih tinggi (sekitar 21%) Stabilitas Marshall dan nilai aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan kinerja mix.pavement beton bituminous konvensional. Penggunaan plastik limbah dalam aspal campuran beton dengan demikian berkontribusi pada pembangunan jalan hijau dan memecahkan masalah pembuangannya yang aman</p>
--	--	--	---

<p><i>Mohd Ezree Abdullah, Siti Aminah Abd Kader, Ramadhansyah Putra Jaya, Haryati Yaacob, Norhidayah Abdul Hassan, and Che Norazman Che Wan (2016)</i></p>	<p>Effect of Waste Plastic as Bitumen Modified in Asphalt Mixture</p>	<p>percentages i.e. 4%, 6%, 8%, and 10% by weight of bitumen. The experimental tests performed in the study were stability, tensile strength, resilient modulus and dynamic creep test.</p>	<p>properties of the asphalt mixtures containing waste plastic</p>	<p>Hasil menunjukkan bahwa campuran dengan 4% plastik memiliki stabilitas tertinggi (184kN). Namun, stabilitas sedikit menurun dengan peningkatan aditif plastik. Dilain pihak kekuatan tarik tertinggi di antara beton aspal yang dimodifikasi adalah 1049kPa (tambah 8% plastik). Campuran aspal yang dimodifikasi dengan plastik 8% memiliki modulus tangguh tertinggi, yaitu 3422 MPa (25 °C) dan 494Mpa (40°C). Dimana modulus creep tertinggi tercatat 73,30Mpa di 8% plastik ditambahkan. Dapat disimpulkan bahwa penambahan 8% plastik memberikan sifat nilai tertinggi dari campuran aspal. Akhirnya, dapat dikatakan bahwa 8% plastik adalah nilai tambah yang optimal.</p>
<p>Sonali Gadpaliwar , Shraddha Kathalkar, Nikhil</p>	<p>The Effect of Submerged Asphalt Pavement</p>	<p>Uji perendaman menggunakan air laut beserta variasi kadar</p>	<p>lapis aspal beton AC-WC direndam oleh Air Laut</p>	<p>Setelah melakukan pengujian, mengevaluasi, dan menganalisa hasil pengujian test</p>

Agrawal (2018)	By SeaWater Reviewed On Marshall Characteristics	garam 3,5%, 4,0%, 4,5% dengan durasi 24 jam dan 48 jam dengan variasi suhu 25°C, 30°C, 35°C, 40°C.		Marshall pada 2 jenis perendaman, perendaman air tawar dan perendaman air laut yang disertai variasi suhu, variasi kadar garam, dan variasi durasi perendaman, secara umum dapat dilihat bahwa air laut lebih mempengaruhi nilai stabilitas dan kelelahan (Flow)
Sonali Gadpalliwar , Shraddha Kathalkar, Nikhil Agrawal (2018)	Experimental Study of Steel Slag Used As Aggregate in Asphalt Mixture	the mixture of metal oxides and silicon dioxides. Steel slag was selected due its characteristics which are almost similar to conventional aggregates.	Steel Slag Used As Aggregate in Asphalt Mixture	desain yang sama dari M 40, kekuatan kompresi terak baja beton lebih dari beton normal. Kompresi kekuatan beton lebih dalam 75% penggantian kasar agregat dengan terak baja. Sesuai perbandingan konvensional beton beton dan baja terak beton, kekuatan terak baja beton hampir sama dengan beton konvensional.
Rajib Muammar, Sofyan M. Saleh , Yuhanis Yunus (2018)	Durabilitas Campuran Laston Lapis Aus (Ac-Wc) di Substitusi Limbah <i>Low Density Polyethylene (Ldpe)</i> dengan Cara Kering Terhadap Rendaman	Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara kering dimana limbah plastik LDPE dengan kadar 2%, 4%, 6% terhadap berat aspal dimasukkan kedalam agregat panas dengan	Substitusi Limbah <i>Low Density Polyethylene (Ldpe)</i> Dengan Cara Kering Terhadap Rendaman Kotoran Sapi	Durabilitas campuran aspal beton substitusi limbah plastik LDPE dengan cara kering pada rendaman kotoran sapimasih memenuhi standar bina marga yaitu lebih besar 90%, namun pada benda uji tanpa substitusi LDPE rendaman 48

	Kotoran Sapi	temperatur campuran, kemudian ditambahkan aspal panas dan diaduk sampai aspal, agregat, dan polimer tercampur.		jam tidak memenuhi standar.
Emil Adly , Anita Rahmawati , Nurul Firkathi Hidayah (2019)	The Performance of AC-WC Asphalt Mixture with Eco-Friendly Steel Slag Against Sea Tidal Impact	substitutes aggregate into the steel slag with 100% coarse aggregate sieve number ½” and 50% fine aggregate sieve number 30 that was soaked in the seawater for about 6 hours, 12 hours, and 24 hours, respectively.	the steel slag with 100% coarse aggregate	Aspal Optimal Konten (OBC) ditemukan 5,43% dengan berat agregat. Kandungan Plastik Optimal (OPC) yang akan ditambahkan sebagai penggunaan terak baja sebagai campuran dan modifikasi bahan



1. Penelitian Juny Andry Sulisty (2021) dengan Judul Analisis Pengaruh Rendaman Air Pasang (Rob) Terhadap Aspal Wearing Course Dengan Bahan Additiv *Polyethylene* dan *Fine Agregat Slag* memiliki tujuan mengkaji perubahan karakteristik *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi yang terendam dalam air pasang dengan pemanfaatan *fine aggregate* “Slag” dan limbah plastik *Polyethylene* (PE) dibandingkan dengan *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi yang terendam air banjir.

Sedangkan Penelitian Mohd Rosli Hainin, Nur IzziMd. Yusoff, Mohd Fahmi Mohammad Sabri, Mohd Azizi Abdul Aziz, Mohd Anwar Sahul Hameed, and Wasid Farooq Reshi (2012) dengan Judul *Steel Slag as an Aggregate Replacement in Malaysian Hot Mix Asphalt*. Pada penelitian ini dalam kandungan aspal optimal, terak baja campuran memiliki nilai lebih tinggi daripada campuran konvensional. Hal ini disebabkan oleh tingkat porositas yang lebih tinggi dimiliki oleh agregat terak baja, Hasil modulus yang tangguh menunjukkan bahwa steel slag campuran memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran agregat konvensional. Selain itu, suhu juga mempengaruhi hasil modulus yang tangguh

2. Novelty dari Penelitian Juny Andry Sulisty (2022) dengan Analisis Pengaruh Rendaman Air Pasang (Rob) Terhadap *Aspal Wearing Course* Dengan Bahan Additiv *Polyethylene* dan *Fine Agregat Slag* adalah ;
  1. Job Mix Formula karakteristik *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi *fine aggregate* “Slag” dan limbah plastik *Polyethylene* (PE) yang tahan terhadap air pasang dan air banjir
  2. Pemodelan Teknik Aspal yang terendam air pasang
  3. Pengembangan Rumus Perendaman
4. Penelitian Brajesh Mishra, Ravi Shankar Mishra (2015) dengan Judul *A Study on Use of Waste Plastic Materials in Flexible Pavements*. Pada penelitian limbah plastik dapat dengan mudah digunakan sebagai pengubah untuk campuran beton bituminous karena dilapisi di atas agregat campuran dan mengurangi porositas, penyerapan kelembaban dan meningkatkan properti campuran yang mengikat. *Aspal Optimal Konten* (OBC) ditemukan 5,43% dengan berat agregat. Kandungan Plastik Optimal (OPC) yang akan



ditambahkan sebagai pengubah campuran beton bituminous ditemukan 9,73% berat *Optimum Bitumen Content* (OBC) dari campuran beton aspal. Campuran beton *bituminous* dimodifikasi dengan agregat dilapisi plastik limbah menunjukkan lebih tinggi (sekitar 21%) *Stabilitas Marshall* dan nilai aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan kinerja *mix.pavement* beton bituminous konvensional. Penggunaan plastik limbah dalam aspal campuran beton dengan demikian berkontribusi pada pembangunan jalan hijau dan memecahkan masalah pembuangannya yang aman.

5. Penelitian *Mohd Ezree* Abdullah, *Siti Aminah* Abd Kader, *Ramadhansyah* Putra Jaya, *Haryati* Yaacob, *Norhidayah* Abdul Hassan, and *Che Norazman* Che Wan dengan Judul *A Study on Use of Waste Plastic Materials in Flexible Pavements*. Pada Hasil menunjukkan bahwa campuran dengan 4% plastik memiliki stabilitas tertinggi (184kN). Namun, stabilitas sedikit menurun dengan peningkatan aditif plastik. Dilain pihak kekuatan tarik tertinggi di antara beton aspal yang dimodifikasi adalah 1049kPa (tambah 8% plastik). Campuran aspal yang dimodifikasi dengan plastik 8% memiliki modulus tangguh tertinggi, yaitu 3422 MPa (25 °C) dan 494Mpa (40°C). Dimana modulus creep tertinggi tercatat 73,30Mpa di 8% plastik ditambahkan. Dapat disimpulkan bahwa penambahan 8% plastik memberikan sifat nilai tertinggi dari campuran aspal. Akhirnya, dapat dikatakan bahwa 8% plastik adalah nilai tambah yang optimal.
6. Penelitian *Sonali* Gadpaliwar, *Shraddha* Kathalkar, *Nikhil* Agrawal (2018) dengan Judul *Experimental Study of Steel Slag Used As Aggregate in Asphalt Mixture* Pada Setelah melakukan pengujian, mengevaluasi, dan menganalisa hasil pengujian test Marshall pada 2 jenis perendaman, perendaman air tawar dan perendaman air laut yang disertai variasi suhu, variasi kadar garam, dan variasi durasi perendaman, secara umum dapat dilihat bahwa air laut lebih mempengaruhi nilai stabilitas dan kelelahan (*Flow*).
7. Penelitian *Rajib* Muammar, *Sofyan* M. Saleh , *Yuhanis* Yunus (2018) dengan Judul *Durabilitas Campuran Laston Lapis Aus (Ac-Wc) di Substitusi Limbah Low Density Polyethylene (Ldpe) dengan Cara Kering Terhadap Rendaman Kotoran Sapi, Durabilitas campuran aspal beton substitusi limbah plastik LDPE dengan cara kering pada rendaman kotoran sapi masih memenuhi standar bina*

marga yaitu lebih besar 90%, namun pada benda uji tanpa substitusi *LDPE* rendaman 48 jam tidak memenuhi standar.

8. Penelitian Emil Adly , Anita Rahmawati , Nurul Firkathi Hidayah (2019) dengan Judul *The Performance of AC-WC Asphalt Mixture with Eco-Friendly Steel Slag Against Sea Tidal Impact* dengan Berdasarkan penelitian dan data eksperimental untuk limbah plastik yang dimodifikasi campuran beton bituminous dibandingkan dengan campuran beton aspal konvensional, kesimpulan berikut dapat ditarik- Hasilnya menunjukkan bahwa limbah plastic dapat dengan mudah digunakan sebagai pengubah untuk campuran beton bituminous karena dilapisi di atas agregat campuran dan mengurangi porositas, penyerapan kelembaban dan meningkatkan properti campuran yang mengikat. Aspal Optimal Konten (OBC) ditemukan 5,43% dengan berat agregat. Kandungan Plastik Optimal (OPC) yang akan ditambahkan sebagai penggunaan terak baja sebagai campuran dan modifikasi bahan memenuhi kualifikasi Marshall standar, tetapi dalam pengobatan pencelupan yang dilakukan dalam penelitian ini, itu menjadi tidak cocok untuk penggunaan jalan.
9. Penelitian *Manu Sasidharan, Dr Mehran Eskandari Torbaghan & Dr Michael Burrow (2019)* dengan judul *Using waste plastics in road construction* memiliki hasil Penggunaan sampah plastik dalam konstruksi jalan tergantung pada sistem kualitas yang baik untuk mengumpulkan, menyortir, dan membersihkan sampah plastik. Pemisahan sampah penting karena hanya jenis sampah plastik berikut yang dapat digunakan untuk pembangunan jalan :
  - a. Film (tas pembawa, cangkir sekali pakai) ketebalan hingga 60 mikron (PE, PP, PS)
  - b. Busa keras (PS) dari ketebalan apa pun
  - c. Busa lunak (PE dan PP) dari ketebalan apa pun
  - d. Plastik laminasi ketebalan hingga 60 mikron

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Tipe Penelitian**

Selain itu, metode eksperimen adalah pendekatan penelitian yang digunakan untuk menentukan, dalam kondisi terkendali, pengaruh suatu perlakuan terhadap perlakuan lainnya (Jaya et al., 2019). Dari definisi yang diberikan oleh beberapa ahli tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan untuk memastikan pengaruh pemberian suatu perlakuan atau perlakuan terhadap subjek penelitian.

Menurut (Jaya et al., 2019), penelitian eksperimen dalam bidang pendidikan dibedakan menjadi dua yaitu penelitian di dalam laboratorium dan di luar laboratorium. Dalam penelitian ini, eksperimen dilakukan di laboratorium dengan memberikan perlakuan berupa perendaman terhadap *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi. *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi direndam dalam air standar laboratorium, air rob, dan air dengan kandungan klorida (Cl<sup>-</sup>) yang berbeda-beda. Durasi perendaman 7 hari, 14 hari dan 21 hari serta metode perendaman terdiri dari perendaman dengan pola menerus (*continuous*) dan perendaman dengan pola berkala/ siklik (*intermittent*).

#### **3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian**

##### **3.2.1. Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain;

- a) Air banjir rob yang digunakan berasal dari banjir rob yang terjadi di sekitar Genangan Banjir Rob Sayung Jawa Tengah. Sebagai pembanding adalah air Banjir dari Jl. Barito Semarang Timur.
- b) Agregat kasar, halus, filler diperoleh dari hasil pemecahan batu (stone crusher) di AMP (Asphalt Mixing Plant) PT. Perwita Karya Sembung Batang Jawa Tengah
- c) Bahan aspal menggunakan Aspal Polimer JAP – 57
- d) *Low Density Polyethylene* atau LDPE adalah bahan plastik yang paling umum digunakan. Karakter fisiknya sangat fleksibel dan mudah diaplikasikan ke

berbagai permukaan. Jenis polietilena ini bisa ditemukan penggunaannya pada konstruksi, terpal pelindung, dan pelapis pada lahan agrikultur digunakan kadar 2%, 4% , 6% , 10% dan 18% dari kadar aspal Optimum (KAO) pada bahan LDPE ini.

- e) Bahan *fine aggregate* yang menjadi obyek penelitian adalah hasil pemecahan dan penumbukan bongkahan *Slag* yang diambil dari pusat pengolahan besi atau pemurnian logam di Desa Batur Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten dengan variasi kadar *fine aggregate Slag* adalah 100 % *fine aggregate Slag*, 100 % *fine aggregate* Batu Pecah, dan 50% *fine aggregate Slag* ditambah 50% *fine aggregate* Batu Pecah.

### 3.2.2. Peralatan Penelitian

- a. Alat penguji agregat dan *filler*  
Mesin *Los Angeles* (untuk uji abrasi), saringan standar (untuk penilaian agregat), pengering (untuk oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), dan bak perendaman dan tabung (Setara Pasir ) adalah beberapa alat yang digunakan untuk pengujian agregat.
- b. Alat penguji aspal  
Peralatan pengujian aspal meliputi; alat uji kelarutan, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji titik lembek, dan alat uji kelarutan.
- c. Alat pengujian campuran metode *Marshall*  
Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*, meliputi;
- 1) Alat tekan *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 3000 kg ( 6000 lbs ) yang dilengkapi dengan arloji pengukur kelelahan plastis (*flow meter*).
  - 2) Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 inci) dengan tinggi 7,5 cm (3 inci) untuk *Marshall* standar dan diameter 15,24 cm (6 inci) dengan tinggi 9,52 cm untuk *Marshall* modifikasi dan dilengkapi dengan plat dan leher sambung.
  - 3) Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan

diameter 9,8 cm (3,86 inci), berat 4,5 kg (10 lbs), dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inci) untuk *Marshall* standar.

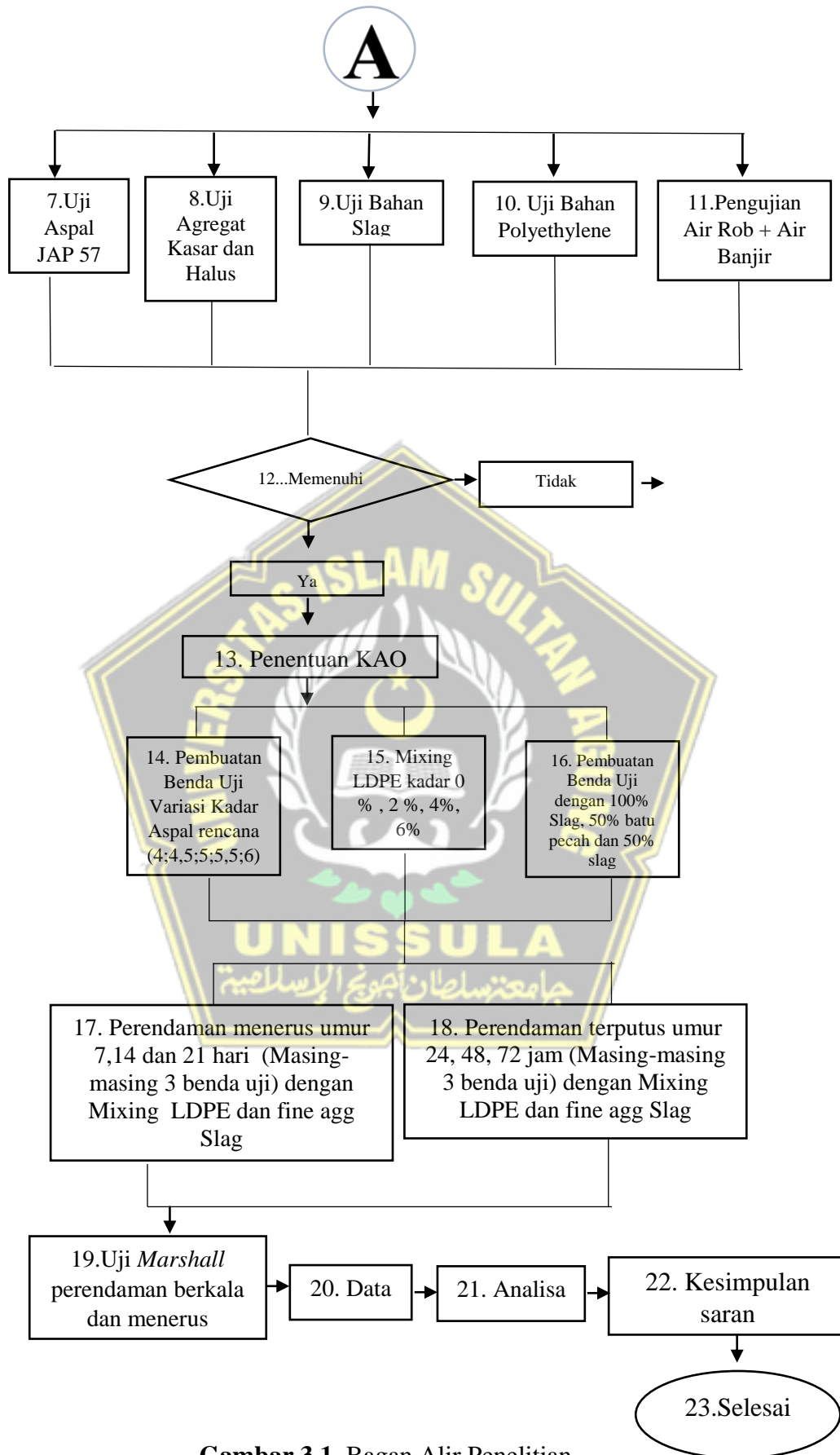
- 4) *Ejektor* untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan.
- 5) Bak perendaman (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.
- 6) Alat-alat penunjang meliputi panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaus tangan anti panas, sarung tangan karet, kain lap, kaliper, spatula, timbangan dan spidol untuk menandai benda uji.
- 7) Alat Pencacah *Low Density Polyethylene* atau LDPE adalah bahan plastik yang paling umum digunakan.

Plastik dapat dicacah atau dihancurkan dengan alat yang disebut pencacah sampah plastik. mulai dari lembaran plastik, botol oli, botol jerigen, dan botol minuman. Para pengusaha dapat memanfaatkan plastik cacahan tersebut sebagai bahan daur ulang plastik yang sangat dibutuhkan oleh pabrik-pabrik yang mendaur ulang plastik. Hitungan ini biasanya memiliki dimensi +0,5 secara umum.

### 3.3. Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir penelitian berupa tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan selama penelitian ini dijelaskan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

### 3.4. Bagan Alir Program Kerja 3.1.

Tahap awal yang dilakukan adalah melakukan studi pustaka serta mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan. Kemudian tahap selanjutnya adalah pemeriksaan kandungan air rob. Sampel air rob diambil dari banjir rob yang terjadi di sekitar Kawasan Jalan Sriwulan, Sayung Kabupaten Demak. Pemeriksaan sesuai dengan standar dari Laboratorium Penelitian Laboraturium AMP Sembung Batang. Kandungan air rob yang dicari pada penelitian ini adalah derajat keasamannya (pH) sesuai dengan SNI 06-6989.11-2004, kadar klorida sesuai dengan SNI 06-6989.19-2004, sulfat dan alkalinitas berdasarkan SNI 06-2422-1991.

Bahan campuran aspal diperiksa untuk memastikan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Society for Testing Materials* (ASTM) menjadi acuan standar pengujian yang dipatuhi oleh semua pengujian. Pemeriksaan agregat kasar dan halus meliputi hal-hal berikut:

- a. Berat Jenis Agregat Kasar (berdasarkan SNI 1969:2008 ) dan Penyerapan Agregat Kasar (berdasarkan SNI 1969:2008).
- b. Tingkat Keausan atau Abrasi Agregat Kasar (berdasarkan SNI 2417:2008 ).
- c. Partikel Pipih dan Lonjong (berdasarkan ASTM D 4791-95).
- d. Daya Lekat Agregat terhadap Aspal (berdasarkan SNI-06-2439-1991).
- e. *Soundness* atau Uji Sifat Kekekalan Bentuk agregat (berdasarkan SNI 3407:2008).
- f. Berat Jenis Agregat Halus (berdasarkan SNI 1970:2008) dan Penyerapan Agregat Halus (berdasarkan SNI 1970:).
- g. Kadar Lumpur/ Sand Equivalent Test (berdasarkan SNI 3423 : 2008).
- h. Analisis Butiran (berdasarkan SNI-M-02-1994-03).
- i. Untuk pengujian bahan bitumen atau aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal JAP-57. Pemeriksaan sifat fisik aspal yang dilakukan antara lain:
  - a. Pemeriksaan penetrasi aspal (berdasarkan SNI 06-2456-1991).
  - b. Pemeriksaan titik lembek (berdasarkan SNI 06-2434-1991).
  - c. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar (berdasarkan SNI 06-2433-1991).

- d. Pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal (berdasarkan SNI 06-2240-1991).
- e. Pemeriksaan kelarutan aspal dalam karbon tetraklorida/ CCl<sub>4</sub> (berdasarkan ASTM D5546).
- f. Pemeriksaan daktilitas (berdasarkan SNI 06-2432-1991).
- g. Pemeriksaan berat jenis bitumen (berdasarkan SNI 06-2441-1991).
- h. Penetrasi setelah RTFOT (berdasarkan SNI 06-2456-1991).

Langkah selanjutnya adalah dengan merancang dan memproduksi sampel yang akan digunakan untuk penelitian dengan metode Marshall setelah semua bahan penyusun campuran aspal, termasuk agregat dan Asphalt Polymer JAP – 57, telah diuji dan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. . Pengujian spesimen standar Marshall sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 (PA-0305-76, AASHTO T-44-81, dan ASTM D-2042-76). Memanfaatkan variasi kadar aspal, desain dan produksi benda uji atau campuran aspal. Berdasarkan perhitungan dengan persaaan tersebut didapatkan Pb (kadar aspal tengah/ ideal). Kadar aspal yang digunakan sebagai sampel adalah 4; 4,5; 5; 5,5;6 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
4	3
4,5	3
5	3
5,5	3
6	3
<b>Total</b>	<b>15 sampel benda uji</b>

Pengambilan sampel benda uji dilakukan setelah ditentukan komposisi campuran aspal. Temperatur dimana aspal memiliki viskositas kinematis 170 20 centistokes adalah temperatur campurannya dengan agregat, dan temperatur pemadatan aspal adalah temperatur dimana aspal memiliki viskositas kinematis 280



30 centistokes. Menurut penelitian Prabowo (2003) dan Riyadi sebelumnya, suhu pencampuran umumnya ditemukan antara 145 dan 155 derajat Celcius, dan suhu pemadatan ditemukan antara 110 dan 135 derajat Celcius. Hal ini dikarenakan tidak dilakukannya pengujian viskositas kinematis aspal.

**Tabel 3.2.** Jumlah Benda Uji untuk perendaman menerus dan berkala

<b>Jumlah Benda Uji untuk perendaman menerus air rob dan banjir</b>				
<b>(kadar LDPE 0%, 2%, 4% dan 6%)</b>	<b>Umur 7 hari</b>	<b>Umur 14 hari</b>	<b>Umur 21 hari</b>	<b>Jumlah benda uji</b>
<b>Aggregat Slag Kadar 0%</b>	12	12	12	36
<b>Aggregat Slag Kadar 50%</b>	12	12	12	36
<b>Aggregat Slag Kadar 100%</b>	12	12	12	36
Total				72

**Tabel 3.3.** Jumlah Benda Uji untuk Variasi Aspal Plastik

<b>Jumlah Benda Uji untuk Variasi Aspal Plastik</b>					
	<b>Kadar 0 %</b>	<b>Kadar 2 %</b>	<b>Kadar 4 %</b>	<b>Kadar 6 %</b>	
<b>Jumlah Benda Uji</b>	3	3	3	3	12
Total					12

**Tabel 3.4.** Jumlah Benda Uji untuk Aggregate Slag

<b>Jumlah Benda Uji untuk perendaman berkala air banjir dan rob</b>				
<b>(kadar LDPE 0%, 2%, 4% dan 6%)</b>	<b>Umur 24 jam</b>	<b>Umur 48 jam</b>	<b>Umur 72 jam</b>	<b>Jumlah benda uji</b>
<b>Aggregat Slag Kadar 0%</b>	12	12	12	36
<b>Aggregat Slag Kadar 50%</b>	12	12	12	36
<b>Aggregat Slag Kadar100%</b>	12	12	12	36
<b>Total</b>				<b>72</b>

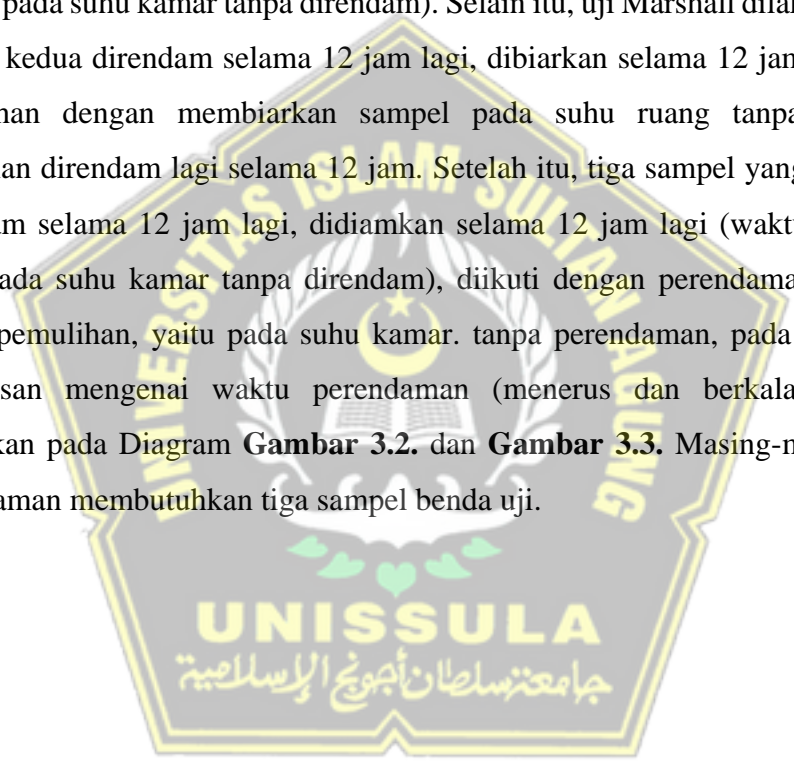
**Tabel 3.5.** Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Keseluruhan Penelitian

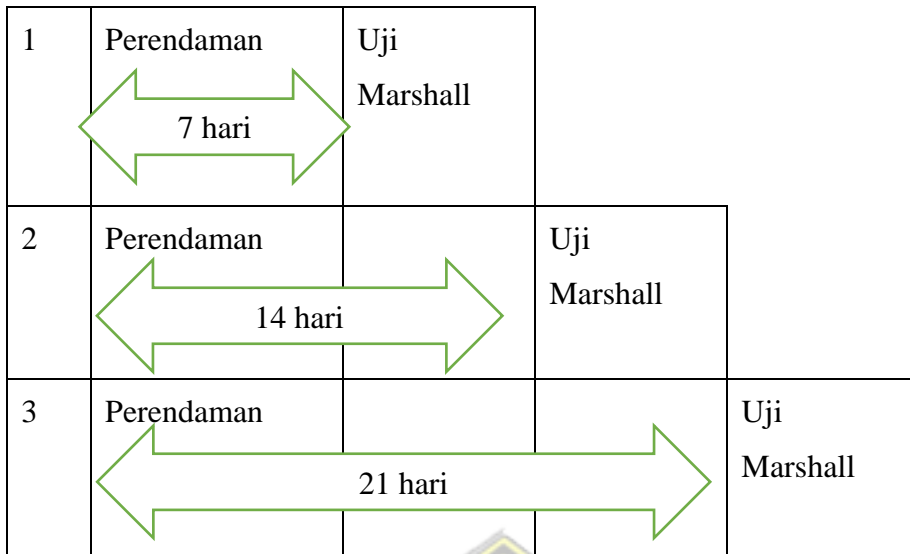
<b>Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Keseluruhan Penelitian</b>				
	<b>Penentuan KAO</b>	<b>Perendaman menerus air banjir dan rob</b>	<b>Perendaman berkala air banjir dan rob</b>	<b>Jumlah benda uji</b>
<b>Jumlah Benda Uji</b>	15	72	72	159
<b>Total</b>				<b>159</b>

Menggunakan Palu Pemadatan Marshall, pemadatan dilakukan dua kali untuk setiap 75 pon lalu lintas. Spesimen dipadatkan dan disimpan pada suhu kamar selama 24 jam sebelum ditimbang kering dan diukur tingginya. Untuk mendapatkan data volumetrik bituminous (densitas, VIM, VMA, dan VFA), spesimen direndam dalam air selama 24 jam sebelum ditimbang baik dalam air maupun dalam kondisi kering permukaan jenuh. Setelah itu, sampel direndam selama 30 menit dalam penangas air pada suhu 60 °C, dan stabilitas, leleh, dan Marshall Quotient diukur menggunakan alat Marshall. Setelah didapatkan data hasil uji *Marshall* berupa stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient*, kemudian dianalisis untuk mendapatkan komposisi campuran aspal ideal. Campuran aspal ideal tersebut direndam dalam air rob, air dengan kandungan konsentrasi klorida

(Cl<sup>-</sup>) yang telah dikondisikan (5.000 mg/l Cl<sup>-</sup>, 15.000 mg/l Cl<sup>-</sup>, dan 25.000 mg/l Cl<sup>-</sup>) untuk dapat memberikan gambaran sejauh mana lamanya rendaman itu mempengaruhi karakteristik campuran aspal. Pembuatan larutan klorida (Cl<sup>-</sup>) berdasarkan pada SNI 06-6989. 19-2004.

Perendaman dapat dicapai melalui perendaman terus menerus atau intermiten. Selama tujuh hari, empat belas hari, dan dua puluh satu hari, pencelupan terus menerus digunakan. Tiga sampel benda uji diperlukan untuk setiap waktu perendaman. Sementara itu, uji Marshall dilakukan setelah sampel direndam selama 12 jam, didiamkan selama 12 jam (waktu pemulihan dicapai dengan menjaga sampel pada suhu kamar tanpa direndam). Selain itu, uji Marshall dilakukan setelah sampel kedua direndam selama 12 jam lagi, dibiarkan selama 12 jam lagi (waktu pemulihan dengan membiarkan sampel pada suhu ruang tanpa direndam), kemudian direndam lagi selama 12 jam. Setelah itu, tiga sampel yang belum diuji direndam selama 12 jam lagi, didiamkan selama 12 jam lagi (waktu pemulihan, yaitu pada suhu kamar tanpa direndam), diikuti dengan perendaman kedua dan waktu pemulihan, yaitu pada suhu kamar. tanpa perendaman, pada suhu kamar. Penjelasan mengenai waktu perendaman (menerus dan berkala) benda uji dijelaskan pada Diagram **Gambar 3.2.** dan **Gambar 3.3.** Masing-masing waktu perendaman membutuhkan tiga sampel benda uji.





**Gambar 3.2.** Diagram Perendaman Menerus



**Gambar 3.3.** Diagram Perendaman Berkala

Jumlah sampel benda uji yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a) Perendaman berkala atau terputus-putus, masing-masing 3 sampel per hari, sehingga dibutuhkan 18 sampel untuk satu campuran ideal, yaitu 9 sampel untuk perendaman dengan air rob, 9 sampel untuk perendaman dengan air rob dengan bahan additiv.
- b) Konstanta perendaman untuk setiap variasi waktu perendaman untuk tiga sampel
- c) Total sampel yang dibutuhkan adalah sebanyak 18 sampel benda uji.

Setelah dilakukan serangkaian penelitian dan didapatkna data, maka tahapan selanjutnya adalah sebagai berikut :

- a. Menganalisis hasil pemeriksaan material campuran aspal yaitu agregat dan aspal, apakah sesuai dengan spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018.
- b. Menampilakan data nilai stabilitas (*stability*); kelelahan (*flow*); *Marshall Quotient* (MQ); *void in mix* (VIM); *void in mineral aggregate* (VMA); *void filled with asphalt* (VFA); nilai stabilitas sisa; Diketahui apakah parameter tersebut berubah selama proses perendaman dalam air laboratorium standar, air pasang surut, dan air dengan berbagai konsentrasi klorida (Cl-) berdasarkan lama waktu campuran direndam dalam air perendaman yang telah ditentukan.
- c. Hubungan antara waktu perendaman dengan karakteristik campuran kemudian dianalisis dengan membandingkan hasil uji Marshall untuk sampel yang terendam air laboratorium, sampel yang terendam air pasang surut, dan air dengan konsentrasi klorida (Cl-) yang berbeda. sehingga dapat ditentukan bagaimana lama perendaman mempengaruhi daya tahan campuran aspal tersebut.
- d. Menganalisis pola perendaman mana yang paling besar pengaruhnya terhadap karakteristik campuran aspal dengan membandingkan data uji Marshall untuk sampel yang direndam dengan perendaman kontinyu dan perendaman periodik.

### 3.5. Metode Pengujian Perendaman Menerus dan Berkala

*Indeks Stabilitas Sisa* (IRS) adalah perbandingan Stabilitas yang direndam dengan stabilitas air standart (pada penelitian ini air banjir) dan dinyatakan dalam persen.

$$IRS = \frac{MSi}{MSs} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

IRS = *Indeks Stabilitas Sisa* (%)

MSi = *Stabilitas Marshall Standart* (kg)

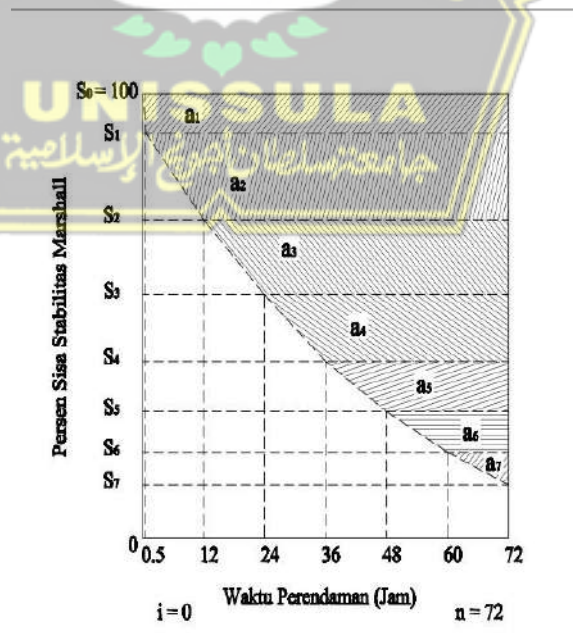
MSs = *Stabilitas Marshall Perendaman* (kg)

Spesifikasi Campuran Aspal Panas Menyaratkan IRS harus lebih besar dari 80%.

### 3.6. Metode Keawetan (*Durability*)

Ketahanan campuran terhadap perendaman air untuk jangka waktu yang telah ditentukan terkait dengan daya tahannya. Dengan membuat campuran aspal menjadi padat, kedap air, dan tidak tembus dengan agregat, durabilitas dapat ditingkatkan.

Karakteristik campuran setelah dilakukan perendaman selama 24 jam tidak selalu menggambarkan keawetan campuran aspal setelah masa perendaman yang lebih lama (Craus, J, et.al, 1981)



**Grafik 3.1.** Kurva Keawetan (Craus, J, et.al, 1981)

### **3.7. Aspal**

*Aromat, Napathen, dan Alkan* merupakan senyawa yang paling banyak terdapat pada aspal yang merupakan senyawa hidrokarbon. Persyaratan spesifikasi didasarkan pada karakteristik aspal. Untuk menjamin tercapainya karakteristik aspal yang dipersyaratkan, digunakan ketentuan dan pengujian aspal sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel aspal untuk bahan uji
2. Pengujian penetrasi
3. Pengujian titik lembek
4. Pengujian daktilitas
5. Pengujian titik nyala dan titik bakar

Metode atau prosedur pengujian – pengujian yang disebutkan diatas, diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk tiap jenis pengujian.

### **3.8. Sifat – Sifat Campuran Aspal**

#### **3.8.1. Stabilitas**

Faktor terpenting dalam aspal adalah stabilitas yang dapat menahan deformasi dan peleburan plastis yang disebabkan oleh beban lalu lintas statis dan dinamis, mencegah bekas roda, keriting, dan perubahan permukaan perkerasan jalan. Jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan melaju di jalan menentukan spesifikasi stabilitas perkerasan. Gesekan butiran, penguncian antar partikel, dan daya rekat yang unggul pada aspal semuanya berkontribusi pada stabilitas. Nilai stabilitas dalam kg atau KN.

#### **3.8.2. Kelelahan Plastis (*Flow*)**

Keadaan perubahan bentuk campuran yang disebabkan oleh beban hingga batas keruntuhan, yang dinyatakan dalam mm atau inci, dikenal sebagai pelelehan (aliran) plastis. Karena kandungan aspal yang tinggi, nilai hasil yang tinggi menyerupai campuran plastik. Sementara itu, karena kadar aspal yang rendah, campuran dengan nilai leleh yang sangat rendah akan menunjukkan sifat campuran yang kaku.

### 3.8.3. *Marshall Quotient*

*Marshall Quotient* membandingkan pelebaran plastik dan *stabilitas* dalam kilogram per milimeter. Campuran dengan kestabilan yang tinggi dan pelebaran plastik yang rendah memiliki nilai MQ yang tinggi, menandakan bahwa campuran tersebut bersifat kaku. Hal ini memudahkan perkerasan untuk berubah bentuk saat dibebani oleh lalu lintas, yang dapat menyebabkan retak. Namun, campuran plastisitas tinggi dan stabilitas rendah menghasilkan MQ rendah dan lebih cenderung plastis dan tidak stabil.

### 3.9. *Laston Lapis Aus (AC – WC)*

Laston adalah lapisan penutup dengan nilai struktural yang digunakan untuk membangun perkerasan jalan. Agregat bergradasi kontinu dan aspal keras dicampur, disebar, dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk membuat campuran ini. Pada konstruksi jalan, lapisan laston merupakan campuran aspal keras dan agregat dengan gradasi menerus yang dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada temperatur tertentu. Ada banyak jenis beton aspal campuran panas (Silvia Sukirman, 2012), tetapi jenis AC-WC menjadi subjek penelitian ini. Lapisan di bawah lapisan keausan adalah Laston sebagai lapisan pengikat (*Binder Course*). Meski tidak dipengaruhi cuaca secara langsung, roda kendaraan harus memiliki ketebalan nominal minimal 5 sentimeter agar dapat menopang beban lalu lintas.

Sebaliknya, Laston sebagai lapisan keausan (*Wearing Course*) merupakan lapisan perkerasan yang memiliki kekasaran yang dipersyaratkan dan tebal nominal minimal 4 cm. Ini tahan air, tahan cuaca, dan terkait dengan ban kendaraan. Berupa beban kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (gaya horizontal), dan hembusan roda kendaraan (getaran), lapisan-lapisan ini berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan-lapisan di bawahnya. Setiap lapisan menerima beban yang berbeda karena bagaimana beban didistribusikan, dan semakin besar bebannya, semakin rendah bebannya. Lapisan atas, juga dikenal sebagai lapisan permukaan, harus mampu menangani segala jenis beban kerja.



### 3.9.1. Air Rob (Air Pasang)

Pasang surut adalah kumpulan air asin yang sangat besar dan luas di permukaan bumi yang membelah dan menghubungkan pulau-pulau dan benua.

Dengan menutupi hingga 70% permukaan dunia, laut merupakan area terluas di permukaan bumi dan memiliki sifat korosi yang sangat agresif. Air laut biasanya memiliki keasaman 8,2 hingga 8,4, mengandung 96,5 persen air, dan memiliki bahan terlarut sebanyak 3,5 persen dalam bentuk molekul dan ion. Garam klorin membentuk 89% dari bahan terlarut, sedangkan unsur lainnya membentuk 11%.

Klorida membentuk 55% air laut, diikuti oleh natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), dan bikarbonat, bromida, asam borat, strontium, dan fluorida (kurang dari 1 %). Pelapukan batuan berbasis daratan, gas vulkanik, dan lubang hidrotermal yang bersirkulasi di laut dalam adalah tiga sumber utama garam di laut.

Beberapa hal yang menyebabkan air laut sangat bersifat agresif dan sangat merusak adalah sebagai berikut :

1. Air laut merupakan elektrolit yang memiliki sifat konduktivitas tinggi.
2. Mempunyai kandungan oksigen terlarut yang tinggi.
3. Temperatur permukaan air laut umumnya tinggi.
4. Ion klorida yang terkandung pada air laut merupakan ion agresif.

Air laut yang digunakan sebagai air rendaman benda uji marshall diambil dari air laut sayung Demak yang mempunyai kandungan salinitas permukaan 3,31% sampai 3,46% per 1 liter air laut dan mempunyai suhu permukaan sebesar 28,0°C sampai 29,7°C.

### 3.9.2. Pengujian Secara Kimiawi

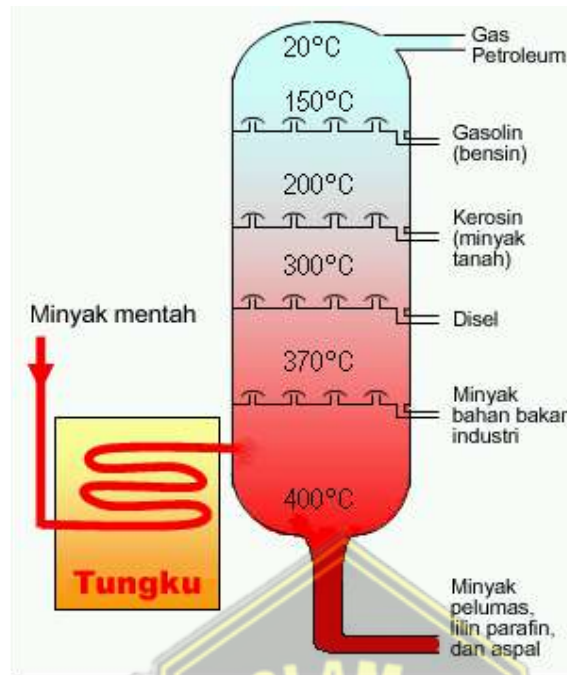
Kandungan elemen logam dan non logam pada Aspal JAP 57

**Tabel. 3.6.** Peran Elemen Non Logam (Sulphur) di dalam Aspal

<b>Kandungan jenis elemen</b>	<b>Aspal JAP 57 (wt %)</b>
Aluminium (Al)	-
Silikon (Si)	1,2938
Kalium (K)	-
Belerang (S)	96,2054
Calcium (Ca)	0,9861
Vanadium (V)	0,7088
Besi (Fe)	0,8059
Nikel (Ni)	-

Komponen non-logam aspal menggantikan elemen karbon yang berdampak signifikan pada penuaan. Aspal akan lebih cepat rusak jika semakin banyak komponen non-logam yang dikandungnya. Dibandingkan dengan aspal yang hanya mengandung sedikit unsur nonlogam, aspal akan lebih cepat teroksidasi dan bereaksi dengan udara. Unsur non-logam bereaksi lebih cepat dengan air daripada unsur karbon. Aspal akan lebih rapuh agar lebih mudah untuk memahami persentase atau berat elemen non-logam seperti nitrogen dan belerang. Tingginya proporsi unsur nonlogam dalam aspal berbanding terbalik dengan kualitasnya.

Titik lembek adalah isu sentral salah satu penentu tinggi rendahnya kualitas aspal pengikat. Semakin tinggi titik lembeknya, semakin tinggi kualitasnya. Aspal impor Shell lebih tinggi kualitasnya dari pada Aspal JAP 57 .



**Gambar 3.4.** Pengolahan Minyak Bumi Menjadi Aspal

Penelitian dilakukan untuk mencari korelasi antara kualitas aspal dengan kandungan elemental didalamnya yang diharapkan semakin tinggi prosentase berat kandungan elemen logamnya semakin tinggi kualitas jenis aspal tersebut khususnya untuk perendaman air pasang dan air banjir. Keuntungan dari analisa elemental ini, sampel yang digunakan sangat sedikit (beberapa gram) tidak merusak sifat-sifat sampel dan waktunya sangat cepat. Pelaksanaan pengukurannya tidak memerlukan preparasi sampel ataupun perlakuan yang khusus.

### 3.9.3. Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Bahan Perkerasan dengan melakukan percobaan terhadap bahan baku aspal, agregat proses penelitian dilaksanakan dalam 8 (Delapan) tahap sebagai berikut (Indriani Santoso, 2013) :

**Tahap I :** Persiapan Beberapa hal yang dilakukan dalam persiapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan seperti agregat, aspal.
2. Menyiapkan peralatan.
3. Menyiapkan form-form pengujian dan mengolah hasil pengujian

## **Tahap II : Pemeriksaan bahan**

Pemeriksaan agregat yang dilakukan meliputi:

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus
- b. Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus.
- c. Pemeriksaan berat jenis aspal.
- d. Pemeriksaan penetrasi
- e. Pemeriksaan titik lembek.
- f. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar
- g. Pemeriksaan daktilitas
- h. Pemeriksaan kandungan air pasang (rob)

## **Tahap III :**

1. Perancangan agregat menggunakan agregat batu belah dan agregat Slag dengan kombinasi agregat 100% Slag, 100% batu belah dan 50% slag dan 50% batu belah
2. Pencacahan LDPE atau limbah plastik dilakukan bersamaan dengan penyiapan bahan pengujian dengan kebutuhan limbah plastik 4% - 8% dari kadar aspal optimum atau 3,7 kg / Ton campuran aspal ( 1,4 Ton /km limbah plastik dengan lebar 3,5 m tebal 0,5 cm) yang dimasukkan kedalam lubang pugmill pada AMP dengan suhu 160 °C (Shankar, A U Ravi, et. al , 2013)
3. Perancangan campuran (Mix Design) Pada tahap ini dilakukan perencanaan campuran (mix design) dan pembuatan benda uji dengan kadar aspal 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% untuk menentukan kadar aspal Optimum

**Tahap IV :** Tes Marshall untuk menemukan jumlah aspal terbaik (KAO). Uji Marshall dilakukan pada benda uji dengan kadar aspal yang bervariasi pada titik ini untuk mendapatkan data kestabilan dan aliran. Sebelum ini, spesimen telah ditimbang berat kering, berat SSD, dan berat sampel dalam air.

**Tahap V :** Tes perendaman Marshall standar adalah tes di mana benda uji direndam selama 30 menit dan 24 jam dalam wadah berisi air pada suhu konstan 60 ° C. Hal ini dilakukan di KAO untuk menguji pengaruh perendaman terhadap daya tahan dan sifat Marshall.

**Tahap VI :** Kemudian dilakukan pengujian dan analisa Marshall untuk mengetahui stabilitas Marshall, Flow (kelelahan Plastis), Rongga dalam campuran, Rongga dalam mineral dan Stabilitas Marshall sisa.

**Tahap VII:** Pembuatan dan perendaman benda uji pada KAO untuk analisa pengaruh rendaman terhadap durabilitas dan properties Marshall Setelah diperoleh KAO maka dilakukan pembuatan benda uji dengan durasi rendaman 7 hari; 14 hari dan 21 hari dan 12 jam, 24 jam serta 48 jam.

**Tabel 3.7.** Ketentuan Syarat-Syarat Bahan untuk Campuran Beraspal Panas (Spesifikasi Umum 2018, Seksi 6.3. Campuran Beraspal Panas, Pasal 6.3.3. Campuran)

Hasil Pengujian Ketentuan Syarat-Syarat Bahan untuk Campuran Beraspal Panas							
Bahan Campuran							
NO	Jenis Bahan	Jenis Pengujian		Metode Uji	Hasil Uji		Spesifikasi
<b>1</b>	<b>Aspal</b>	<b>Ketentuan syarat Aspal</b>			<b>Nilai</b>	<b>Ya/Tidak</b>	<b>Tabel (6.3.2.5)</b>
	Jenis / type :	Berat Jenis Aspal (gr/cc)		SNI 2441 : 2011		ya	Min. 1
	JAP 57	Penetrasi pada 25 °C		SNI 2456 : 2011		ya	60 - 70
	Supplier :	Titik Lembek ( °C )		SNI 2434 : 2011		ya	> 48° C
	JAP 57						
<b>2</b>	<b>Agregat Kasar</b>	<b>Ketentuan agregat kasar :</b>			<b>Nilai</b>	<b>Ya/Tidak</b>	<b>Tabel 6.3.2.1a)</b>
	Sumber asal :	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan:	Na. Sulfat :	SNI 3407 : 2008	% (Na)	ya	Maks. 12 %
			Mg. Sulfat :		% (Mg)	ya	Maks. 18 %

		Abrasi dengan mesin Los Angeles	AC Mod. dan SMA	100 ptr :	SNI 2417 : 2008		Maks. 6 %
				500 ptr :		Maks.30 %	
			Semua jenis camp. gradasi lainnya	100 ptr :		Maks. 8 %	
				500 ptr :		ya Maks.40 %	
		Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439 : 2011		ya	Min. 95%
		Butir Pecah pada Agregat Kasar (Angularitas)	SMA	SNI 7619 : 2012			100 / 90 %
			Lainnya		ya	95 / 90 %	
		Partikel pipih dan lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5			Maks. 5%
			Lainnya		ya	Maks. 10%	
		Materi alolos No.200		SNI ASTM C117:2012		ya	Maks. 1 %
		Penyerapan air				ya	Maks.2% untuk SMA / 3% untuk Jenis Lainnya
		Berat Jenis (Specific Gravity)				ya	
<b>3</b>	<b>Agregat Halus (Abu Batu)</b>	<b>Ketentuan agregat halus :</b>			<b>Nilai</b>	<b>Ya/ Tidak</b>	<b>Tabel 6.3.2.2)</b>
	Sumber asal :	Nilai setara pasir		SNI 03-4428-1997		ya	Min. 50%

		Gumpalan Lempung dan Butir-butir mudah pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996		ya	Maks. 1%	
		Angularitas dengan Uji Kadar Rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002		ya	Min. 45	
		Agregat lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012		ya	Maks. 10 %	
		Penyerapan air				Maks.2% untuk SMA : 3% untuk Jenis Lainnya	
		Berat Jenis (Specific Gravity)			ya		
		Penggunaan Pasir Alam		-		Maks. 15 % Berat Total Campuran	
	CHECKING	Beda Berat Jenis Agregat Kasar dan Halus				Maks. 0,2	
<b>4</b>	<b>Filler</b>	<b>Ketentuan penggunaan n Filler:</b>	<b>Nilai</b>	<b>Ya/ Tidak</b>	<b>Pasal 6.3.2.4)</b>	<b>Syarat Gradasi</b>	
		Penggunaan Filler (Filler Added) :	AAS HTO M303 -89 (2014 )	-	Min.1 %/ Maks.2%(sem en) /3% (lainnya) dari Berat Total Agregat	<b>Ukuran Saringan</b>	<b>% lolos</b>
		(Debu Batu Kapur / Semen / Abu Terbang)	(2014 )	-	Min. 75% berat filler	0.600	<b>Hasil Uji</b>

		Bahan lolos No.200 :	SNI ASTM C136:20 12			Min. 95% berat filler	0.300	100
							0.075	95- 10
5	<b>Bahan Anti Pengelupasan</b>	<b>Ketentuan penggunaan bahan :</b>		<b>Nilai</b>	<b>Ya/ Tidak</b>	<b>Pasal 6.3.2.4)</b>		
	Supplier :	Penggunaan Anti Striping Agent				0,2 % - 0,4 % Berat Aspal	Syarat Bahan Anti Pengelupasan dalam Tabel 6.3.2.6) dan 7)	
Catatan Evaluasi / Rekomendasi								

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6

Pengujian perendaman Marshall modifikasi pengujian ini dilakukan setelah didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) (Sumarjo et al., 2017).

Struktur bahan aspal harus diperiksa untuk mengetahui kondisinya dan mengambil tindakan pencegahan sebelum terjadi kegagalan peralatan selama penggunaan. Seiring waktu, keretakan, korosi, rongga udara, rongga mineral, dan kelelahan akibat perendaman material menyebabkan penurunan fungsi. Menurut *American Society for Non-Destructive Testing*, pengujian material dengan metode *Non Destructive Test* (NDT) adalah pengujian material tanpa menyebabkan kerusakan material. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menemukan dan menentukan lokasi, ukuran, dan karakteristik cacat.

**Tahap VIII** : Setelah dilakukan inventarisasi dan analisis terhadap seluruh data pemeriksaan agregat, aspal, dan campuran beton aspal, diperoleh berbagai rekomendasi dan kesimpulan dari seluruh rangkaian pengujian yang telah dilakukan.



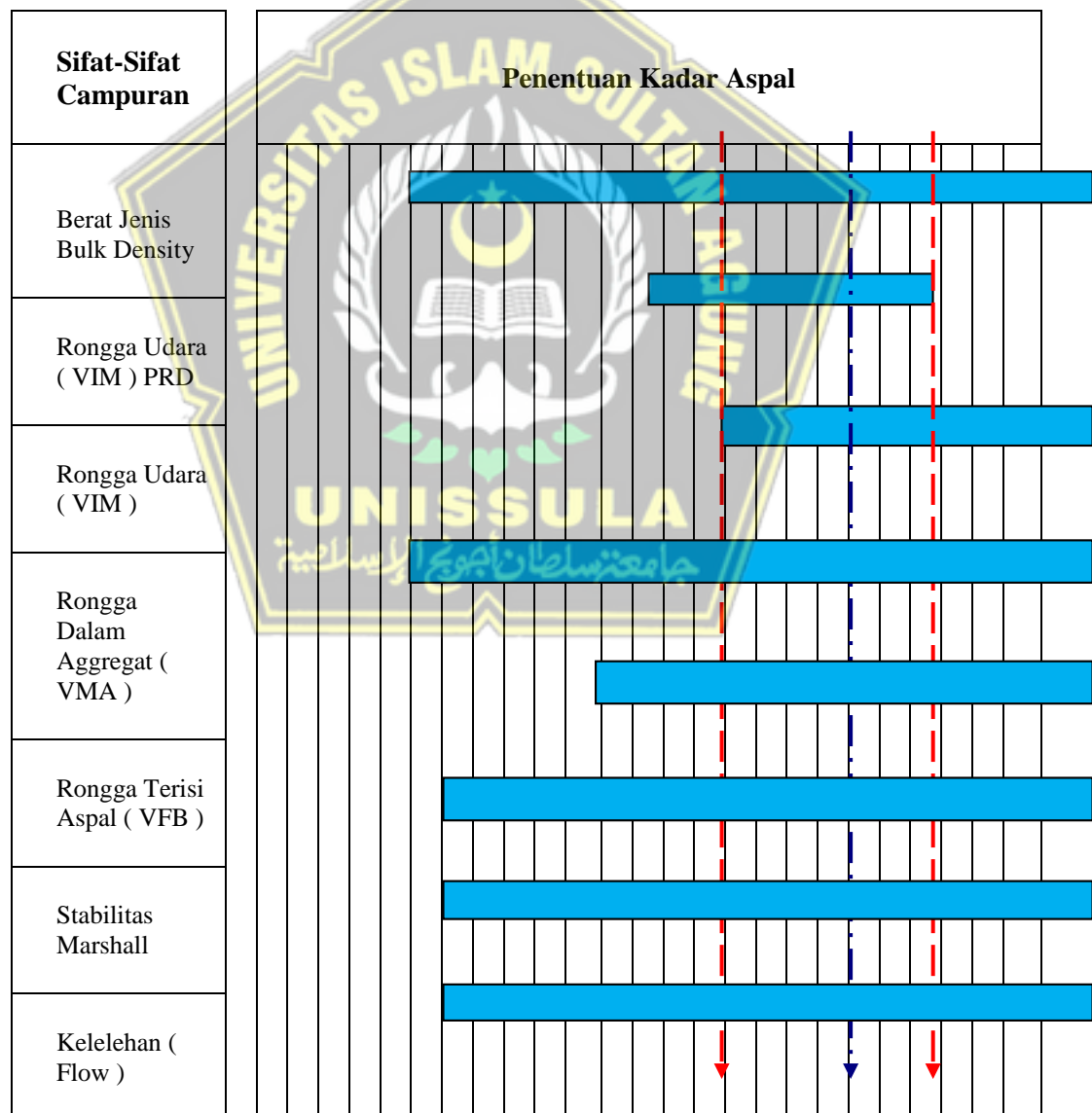
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pembuatan Kadar Aspal Optimum

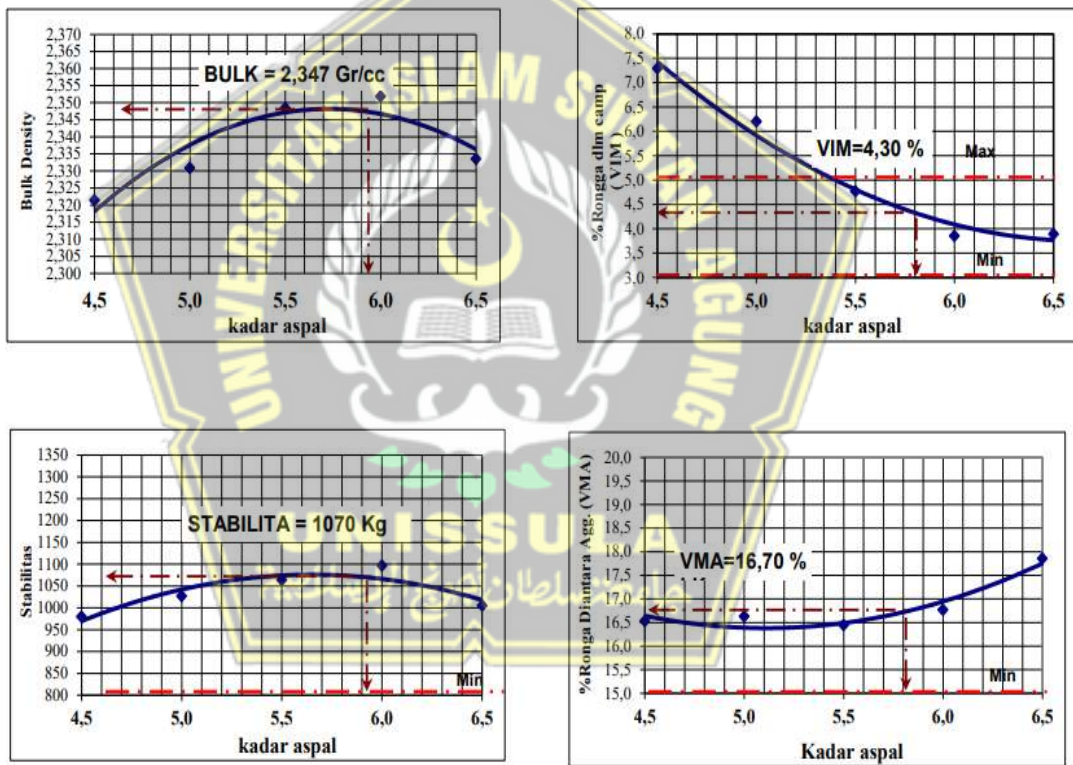
Pembuatan kadar aspal yaitu dengan variasi kadar aspal 4; 4,5; 5; 5,5; 6. Kemudian di pilih kadar aspal optimum dari 5 variasi kadar aspal dan di gunakan untuk penentuan kadar aspal pada benda uji. Masing – masing variasi kadar aspal di gunakan 3 buah benda uji sehingga keseluruhan benda uji dengan 5 variasi kadar aspal adalah 15 benda uji.

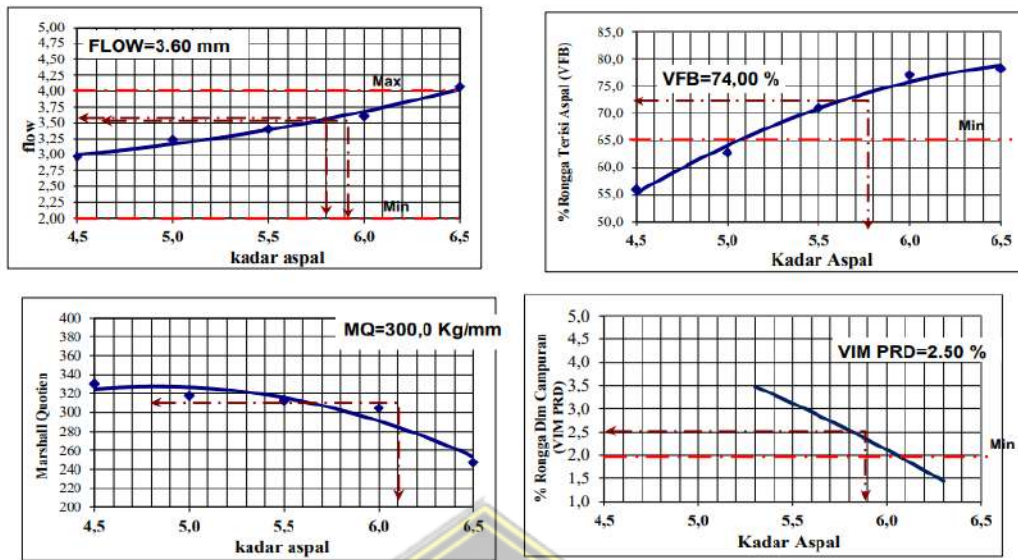
**Tabel 4.1.** Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum



Marshall Quotien	
	6 .5
	4.0      4.5      5.0      5.5      6.0
<b>Kadar Aspal Terpilih</b>	= <span style="border: 1px solid black; padding: 5px;">5.70%</span>

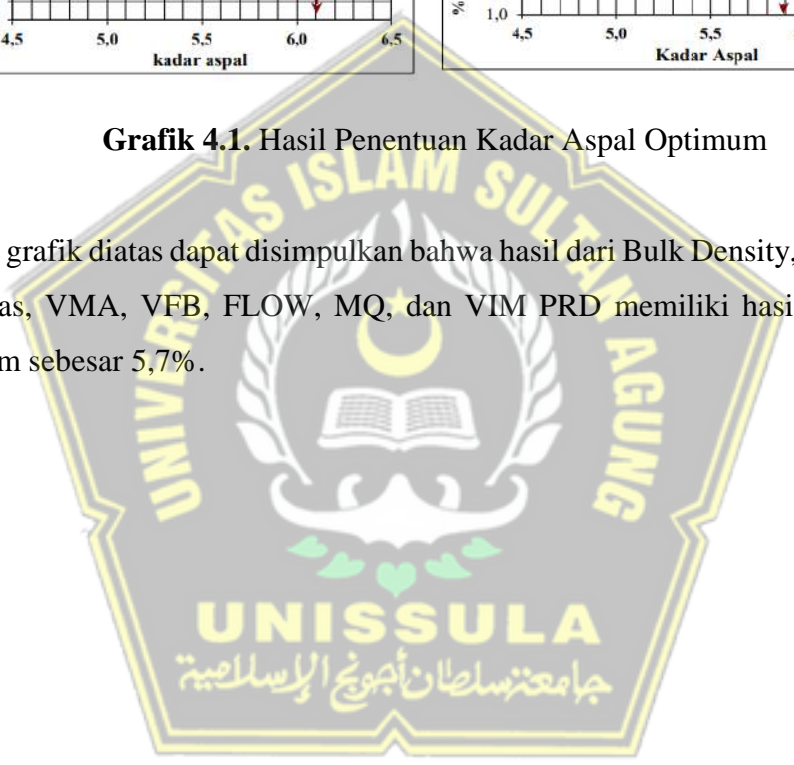
Dari hasil grafik rekapitulasi Sifat-sifat Campuran aspal batas atas dan batas bawah dapat disimpulkan pula bahwa Kadar Aspal Optimum adalah 5,7 %.





**Grafik 4.1.** Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil dari Bulk Density, VIM, VMA, Stabilitas, VMA, VFB, FLOW, MQ, dan VIM PRD memiliki hasil kadar aspal optimum sebesar 5,7%.



#### 4.2. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)

Komposisi aspal yang di rencanakan yaitu *LDPE* dengan kadar 0%, 2%, 4% dan 6% sedangkan kadar *agregat* batu pecah kombinasi *Slag* dengan kadar 0%, 50% dan 100% dengan dua metode perendaman yaitu perendaman menerus dan berkala.

**Tabel 4.2.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) *LDPE* 0 % dan *Slag* 0%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	<i>Slag</i>	25,0 %	300,0 gram
4	<i>Medium Agregat</i>	0,0 %	0,0 gram
5	<i>Coarse Agregat</i>	25,3 %	303,6 gram
6	<i>Filler</i>	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	<i>LDPE</i>	0,0 %	0,0 gram

**Tabel 4.3.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) *LDPE* 0 % dan *Slag* 50%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	<i>Slag</i>	12,5 %	150,0 gram
4	<i>Medium Agregat</i>	12,5 %	150,0 gram
5	<i>Coarse Agregat</i>	25,3 %	303,6 gram
6	<i>Filler</i>	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	<i>LDPE</i>	0,0 %	0,0 gram

**Tabel 4.4.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE  
0 % dan Slag 100 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	25,0 %	300,0 gram
4	Medium Agregat	0,0 %	0,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	0,0 %	0,0 gram

**Tabel 4.5.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE  
2 % dan Slag 0 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0%	480,0 gram
2	Pasir	3,0%	36,0 gram
3	Slag	0,0%	0,0 gram
4	Medium Agregat	25,0%	300,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3%	303,6 gram
6	Filler	1,0%	12,0 gram
7	Aspal	5,7%	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	2,0%	0,1 gram

**Tabel 4.6.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE  
2 % dan Slag 50 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	12,5 %	150,0 gram
4	Medium Agregat	12,5 %	150,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	2,0%	0,1 gram

**Tabel 4.7.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE  
2 % dan Slag 100 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	25,0 %	300,0 gram
4	Medium Agregat	0,0 %	0,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	2,0%	0,1 gram

**Tabel 4.8.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE 4 % dan Slag 0 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	0,0 %	0,0 gram
4	Medium Agregat	25,0 %	300,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	4,0 %	0,2 gram

**Tabel 4.9.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE 4 % dan Slag 50 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	12,5 %	150,0 gram
4	Medium Agregat	12,5 %	150,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	4,0 %	0,2 gram

**Tabel 4.10.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE  
4 % dan Slag 100 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	25,0 %	300,0 gram
4	Medium Agregat	0,0 %	0,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	4,0 %	0,2 gram

**Tabel 4.11.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE  
6 % dan Slag 0 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	0,0 %	0,0 gram
4	Medium Agregat	25,0 %	300,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	6,0 %	0,3 gram



**Tabel 4.12.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE 6 % dan Slag 50 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	12,5 %	150,0 gram
4	Medium Agregat	12,5 %	150,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	6,0 %	0,3 gram

**Tabel 4.13.** Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) LDPE 6 % dan Slag 100 %

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40,0 %	480,0 gram
2	Pasir	3,0 %	36,0 gram
3	Slag	25,0 %	300,0 gram
4	Medium Agregat	0,0 %	0,0 gram
5	Coarse Agregat	25,3 %	303,6 gram
6	Filler	1,0 %	12,0 gram
7	Aspal	5,7 %	68,4 gram
		100,0 %	1200,0 gram
8	LDPE	6,0 %	0,3 gram

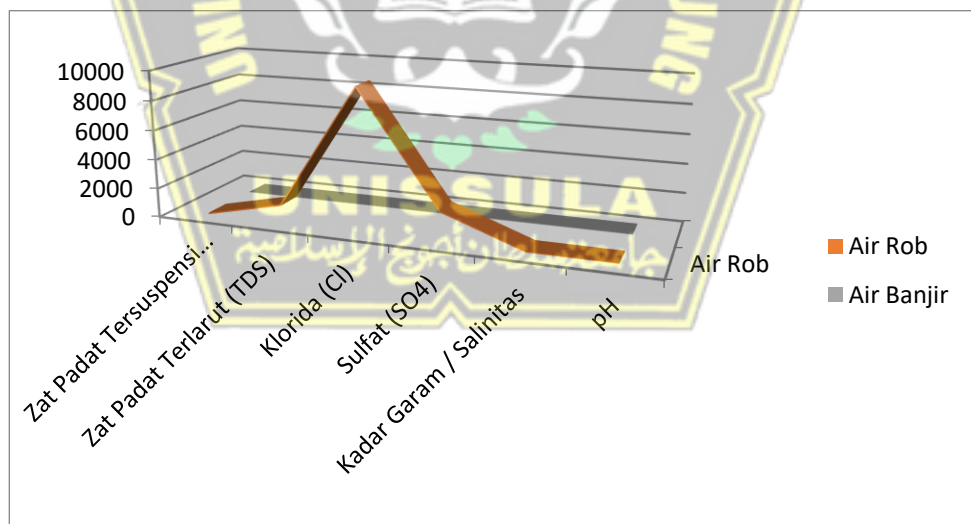
### 4.3. Hasil Pengujian Bahan

#### 4.3.1. Pengujian Air Rob dan Air Banjir

Lokasi Pengambilan Air Rob adalah di Desa Sidogemah Sayung Demak dan Pengambilan Air Banjir adalah di Jl Barito Banjir Kanal Timur Semarang. Pada **Tabel 4.14**. Disajikan rincian pemeriksaan hasil air rob dan air banjir

**Tabel 4.14.** Hasil Pemeriksaan Air Rob dan Air Banjir

No.	Parameter Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pengujian	
			Air Rob	Air Banjir
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	38,00	28,00
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	1236,00	938,00
3	Klorida (Cl)	mg/L	9550,00	753,00
4	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/L	2000,00	599,00
5	Kadar Garam / Salinitas	g/L	22,58	16,93
6	pH		7,15,00	6,95



**Grafik 4.2.** Hasil Pemeriksaan Air Rob dan Air Banjir

PT Superintending Company of Indonesia (Persero) (selanjutnya disebut SUCOFINDO), sebuah Badan Usaha Milik Negara yang didirikan antara Pemerintah Republik Indonesia dengan SGS, perusahaan inspeksi terbesar di dunia

yang berkantor pusat di Jenewa, Swiss, melakukan tes air dan air banjir yang kuat. Di bidang pertanian, kehutanan, pertambangan (migas dan nonmigas), konstruksi, industri pengolahan, kelautan, perikanan, pemerintahan, transportasi, sistem informasi, dan energi terbarukan, SUCOFINDO telah mengembangkan inspeksi dan audit, pengujian dan layanan analisis, sertifikasi, konsultasi, dan pelatihan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mempelajari secara lebih spesifik kandungan air rob yang dapat mengubah atau mengurangi karakteristik campuran beton aspal yang digunakan.

**Tabel 4.14.** menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kandungan garam/salinitas air rob sebanyak 2000 mg/L. Untuk pH air rob yaitu 7,15 hampir sama dengan pH air laut sebesar 7,16. Kadar Keasaman/pH dapat mempengaruhi karakteristik aspal dari segi keelehan (*Flow*) dan Stabilitas Campuran Aspal. Menurut studi tahun 2019 oleh Adrian Salman Al Farisi, air hujan dengan pH 4,6 (asam) dapat menurunkan pencairan aspal masing-masing sebesar 4,33 persen dan 6,16 persen dibandingkan dengan air dengan pH 7. Dibandingkan dengan air dengan pH 7. 7 (netral) yang memiliki pH basa, air dengan pH basa 8 dapat meningkatkan kestabilan campuran beraspal sebesar 7,31 persen dan keelehannya sebesar 23,92 persen. Menurut temuan penelitian ini, kandungan air pasang surut lainnya berpengaruh pada pH air pasang surut, bukan karakteristik campuran aspal.

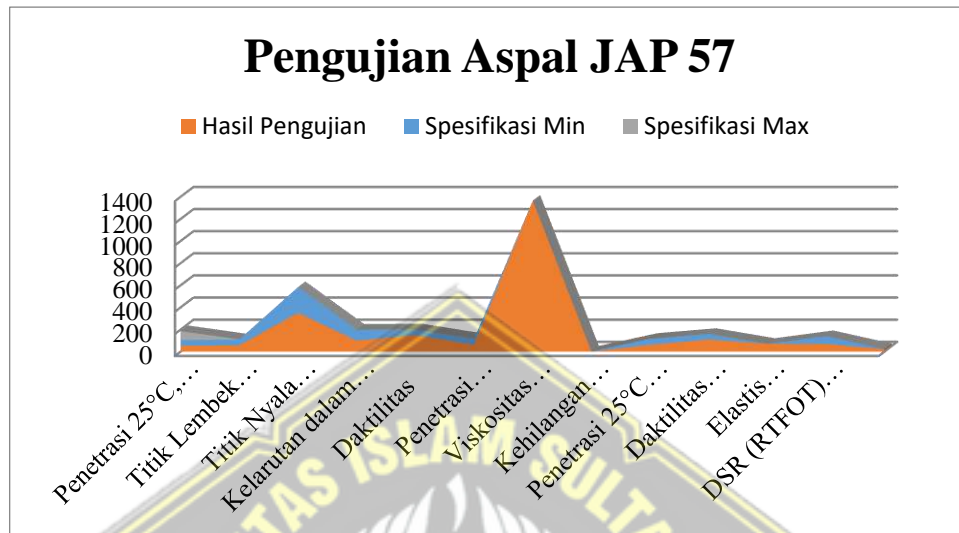
#### **4.3.2. Hasil Pengujian Aspal Polimer (JAP 57)**

Aspal polimer yang digunakan dalam hasil pemeriksaan penelitian ini adalah aspal polimer JAP 57 (Aspal Dagang Jaya). Ada empat parameter yang diuji untuk aspal polimer ini: penetrasi, keuletan, titik nyala, dan titik lembek. Aspal polimer yang digunakan sebagai campuran perkerasan lentur mungkin memiliki parameter ini sebagai karakteristik utamanya. Hasil pengujian aspal ditunjukkan pada Tabel 4.15. dengan membandingkan hasil dengan menggunakan Spesifikasi Pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/1976 Perhubungan

**Tabel 4.15.** Pengujian Aspal JAP 57 ( Jaya Aspal Polymer)

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal JAP57		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
			Min	Max		
1	Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik	0,1 mm	50	80	55,9	SNI-06-2456-1991
2	Titik Lembek 5°C (Ring and Ball Test)	°C	54	-	56,65	SNI-06-2434-1991
3	Titik Nyala (Cleavelend Open Cup)	°C	232	-	351,5	SNI-06-2433-1991
4	Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub>	%	99	-	99,93	SNI-06-2438-1991
5	Daktilitas	cm	50	-	>150	SNI-06-2432-1991
6	Penetrasi setelah Kehilangan Berat	%	54	-	61,90	SNI-06-2440-1991
7	Viskositas Kinematis suhu 135°C	cst	-	300 0	1365,5	AASHTO T316-13
<b>B</b>	<b>RTFOT</b>					
1	Kehilangan Berat (RTFOT)	%	-	0,8	0,051	SNI-06-2440-1991
2	Penetrasi 25°C setelah RTFOT	%	54	-	61,90	SNI 2465 ; 2011
3	Daktilitas setelah RTFOT	Cm	50	-	110,33	SNI 06-2432-1991
4	Elastis Recovery setelah RTFOT	%	-	-	70	AASHTO T-301-98
5	DSR (RTFOT) Fail Temperature	°C	70	-	70,10	AASHTO T-315-12

C	PAV					
1	DSR PAV @ 5000 kPa Fail Temperature	°C	-	31	22,70	AASTHO T-315-12



**Grafik 4.3.** Pengujian Aspal JAP 57 ( Jaya Aspal Polymer)

Pada proses ini pencampuran aspal polimer sangat bergantung pada temperatur selama proses pencampuran dan kemampuan alat pengaduk (*mixer*) yang digunakan, serta waktu pengadukannya juga. J.S. Chen, M.C. Liao, dan H.H. mengatakan ini. Menurut penelitian Tsai (2012), "Evaluation and Optimization of the Engineering Properties of Polymer-Modified Asphalt," pencampuran polimer aspal membutuhkan waktu antara 2,3 dan 3 jam pada suhu berkisar antara 150 hingga 170 derajat Celcius dengan kecepatan pengaduk 2000 putaran per menit .

### 4.3.3. Hasil Pengujian Agregat

**Tabel 4.16.** Hasil Analisa Pembagian Butiran ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88 )

Jenis Material : **Agregat II**

Contoh Nomor : <b>01</b>					Contoh Nomor : <b>02</b>					Rata - rata Lolos (%)
Ukuran Saringan  Inchi	Berat Tertahan Individu ( gram )	Kumulatif			Ukuran Saringan  Inchi	Berat Tertahan Individu ( gram )	Kumulatif			
		Berat Tertahan ( gram )	Tertahan ( % )	Lolos ( % )			Berat Tertahan ( gram )	Tertahan ( % )	Lolos ( % )	
<b>1 ½"</b>		0	0.0	100.0	<b>1 ½"</b>		0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
<b>1"</b>		0	0.0	100.0	<b>1"</b>		0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
<b>¾"</b>		0	0.0	100.0	<b>¾"</b>		0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
<b>½"</b>		2,388	42.9	57.1	<b>½"</b>		2,410	45.3	54.7	<b>54.9</b>
<b>3/8"</b>		4,180	75.1	24.9	<b>3/8"</b>		4,006	75.3	24.7	<b>25.0</b>
<b># 4</b>		5,093	91.5	8.5	<b># 4</b>		4,884	91.8	8.2	<b>8.4</b>
<b># 8</b>		5,521	99.2	0.8	<b># 8</b>		5,283	99.3	0.7	<b>0.8</b>
<b># 16</b>					<b># 16</b>					
<b># 30</b>					<b># 30</b>					
<b># 50</b>					<b># 50</b>					
<b># 100</b>					<b># 100</b>					
<b># 200</b>					<b># 200</b>					
Berat Sampel <b>5,566</b> gram					Berat Sampel <b>5,320</b> gram					

Dalam analisis ayakan Agregat II terhadap agregat kasar, 55,9 persen agregat melewati ayakan ½" dan tertahan pada ayakan 3/8" atau 9,52 mm dengan ayakan 75,3 mesh. Untuk pendistribusian agregat sedang, agregat yang lolos ayakan 3/8" dan tertahan pada No. 25 persen dari total sampel analisis ayakan sedang ayakan 4 atau 4,76 mm, naik menjadi 8,4 persen.

**Tabel 4.17.** Hasil Analisa Pembagian Butiran ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88 )

Jenis Material : **Agregat III**

Contoh Nomor : 01					Contoh Nomor : 02					Rata - rata  Lolos (%)
Ukuran Saringan  Inchi	Berat Tertahan Individu ( gram )	Kumulatif			Ukuran Saringan  Inchi	Berat Tertahan Individu ( gram )	Kumulatif			
		Berat Tertahan ( gram )	Tertahan (%)	Lolos (%)			Berat Tertahan ( gram )	Tertahan (%)	Lolos (%)	
1 ½"		0.0	0.0	100.0	1 ½"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
1"		0.0	0.0	100.0	1"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
¾"		0.0	0.0	100.0	¾"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
½"		0.0	0.0	100.0	½"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
3/8"		290.7	11.7	88.3	3/8"		321.9	12.9	87.1	<b>88.0</b>
# 4		1518.3	61.1	38.9	# 4		1544.8	61.9	38.1	<b>39.1</b>
# 8		2201.6	88.6	11.4	# 8		2193.7	87.9	12.1	<b>11.6</b>
# 16		2368.1	95.3	4.7	# 16		2373.4	95.1	4.9	<b>4.8</b>
# 30		2465.0	99.2	0.8	# 30		2478.2	99.3	0.7	<b>0.8</b>
# 50					# 50					
# 100					# 100					
# 200					# 200					
Berat Sampel		<b>2484.9</b>	gram		Berat Sampel		<b>2494.7</b>	gram		

Pada Agregat III, analisis ayakan agregat kasar mengungkapkan bahwa hingga 98 persen agregat yang lolos ayakan ½" tertahan pada ayakan 3/8" atau 9,52 mm. Untuk pendistribusian agregat sedang, agregat yang lolos ayakan 3/8" dan tertahan pada No. 87,1% dari total sampel analisis ayakan sedang ayakan 4 atau 4,76 mm, naik menjadi 61,9 persen.

**Tabel 4.18.** Hasil Analisa Pembagian Butiran ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88 )

Jenis Material : Agregat IV

Contoh Nomor : 01					Contoh Nomor : 02					Rata - rata Lolos (%)
Ukuran Saringan Inchi	Berat Tertahan Individu ( gram )	Kumulatif			Ukuran Saringan Inchi	Berat Tertahan Individu ( gram )	Kumulatif			
		Berat Tertahan ( gram )	Tertahan (%)	Lolos (%)			Berat Tertahan ( gram )	Tertahan (%)	Lolos (%)	
1 ½"		0.0	0.0	100.0	1 ½"		0.0	0.0	100.0	100.0
1"		0.0	0.0	100.0	1"		0.0	0.0	100.0	100.0
¾"		0.0	0.0	100.0	¾"		0.0	0.0	100.0	100.0
½"		0.0	0.0	100.0	½"		0.0	0.0	100.0	100.0
3/8"		0.0	0.0	100.0	3/8"		0.0	0.0	100.0	100.0
# 4		0.0	0.0	100.0	# 4		0.0	0.0	100.0	100.0
# 8		303.7	24.9	75.1	# 8		256.6	22.6	77.4	76.3
# 16		590.2	48.4	51.6	# 16		547.2	48.2	51.8	51.6
# 30		764.6	62.7	37.3	# 30		719.7	63.4	36.6	36.8
# 50		891.5	73.1	26.9	# 50		832.1	73.3	26.7	26.6
# 100		1040.2	85.3	14.7	# 100		975.1	84.9	14.1	14.3
# 200		1095.0	89.8	10.2	# 200		1020.5	89.9	10.1	10.2
Berat Sampel		1219.5	gram		Berat Sampel		1135.2	gram		

Pada Agregat IV, agregat yang lolos saringan ½" dan tertahan pada saringan 3/8" atau 9,52 mm dihitung hingga 100 persen agregat dalam analisis saringan. Sejalan menyangkut distribusi agregat sedang, hingga seratus persen dari total sampel analisis saringan sedang mengandung agregat yang tertahan pada saringan No. 4 atau 4,76 mm—hingga 100 persen. untuk membagi agregat halus antara masing-masing saringan.



**Tabel 4.19.** Hasil Analisa Pembagian Butiran ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88 )

Jenis Material : **Filler Semen**

Contoh Nomor : <b>01</b>					Contoh Nomor : <b>02</b>					<b>Rata - rata Lolos (%)</b>
Ukuran	Berat	Kumulatif			Ukuran	Berat	Kumulatif			
		Saringan	Tertahan	Lolos			Saringan	Tertahan	Lolos	
Inchi	Individu (gram)	Berat Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Inchi	Individu (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)		
1 ½"		0.0	0.0	100.0	1 ½"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
1"		0.0	0.0	100.0	1"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
¾"		0.0	0.0	100.0	¾"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
½"		0.0	0.0	100.0	½"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
3/8"		0.0	0.0	100.0	3/8"		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
# 4		0.0	0.0	100.0	# 4		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
# 8		0.0	0.0	100.0	# 8		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
# 16		0.0	0.0	100.0	# 16		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
# 30		0.0	0.0	100.0	# 30		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
# 50		0.0	0.0	100.0	# 50		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
# 100		0.0	0.0	100.0	# 100		0.0	0.0	100.0	<b>100.0</b>
# 200		8.8	2.2	97.8	# 200		10.3	2.5	97.5	<b>97.7</b>
Berat Sampel		<b>407.5</b>	gram		Berat Sampel		<b>412.7</b>	gram		

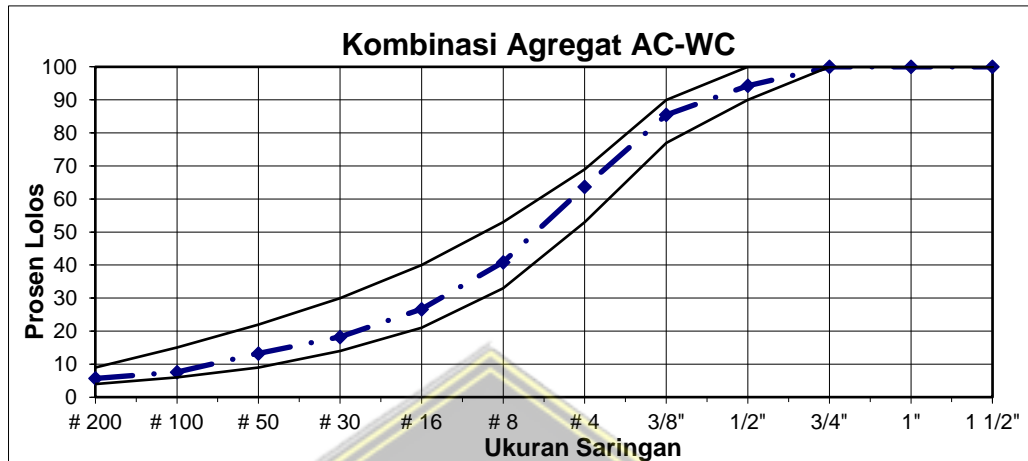
Untuk agregat halus terbagi disetiap saringan kecuali saringan No. 200 atau 200 mm yang tertahan sebanyak 2,5 %. Pada tabel Analisa Pembagian Butiran jenis material Filler Semen semua material lolos saringan 1" sampai dengan saringan No. 100 atau 100 mm kecuali pada saringan No. 200 sebanyak 97,7 %.

**Tabel 4.20.** Perhitungan Kombinasi Agregat ( SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88 )

Ukuran		Hasil Analisa Saringan										SPESIFIKASI 2010 (Rev.3)		Faktor Luas Permukaan			
		Agregat : I		Agregat : II		Agregat : III		Agregat : IV		FILLER						Kombinasi Agregat	
Inchi	mm			100	130	100	40	100	46	100	1			Min	Max	Agregat	
1 ½"	37.5			100	130	100	40	100	46	100	1	100	0	100			
1"	25.4			100	130	100	40	100	46	100	1	100	0	100			
¾"	19.1			100	130	100	40	100	46	100	1	100	0	100		x	0.41
½"	12.7			54.9	73	100	40	100	46	100	1	94.3	90	100			
3/8"	9.5			25.0	32	88.0	52	100	46	100	1	85.5	77.0	90.0			
#4	4.75			8.4	11	39.1	56	100	46	100	1	63.7	53.0	69.0		x	0.41
#8	2.38			0.8	0.1	11.6	46	76.3	51	100	1	40.9	33.0	53.0		x	0.82
#16	1.18					4.8	19	51.6	37	100	1	26.7	21.0	40.0		x	1.64
#30	0.60					0.8	33	36.8	69	100	1	18.2	14.0	30.0		x	2.87
#50	0.30							26.6	22	100	1	13.2	9.0	22.0		x	6.14
#100	0.15							14.3	66	100	1	7.6	6.0	15.0		x	12.29
#200	0.075							10.2	47	97.7	1	4.7	4.0	9.0		x	32.77
														<b>Jumlah Luas Permukaan Agregat (m2/kg)</b>		<b>5.57</b>	

Diketahui pada analisa saringan agregat kasar pada Agregat II, III, dan IV yaitu sebanyak 100% merupakan agregat yang lolos pada saringan ½" dan tertahan pada saringan 3/8" atau 9,52 mm sebanyak 100 %. Untuk agregat medium, sebanyak 100% dari total sampel analisa saringan medium merupakan agregat lolos saringan

3/8” dan tertahan pada saringan No. 4 atau 4,76 mm sebanyak 100 %. Untuk agregat halus terbagi disetiap saringan.



**Grafik 4.4.** Grafik Kombinasi Agregat

**Tabel 4.21.** Kombinasi Agregat

No. Saringan	Prosentase Lolos	Spesifikasi	
	Kombinasi Lolos	Batas Bawah	Batas Atas
# 200	4.7	4.0	9.0
# 100	7.6	6.0	15.0
# 50	13.2	9.0	22.0
# 30	18.2	14.0	30.0
# 16	26.7	21.0	40.0
# 8	40.9	33.0	53.0
# 4	63.7	53.0	69.0
3/8"	85.5	77.0	90.0
1/2"	94.3	90.0	100.0
3/4"	100.0	100.0	100.0
1"	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	100.0	100.0	100.0

Batas bawah dan atas untuk setiap agregat yang disaring tidak boleh dilampaui dengan persentase yang lolos dari setiap filter. Dalam Kursus Pemakaian AC, agregat dilarang digunakan sebagai pengisi jika melebihi batas atas atau batas bawah.

#### 4.4. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dengan kadar aspal optimum 5,7% dengan kadar LDPE yaitu 0%, 2%, 4% dan 6%. Masing – masing benda uji yaitu 3 buah sehingga keseluruhan benda uji adalah 180 buah benda uji.

**Tabel 4.22.** Rincian Benda Uji

No	Jenis	Perendaman	Masing-masing	Total
1	Variasi kadar aspal (4; 4,5; 5; 5,5; 6)		3 buah	15 buah
2	LDPE kadar (0%,2%,4%,6%) (0,50,100 Slag) umur 24, 48 dan 72 jam	Berkala air rob	1 buah	36 buah
3	LDPE kadar (0%,2%,4%,6%) (0,50,100 Slag) umur 24, 48 dan 72 jam	Berkala air banjir	1 buah	36 buah
4	LDPE kadar (0%,2%,4%,6%) (0,50,100 Slag) umur 7, 14 dan 21 hari	Menerus air rob	1 buah	36 buah
5	LDPE kadar (0%,2%,4%,6%) (0,50,100 Slag) umur 7, 14 dan 21 hari	Menerus air banjir	1 buah	36 buah
	Total Keseluruhan Benda Uji			159 buah



**Gambar 4.1.** Sampel Benda Uji

Masing – masing benda uji yaitu 3 buah benda uji untuk perbandingan masing-masing benda uji dimana jika salah satu benda uji ada yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknik Bina Marga tahun 2018 revisi 2 dan 2 benda uji lainnya sesuai spesifikasi teknik Bina Marga tahun 2018 revisi 2 maka benda uji dapat dibandingkan hasilnya.

#### 4.5. Pemeriksaan Berat Jenis Campuran Maksimum GMM

**Tabel 4.23.** Pemeriksaan berat jenis campuran maksimum GMM (AASHTO – T.209 – 90)

No	Uraian Pemeriksaan	No Contoh :													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Berat Sampel + Tempat	Gr													
2	Berat Tempat	Gr													
3	Berat Sampel (1 - 2)	Gr	1855,4	1963,9	1877,2	1835,9	1845,7	1859,3	1836,4	1825,9	1873,5	1865,9			
4	Berat Botol + Air	Gr	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2	2062,2
5	Berat Botol + Sampel + Air	Gr	3175,9	3242,5	3183,9	3150,0	3159,7	3167,5	3140,2	3140,3	3166,0	3157,8			
6	Berat Jenis (3/(3+4-5))	Gr/Cc	2,502	2,506	2,485	2,484	2,467	2,466	2,450	2,442	2,434	2,422			
7	Suhu Air	°C	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
8	Koreksi Suhu		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
9	Berat Jenis Terkoreksi (6 X 8)	Gr/Cc	2,502	2,506	2,485	2,484	2,467	2,466	2,450	2,442	2,434	2,422			
10	<b>Rata - rata</b>	Gr/Cc	<b>2,504</b>	<b>2,484</b>	<b>2,466</b>	<b>2,466</b>	<b>2,446</b>	<b>2,446</b>	<b>2,428</b>						

11	Kadar Aspal	%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%
----	-------------	---	------	------	------	------	------

Temperatur	°C	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Koreksi		1,0005	1,0003	1,0000	0,9997	0,9995	0,9992	0,9989	0,9986	0,9983	0,9980	0,9977	0,9974

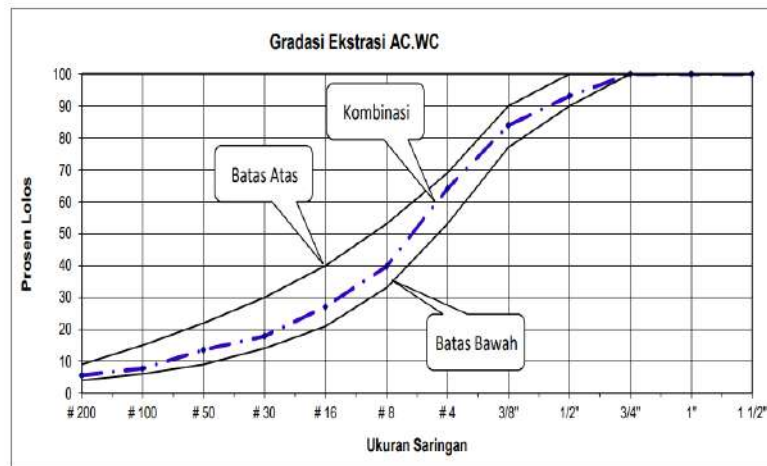
Pada Pemeriksaan berat jenis campuran aspal dengan 5 variasi kadar aspal yaitu 4,5% , 5 % , 5,5 % , 6% dan 6,5% dengan berat jenis maksimum aspal adalah 2,504 gr / cc.

#### 4.6. Ekstraksi

**Tabel 4.24.** Hasil Gradasi Ekstraksi

Br. Mineral (Gr) = 1373,1													
Uraian		Analisa saringan											
No. saringan		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
Berat tertahan	1												
Kumulatif	2	0,0	0,0	0,0	94,7	221,1	493,0	828,0	1001,0	1127,3	1187,8	1267,4	1296,2
% Tertahan	1												
Kumulatif	2	0,0	0,0	0,0	6,9	16,1	35,9	60,3	72,9	82,1	86,5	92,3	94,4
% Lolos	1												
Kumulatif	2	100,0	100,0	100,0	93,1	83,9	64,1	39,7	27,1	17,9	13,5	7,7	5,6
% lolos rata - rata		100,0	100,0	100,0	93,1	83,9	64,1	39,7	27,1	17,9	13,5	7,7	5,6
Batas Toleransi		100,0	100,0	100,0	99,0	89,8	66,9	42,0	27,5	18,7	13,6	7,8	5,8
Gradasi		100,0	100,0	100,0	89,6	81,2	60,5	39,6	25,9	17,7	12,8	7,4	5,6
JMF		100,0	100,0	100,0	94,3	85,5	63,7	40,9	26,7	18,2	13,2	7,6	5,7
Spesifikasi		100,0	100,0	100,0	100,0	90,0	69,0	53,0	40,0	30,0	22,0	15,0	9,0
		100,0	100,0	90,0	90,0	77,0	53,0	33,0	21,0	14,0	9,0	6,0	4,0

Hasil gradasi ekstraksi menunjukkan sebanyak 100 % merupakan agregat yang lolos saringan 1/2", 1" dan 3/4". Gradasi dari masing-masing saringan tidak melewati dari spesifikasi teknis yang telah ditentukan pada saringan No. #200 dengan saringan lolos 5,6 % tidak melebihi batas spesifikasi teknis sebesar 4 % sampai dengan 9%.



**Grafik 4.5.** Grafik Gradasi Ekstraksi

**Tabel 4.25.** Baca Grafik Gradasi Ekstraksi

No. Saringan	Prosentase Lolos	Spesifikasi	
	Kombinasi Lolos	Batas Bawah	Batas Atas
# 200	5.6	4.0	9.0
# 100	7.7	6.0	15.0
# 50	13.5	9.0	22.0
# 30	17.9	14.0	30.0
# 16	27.1	21.0	40.0
# 8	39.7	33.0	53.0
# 4	64.1	53.0	69.0
3/8"	83.9	77.0	90.0
1/2"	93.1	90.0	100.0
3/4"	100.0	100.0	100.0
1"	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	100.0	100.0	100.0

Pada tabel baca grafik gradasi Ekstraksi bahwa prosentase lolos saringan no. 200 atau 200 mm sampai dengan 1 1/2 “ tidak melewati spesifikasi teknis baik dari batas atas maupun batas bawah sehingga diperkenankan untuk dipakai agregat tersebut.

#### 4.7. Sifat-sifat Campuran Aspal Panas dengan Metode Marshall

**Tabel 4.26.** Sifat-sifat Campuran Aspal Panas dengan Metode Marshall  
SNI.06-2489-1991 / AASHTO T.245-90

Berat Jenis Aspal : 1,034      Grc : 2,665      Gsb : 2,656      Penyusutan (Abn) : 0,136																		
no beban uji	kadar aspal	berat di udara	berat di air	berat asid	volume isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga di antara agg (v <sub>ma</sub> )	% rongga dalam camp (v <sub>m</sub> )	% rongga terisi aspal (v <sub>fb</sub> )	stabilitas		kekakuan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)	luas permukaan agregat	kadar aspal efektif	tebal lapis aspal film	
											dibaca sejoli	di sewaktu						
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e-d	e/f	$\frac{100}{(100-b)}$ gsc T	$\frac{100-h}{(100-b)}$ gsb	$\frac{100-i}{(100-b)}$ a	$\frac{100-j}{(100-b)}$ i				m/n	lihat kombinasi agregat	b- (Abn*(100-b) /100)	$\frac{1000(b-c)}{p(100-b)}$	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(stre)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	(m <sup>2</sup> /kg)	(m <sup>2</sup> /kg)	(mm)	
1		1179,6	680,8	1184,9	904,1	2,340					101	1096	3,70					
2		1180,4	679,1	1183,1	906,0	2,333					97	1063	3,80					
3		1178,5	680,2	1183,3	906,1	2,335					95	1074	3,60					
rata-rata =	5,80					2,336	2,452	17,15	4,73	72,41		1078	3,70	281,3	5,57	5,67	10,13	
4		1181,7	680,6	1186,7	906,1	2,335					92	1008	3,90					
5		1180,8	680,7	1186,2	906,5	2,336					90	986	3,80					
6		1181,1	680,8	1186,6	906,6	2,335					92	1008	3,90					
rata-rata =	5,80					2,335	2,452	17,17	4,76	72,29		1001	3,87	288,9	5,57	5,67	10,13	
STABILITAS TERSIKA SETELAH PERENDAMAN 24 JAM SUHU 60 ° C =											101	:	1078	x 100 =	92,88 %			

Dari Hasil Pembacaan Sifat-sifat campuran Aspal Panas dengan Metode Marshall digunakan kadar aspal optimum sebesar 5,7% dengan perhitungan Stabilitas Tersisa Setelah Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60 ° C adalah  $(1001:1078) \times 100 = 92,88\%$

Dari Hasil Pembacaan Sifat-sifat campuran Aspal Panas dengan Metode Marshall digunakan kadar aspal optimum sebesar 5,7% dengan perhitungan Stabilitas Tersisa Setelah Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60 ° C adalah  $(1001:1078) \times 100 = 92,99\%$



#### 4.8. Rekapitulasi Hasil Campuran Aspal

**Tabel 4.27.** Rekapitulasi Hasil Campuran Aspal

Gradasi Material						
Sieve Size	Hasil Pemeriksaan			Toleransi	Spesifikasi	
	Agregat	Ekstrak	Gradasi		Min	Max
1"	100.0	100.0	100.0	± 5 %	100.0	100.0
¾"	100.0	100.0	100.0	± 5 %	100.0	100.0
½"	94.3	93.1	94.3	± 5 %	90.0	100.0
3/8"	85.4	83.9	85.5	± 5 %	77.0	90.0
#4	64.1	64.1	63.7	± 5 %	53.0	69.0
#8	40.7	39.7	40.9	± 3 %	33.0	53.0
#16	26.0	27.1	26.7	± 3 %	21.0	40.0
#30	17.8	17.9	18.2	± 3 %	14.0	30.0
#50	12.9	13.5	13.2	± 3 %	9.0	22.0
#100	7.4	7.7	7.6	± 2 %	6.0	15.0
#200	4.8	5.6	4.7	± 1 %	4.0	9.0

Dari Rekapitulasi Hasil Campuran Aspal dapat diperoleh gradasi pada saringan no. 200 atau 200 mm sebanyak 5,7% dan gradasi pada saringan 1" sebanyak 100% sehingga tidak melewati batas atas dan batas bawah dari spesifikasi teknis.

#### 4.9. Gradasi Material Agregat

**Tabel 5.28.** Gradasi Material Agregat

Ukuran Saringan		Kombinasi Gradasi		Spesifikasi	Toleransi
mm	Inchi	Agregat	Ekstrak		
25.4	1"	100.00	100.00	100	} ± 5 %
19.1	¾"	100.00	100.00	100	
12.7	½"	93.96	92.53	90 – 100	
9.5	3/8"	82.17	86.22	77 – 90	
4.75	# 4	59.15	62.14	53 – 69	} ± 3 %
2.38	# 8	38.27	38.74	33 – 53	
1.18	# 16	26.43	27.11	21 – 40	
0.60	# 30	18.22	19.36	14 – 30	
0.30	# 50	13.08	12.98	9 – 22	} ± 2 %
0.15	# 100	7.44	8.10	6 – 15	
0.075	# 200	5.62	4.83	4 – 9	
					± 1 %

Dari Pengujian gradasi material Agregat yang dikombinasikan dengan gradasi ekstraksi di dapatkan ukuran saringan No. 200 atau 0,075 mm sebanyak 5,83 % pada gradasi Agregat dan sebanyak 5,62 % pada ekstraksi.

#### 4.10. Rekapitulasi Sifat –sifat Campuran

**Tabel 4.29.** Gradasi Material Agregat

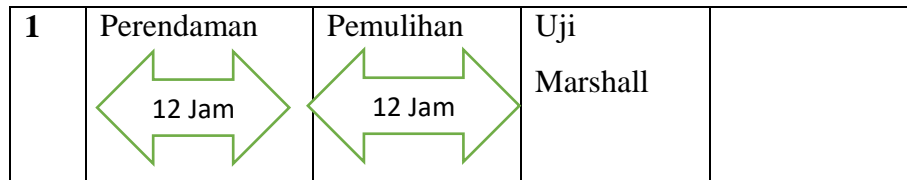
<b>Uraian</b>	<b>Sifat-sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Spesifikasi</b>
Berat Jenis Bulk ( JSD )	2.347	-
Rongga Udara ( PRD )	2.5	Min 2 %
Rongga Udara ( VIM )	4.3	3.0 – 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	16.7	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	74.00	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1170	Min 800 Kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	3.6	2.0 – 4.0
Marshall Quotient	300	-
Stabilitas Sisa Stlh Perendaman 24 Jam	91.83	Min 90 %
Kadar Aspal Optimum	4.8	-

Dari hasil rekapitulasi Sifat-sifat Campuran aspal dapat disimpulkan bahwa Stabilitas Marshall sebesar 1170 Kg, Kelelehan plastis sebesar 3,6 dan Kadar Aspal Optimum adalah 5,7 %.

#### 4.11. Hasil Perendaman berkala Air Banjir

##### 4.11.1. Hasil Perendaman berkala #1 LDPE 0% Perendaman 24 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.2.** Perendaman berkala banjir #1

**Tabel 4.30.** Hasil Perendaman berkala banjir #1

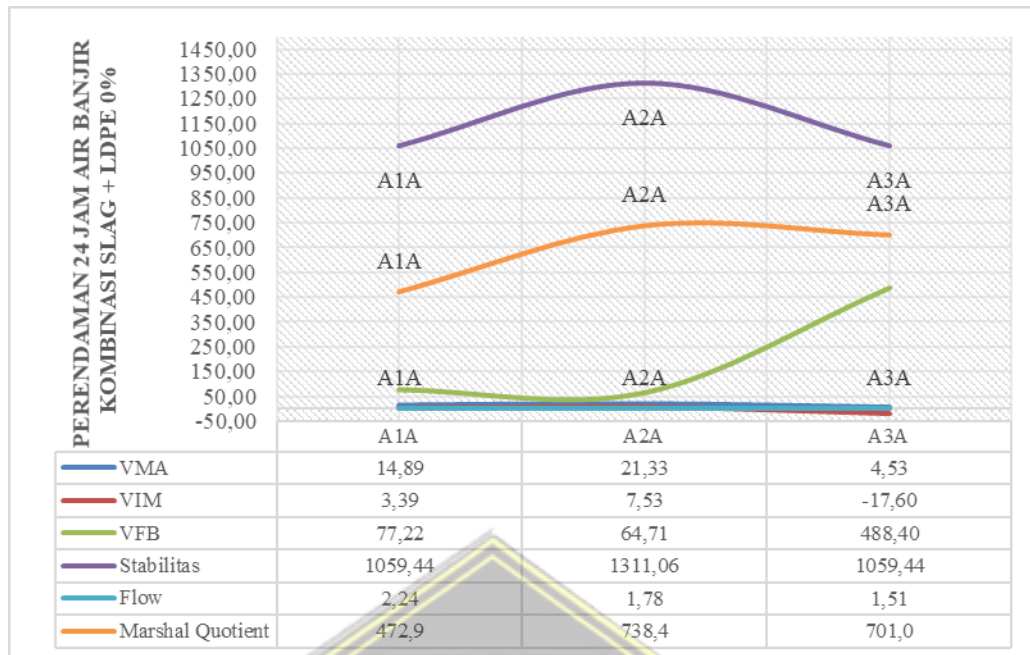
PERENDAMAN BERKALA 24 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 0%)															
BJ Aspal (T) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616				Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg			
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji							camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arjoi	sesuaikan	(flow)	(mq)	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gsb	100 - (100 - g) / h	100(i - j) / i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)					
1	0%	5,7	1105,0	641,0	1109,0	468,0	2,361	2,444	14,89	3,39	77,22	80,00	1059,44	2,24	472,9
							2,361	2,444	14,89	3,39	77,22	80,00	1059,44	2,24	472,9
1	50%	5,7	1161,0	635,0	1167,0	532,0	2,182	2,360	21,33	7,53	64,71	99,00	1311,06	1,78	738,4
							2,182	2,360	21,33	7,53	64,71	99,00	1311,06	1,78	738,4
1	100%	5,7	1160,0	725,0	1163,0	438,0	2,648	2,252	4,53	-17,60	488,40	80,00	1059,44	1,51	701,0
							2,648	2,252	4,53	-17,60	488,40	80,00	1059,44	1,51	701,0

**Tabel 4.31.** Hasil Perendaman berkala banjir #1

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	3,39	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,89	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	77,22	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,24	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	472,9	0 %	-

Rongga Udara ( VIM )	7,53	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	21,33	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	64,71	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1311,06	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,78	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	738,4	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-17,60	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	4,53	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	488,40	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,51	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	701,0	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #1 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 100% dengan kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -17,60 %.

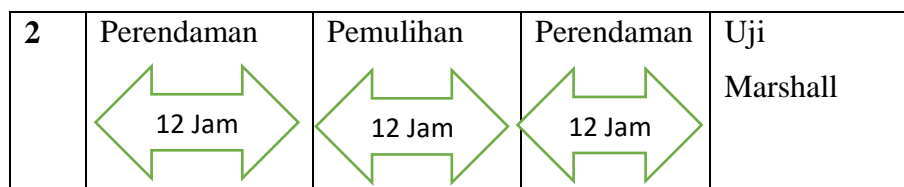


**Grafik 4.6.** Hasil Perendaman berkala banjir #1

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 50 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.2. Hasil Perendaman berkala #2 LDPE 0% Perendaman 36 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.3.** Perendaman berkala banjir #2

**Tabel 4.32. Hasil Perendaman berkala banjir #2**

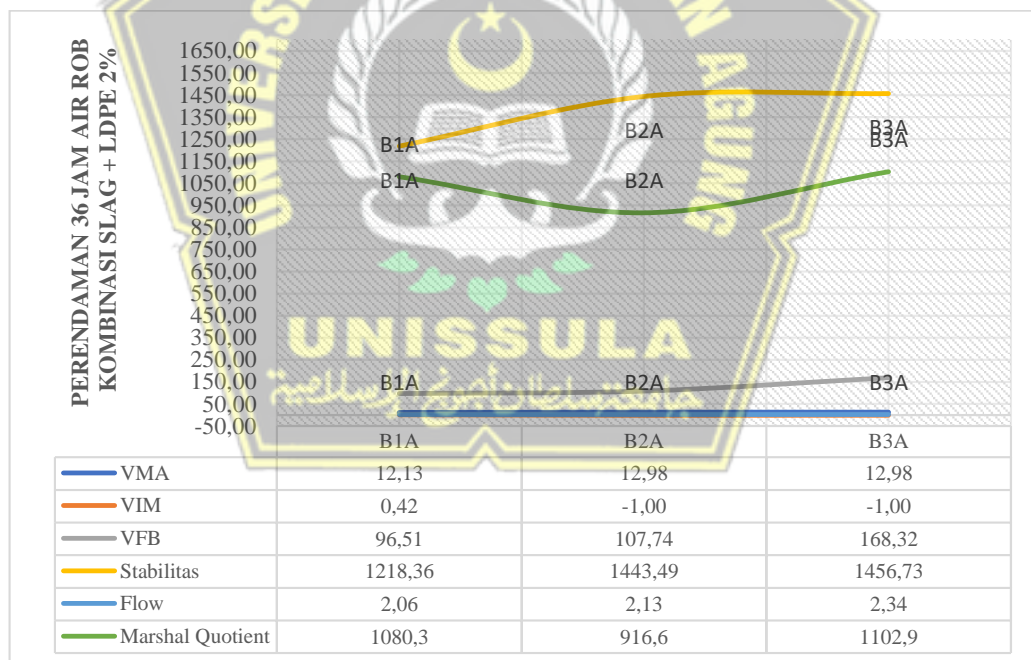
PERENDAMAN BERKALA 36 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 0%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039			BJ Efektif Total Agregat (Gse) :2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg				
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas		kelelahan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c/f	GMM	100 - (100 - b)g gsb	100 - (100*g) h	100(i-i) i	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1180,0	694,8	1193,0	498,2	2,369	2,444	14,62	3,09	78,88	80,00	1059,44	1,55	683,8
							2,369	2,444	14,62	3,09	78,88	80,00	1059,44	1,55	683,8
1	50%	5,7	1164,0	692,4	1176,8	484,4	2,403	2,360	13,38	-1,82	113,61	109,00	1443,49	1,45	997,0
							2,403	2,360	13,38	-1,82	113,61	109,00	1443,49	1,45	997,0
1	100%	5,7	1177,0	697,8	1186,2	488,4	2,410	2,252	13,13	-7,01	153,41	97,00	1284,57	2,31	555,8
							2,410	2,252	13,13	-7,01	153,41	97,00	1284,57	2,31	555,8

**Tabel 4.33. Hasil Perendaman berkala banjir #2**

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	3,09	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,62	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	78,88	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,55	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	683,8	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,82	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,38	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	113,61	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1143,49	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,45	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	997,0	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-7,01	100 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	13,13	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	153,41	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1284,57	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,31	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	555,8	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #2 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -1,82% dan -7,01%.



**Grafik 4.7.** Hasil perendaman berkala banjir #2

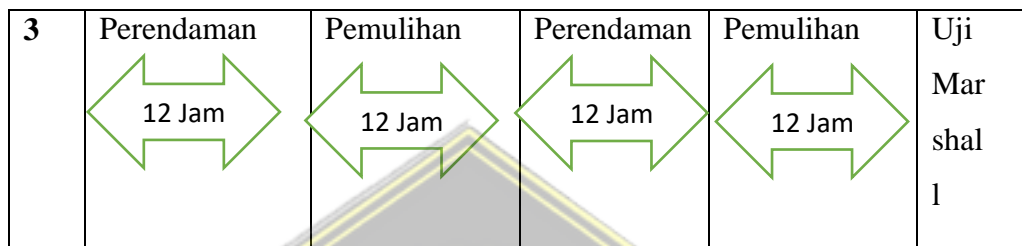
Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan



memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.3. Hasil Perendaman berkala #3 LDPE 0% Perendaman 48 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.4.** Perendaman berkala banjir #3

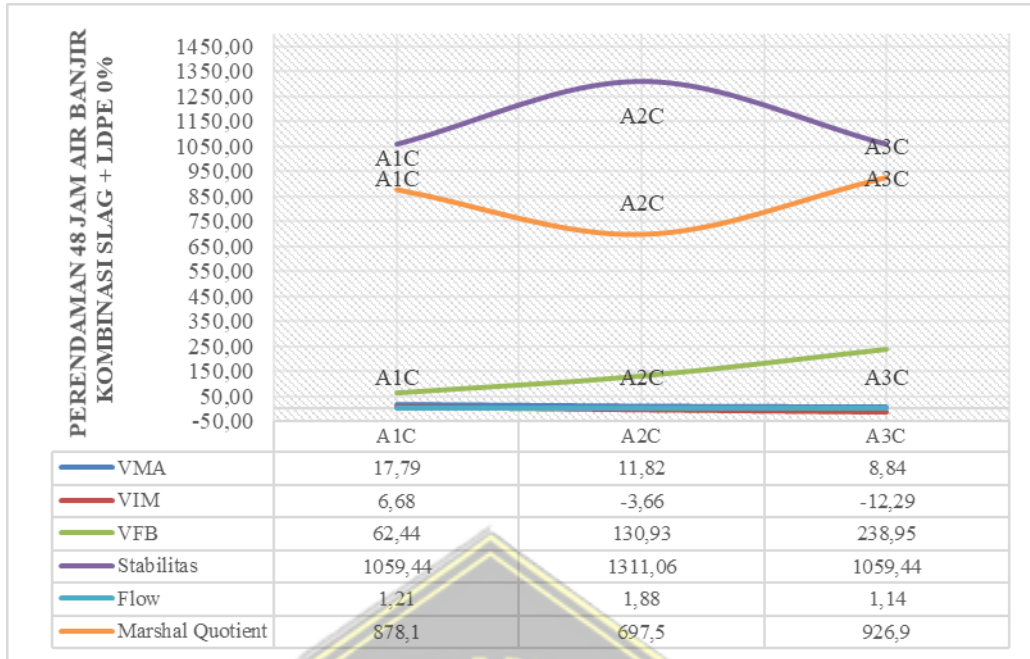
**Tabel 4.34.** Hasil Perendaman berkala banjir #3

PERENDAMAN BERKALA 48 JAM DENGAN AIR BANJIR (( kombinasi Slag + LDPE 0% )															
BJ Aspal ( T ) : 1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dim air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji							camp. Agg	camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i -				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100°q)	i				m / n
		campuran							gsb	h					
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1165,0	659,2	1170,0	510,8	2,281	2,444	17,79	6,68	62,44	80,00	1059,44	1,21	878,1
							2,281	2,444	17,79	6,68	62,44	80,00	1059,44	1,21	878,1
1	50%	5,7	1161,0	689,4	1164,0	474,6	2,446	2,360	11,82	-3,66	130,93	99,00	1311,06	1,88	697,5
							2,446	2,360	11,82	-3,66	130,93	99,00	1311,06	1,88	697,5
1	100%	5,7	1187,0	717,6	1187,0	469,4	2,529	2,252	8,84	-12,29	238,95	80,00	1059,44	1,14	926,9
							2,529	2,252	8,84	-12,29	238,95	80,00	1059,44	1,14	926,9

**Tabel 4.35.** Hasil Perendaman berkala banjir #3

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	6,68	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	17,79	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	62,44	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,21	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	878,1	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-3,66	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,82	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	130,93	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1311,06	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,88	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	697,5	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-12,29	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	8,84	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	238,95	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,14	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	926,9	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #3 yaitu pada Slag 0%, 50%, dan 100% dengan kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

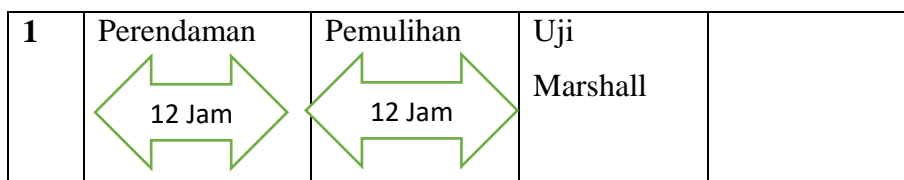


**Grafik 4.8.** Hasil Perendaman berkala banjir #3

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.4. Hasil Perendaman berkala #4 LDPE 2 % Perendaman 24 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.5.** Perendaman berkala banjir #4

**Tabel 4.36. Hasil Perendaman berkala banjir #4**

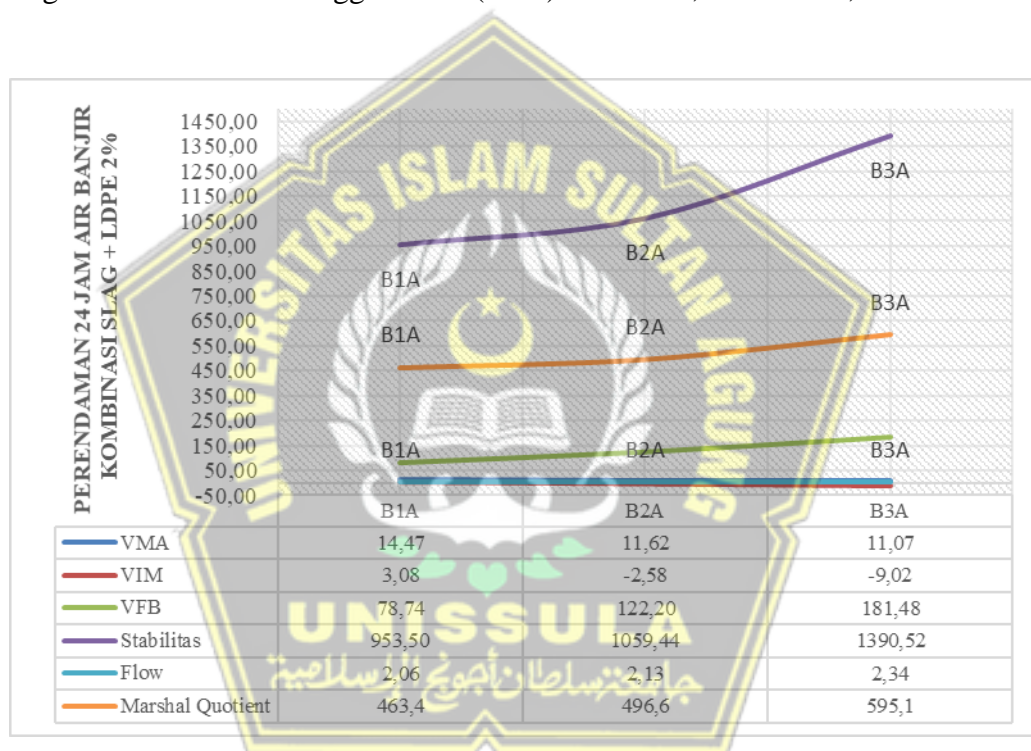
PERENDAMAN BERKALA 24 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 2%)																
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662	BJ Total Agg (Gsb) :			2,616	Kalibrasi Proving Ring =					13,243 Kg
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	di sesuaikan	kelelahan plastis ( flow )	hasil bagi marshall ( mq )	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - blg gsb	100 - (100 * q) h	100(i-i) i	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)		
1	0%	5,7	1181,6	691,0	1189,0	498,0	2,373	2,448	14,47	3,08	78,74	72,00	953,50	2,06	463,4	
							2,373	2,448	14,47	3,08	78,74	72,00	953,50	2,06	463,4	
1	50%	5,7	1176,8	699,0	1179,0	480,0	2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	80,00	1059,44	2,13	496,6	
							2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	80,00	1059,44	2,13	496,6	
1	100%	5,7	1176,8	705,0	1182,0	477,0	2,467	2,263	11,07	-9,02	181,48	105,00	1390,52	2,34	595,1	
							2,467	2,263	11,07	-9,02	181,48	105,00	1390,52	2,34	595,1	

**Tabel 4.37. Hasil Perendaman berkala banjir #4**

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM )	3,08	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,47	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	78,74	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	953,50	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,06	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	463,4	0 %	-
Rongga Udara (VIM )	-2,58	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	122,20	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,13	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	496,6	50 %	-
Rongga Udara (VIM )	-9,02	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,07	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	181,48	100 %	Min 65 %

Stabilitas Marshall	1390,52	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,34	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	595,1	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #4 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -2,58% dan -9,02%.

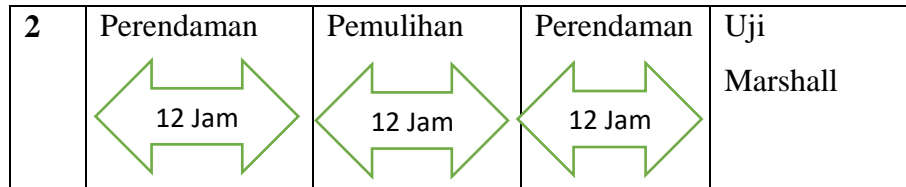


**Grafik 4.9.** Hasil Perendaman berkala banjir #4

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.5. Hasil Perendaman berkala #5 LDPE 2% Perendaman 36 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.6.** Perendaman berkala banjir #5

**Tabel 4.38.** Hasil Perendaman berkala banjir #5

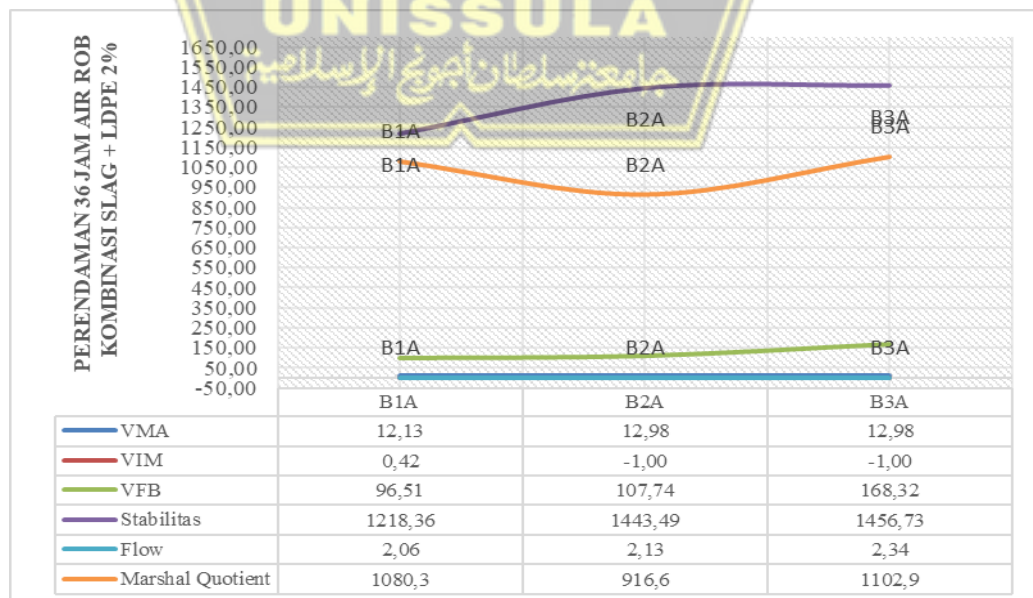
PERENDAMAN BERKALA 36 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 2%)																		
BJ Aspal (T) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gsa) :			2,662			BJ Total Agg (Gsb) :			2,616		Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam	% rongga terisi	stabilitas dibaca arloji	kelelahan di plastis ( flow )	hasil bagi marshall (mq)				
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o				
	% berat total campuran (%)	data timbang (gr)	data timbang (gr)	data timbang (gr)	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb (%)	100 - (100 - g) h (%)	100(i - j) i (%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)				
1	0%	5,7	1160,8	690,0	1166,2	476,2	2,438	2,448	12,13	0,42	96,51	92,00	1218,36	1,13	1080,3			
							2,438	2,448	12,13	0,42	96,51	92,00	1218,36	1,13	1080,3			
1	50%	5,7	1165,0	692,2	1174,8	482,6	2,414	2,390	12,98	-1,00	107,74	109,00	1443,49	1,57	916,6			
							2,414	2,390	12,98	-1,00	107,74	109,00	1443,49	1,57	916,6			
1	100%	5,7	1176,0	710,4	1191,2	480,8	2,446	2,263	11,83	-8,08	168,32	110,00	1456,73	1,32	1102,9			
							2,446	2,263	11,83	-8,08	168,32	110,00	1456,73	1,32	1102,9			

**Tabel 4.39.** Hasil Perendaman berkala banjir #5

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	0,42	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	12,13	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	96,51	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1218,36	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,13	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1080,3	0 %	-

Rongga Udara ( VIM )	-1,00	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	12,98	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	107,74	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	916,6	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,57	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	916,6	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,08	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	11,83	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	168,32	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1456,73	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,32	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1102,9	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #5 yaitu pada Slag 0%, 50%, dan 100% dengan kadar LDPE 2% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

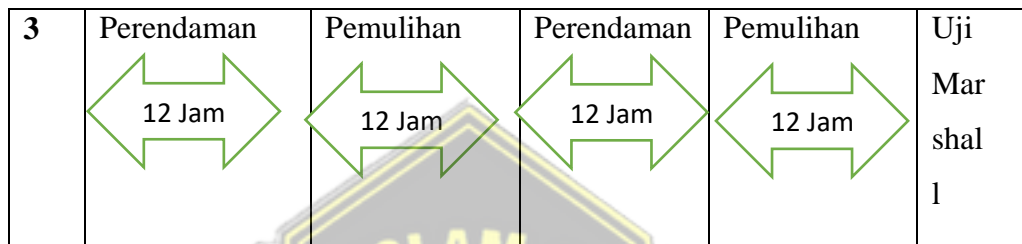


**Grafik 4.10.** Hasil Perendaman berkala banjir #5

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.11.6. Hasil Perendaman berkala #6 LDPE 2% Perendaman 48 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.7. Perendaman berkala banjir #6

Tabel 4.40. Hasil Perendaman berkala banjir #6

PERENDAMAN BERKALA 48 JAM DENGAN AIR BANJIR ( ( kombinasi Slag + LDPE 2% )															
BJ Aspal ( T ) :		1,039				BJ Efektif Total Agregat (Gse) :2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616				Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg	
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji							camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(wb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mg)	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data		c/f	GMM	100 -	100 -	100(i-i)				m / n
		total	timbang	timbang	timbang	e - d			(100 - b)g	(100*g)	i				
		campuran	(gr)	(gr)	(gr)				gsb	h		(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
		(%)							(%)	(%)	(%)				
1	0%	5,7	1264,6	727,2	1266,0	538,8	2,347	2,448	15,39	4,12	73,22	27,00	357,56	2,30	155,5
							2,347	2,448	15,39	4,12	73,22	27,00	357,56	2,30	155,5
1	50%	5,7	1160,0	693,0	1171,0	478,0	2,427	2,390	12,52	-1,54	112,29	85,00	1125,66	0,89	1266,2
							2,427	2,390	12,52	-1,54	112,29	85,00	1125,66	0,89	1266,2
1	100%	5,7	1156,0	696,0	1169,0	473,0	2,444	2,263	11,90	-8,00	167,20	60,00	794,58	1,52	521,4
							2,444	2,263	11,90	-8,00	167,20	60,00	794,58	1,52	521,4

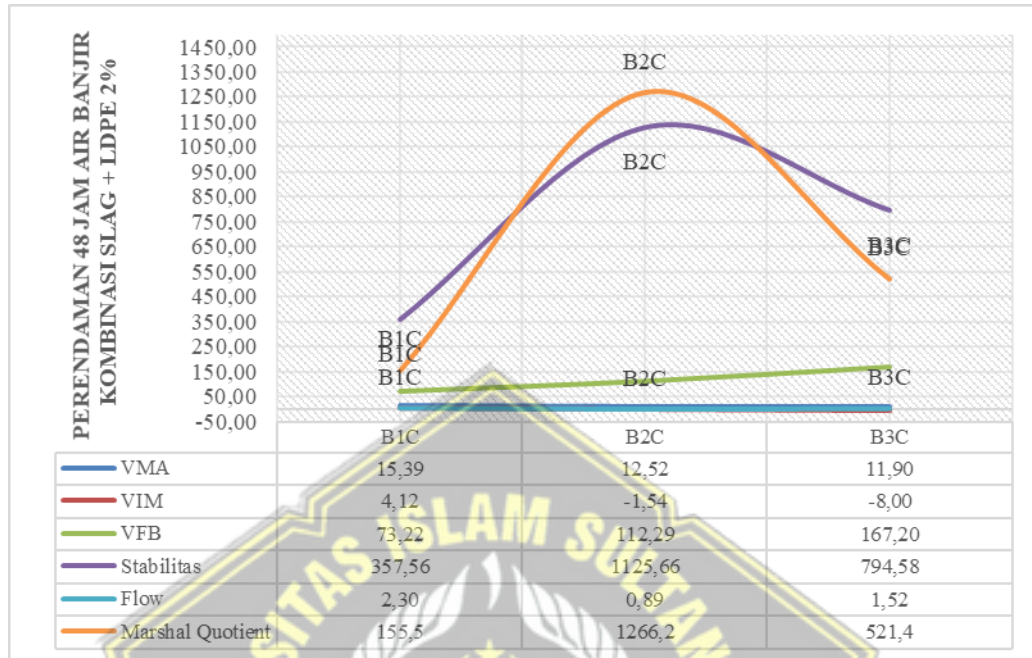


**Tabel 4.41.** Hasil Perendaman berkala banjir #6

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	4,12	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	15,39	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	73,22	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	357,56	0 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	2,30	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	155,5	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,54	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,52	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	112,29	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	50 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	0,89	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1266,2	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,00	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	11,90	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	167,20	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	794,58	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	1,52	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	521,4	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #6 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 2%

tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -1,54% dan -8,00% .

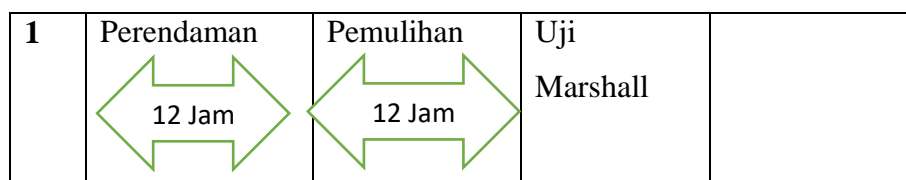


**Grafik 4.11.** Hasil Perendaman berkala banjir #6

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.7. Hasil Perendaman berkala #7 LDPE 4 % Perendaman 24 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.8.** Perendaman berkala banjir #7

**Tabel 4.42. Hasil Perendaman berkala banjir #7**

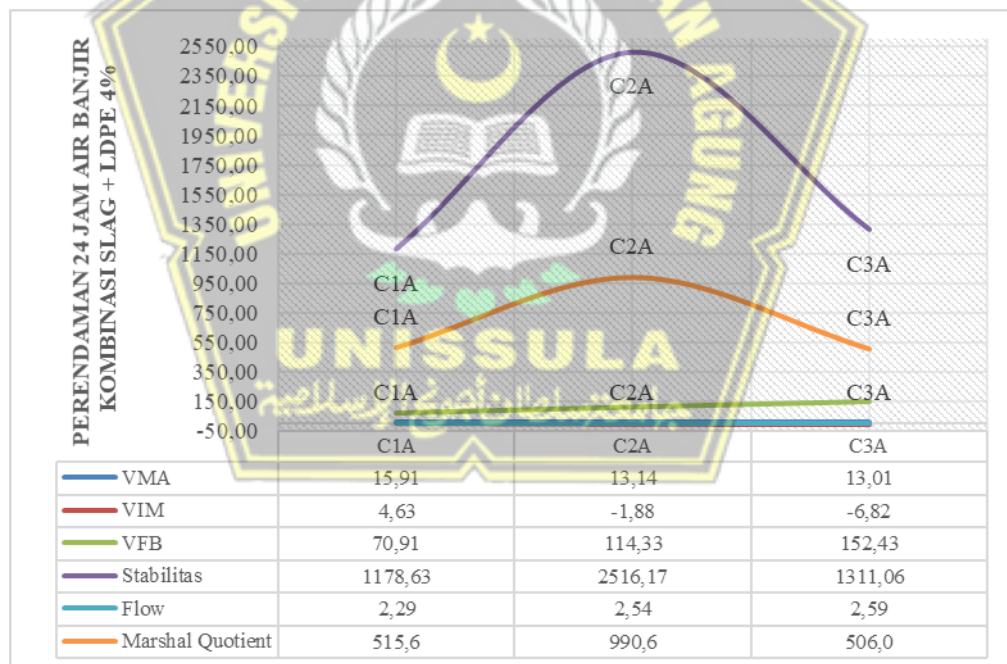
PERENDAMAN BERKALA 24 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 4%)																
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662	BJ Total Agg (Gsb) :			2,616	Kalibrasi Proving Ring =					13,243 Kg
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dim air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan di sesuaikan	plastis ( flow )	hasil bagi marshall ( mq )	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g	100 - (100 - g)h	$\frac{100(i-j)}{i}$	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )		
	( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )						
1	0%	5,7	1152,4	664,0	1158,0	494,0	2,333	2,446	15,91	4,63	70,91	89,00	1178,63	2,29	515,6	
							2,333	2,446	15,91	4,63	70,91	89,00	1178,63	2,29	515,6	
1	50%	5,7	1110,8	654,0	1115,0	461,0	2,410	2,365	13,14	-1,88	114,33	190,00	2516,17	2,54	990,6	
							2,410	2,365	13,14	-1,88	114,33	190,00	2516,17	2,54	990,6	
1	100%	5,7	1139,0	675,0	1147,0	472,0	2,413	2,259	13,01	-6,82	152,43	99,00	1311,06	2,59	506,0	
							2,413	2,259	13,01	-6,82	152,43	99,00	1311,06	2,59	506,0	

**Tabel 4.43. Hasil Perendaman berkala banjir #7**

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	4,63	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	15,91	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	70,91	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1178,63	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,29	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	515,6	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,88	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	13,14	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	114,33	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2516,17	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,54	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	990,6	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-6,82	100 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	13,01	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFB)	152,43	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1311,06	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow)	2,59	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	506,0	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #7 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 100% dan 50% dengan kadar LDPE 4% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -1,88% dan -6,82% .



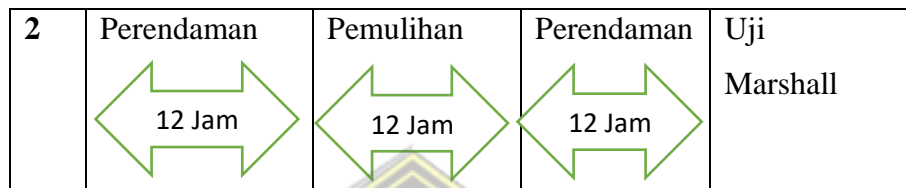
**Grafik 4.12.** Hasil Perendaman berkala banjir #7

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan

memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.8. Hasil Perendaman berkala #8 LDPE 4% Perendaman 36 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.9.** Perendaman berkala banjir #8

**Tabel 4.44.** Hasil Perendaman berkala banjir #8

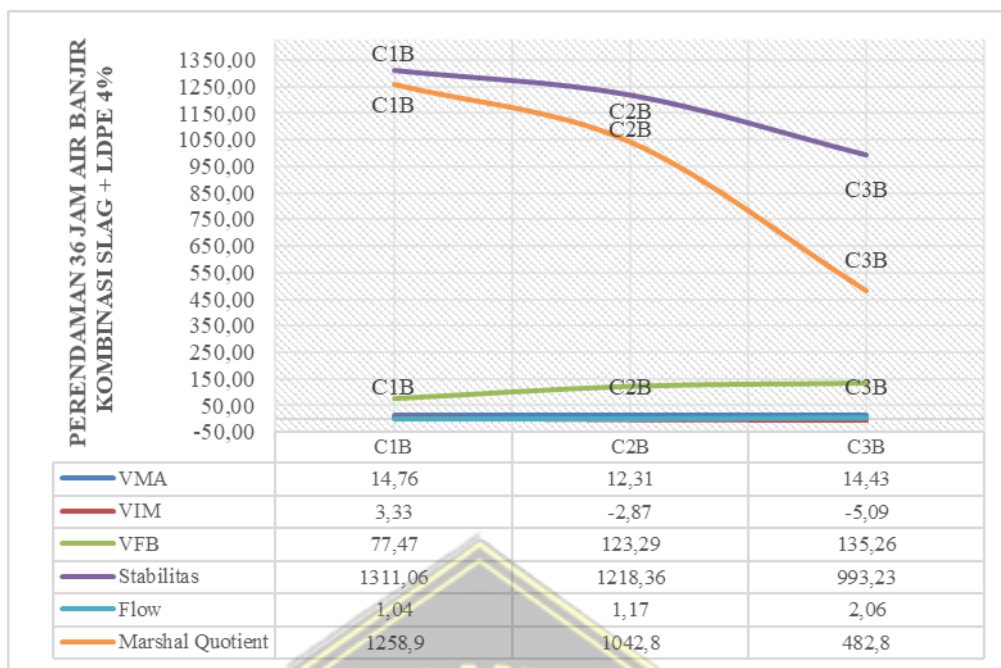
PERENDAMAN BERKALA 36 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 4%)															
BJ Aspal ( T ) : 1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji							camp. Agg	camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data		c/f	GMM	100 -	100 -	100(i -				m/n
		total	timbang	timbang	timbang	e - d			(100 - b)g	(100 - p)	i				
		campuran							gsb	h		(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)				
1	0%	5,7	1153,0	677,4	1165,0	487,6	2,365	2,446	14,76	3,33	77,47	99,00	1311,06	1,04	1258,9
							2,365	2,446	14,76	3,33	77,47	99,00	1311,06	1,04	1258,9
1	50%	5,7	1110,8	674,4	1131,0	456,6	2,433	2,365	12,31	-2,87	123,29	92,00	1218,36	1,17	1042,8
							2,433	2,365	12,31	-2,87	123,29	92,00	1218,36	1,17	1042,8
1	100%	5,7	1139,0	725,2	1205,0	479,8	2,374	2,259	14,43	-5,09	135,26	75,00	993,23	2,06	482,8
							2,374	2,259	14,43	-5,09	135,26	75,00	993,23	2,06	482,8

**Tabel 4.45.** Hasil Perendaman berkala banjir #8

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	3,33	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,76	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	77,47	0 %	Min 65 %

Stabilitas Marshall	1311,06	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,04	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1258,9	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-2,87	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,31	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	123,29	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1218,36	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,17	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1042,8	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-5,09	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,43	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	135,26	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	993,23	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,06	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	482,8	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #8 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 4% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -2,87% dan -5,09% .

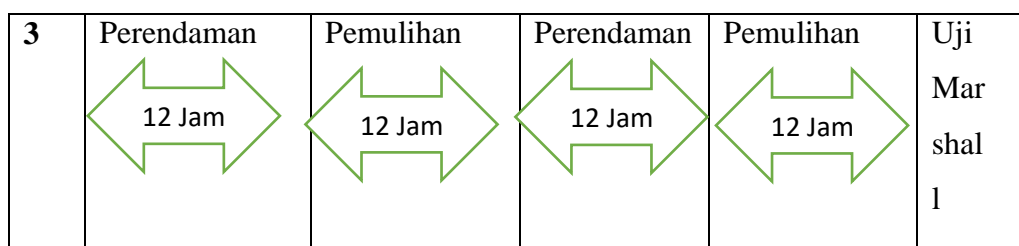


**Grafik 4.13.** Hasil Perendaman berkala banjir #8

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.9. Hasil Perendaman berkala #9 LDPE 4% Perendaman 48 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.10.** Perendaman berkala banjir #9

**Tabel 4.46. Hasil Perendaman berkala banjir #9**

PERENDAMAN BERKALA 48 JAM DENGAN AIR BANJIR (( kombinasi Slag + LDPE 4%))																			
BJ Aspal (T) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662			BJ Total Agg (Gsb) :			2,616			Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi				
benda	SLAG	aspal	di udara	dilm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall				
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o				
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)								
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c/f	GMM	(100 - b)q	(100*g)	i				m/n				
		campuran							gsb	h									
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)				
1	0%	5,7	1174,0	664,0	1186,0	522,0	2,249	2,446	18,93	8,05	57,46	75,00	993,23	2,16	460,0				
	0%	5,7					2,249	2,446	18,93	8,05	57,46	75,00	993,23	2,16	460,0				
1	50%	5,7	1166,0	693,4	1180,0	486,6	2,396	2,365	13,62	-1,32	109,69	78,00	1032,95	1,79	578,5				
	50%	5,7					2,396	2,365	13,62	-1,32	109,69	78,00	1032,95	1,79	578,5				
1	100%	5,7	1170,0	699,0	1180,0	481,0	2,432	2,259	12,32	-7,68	162,33	70,00	927,01	2,08	445,1				
	100%	5,7					2,432	2,259	12,32	-7,68	162,33	70,00	927,01	2,08	445,1				

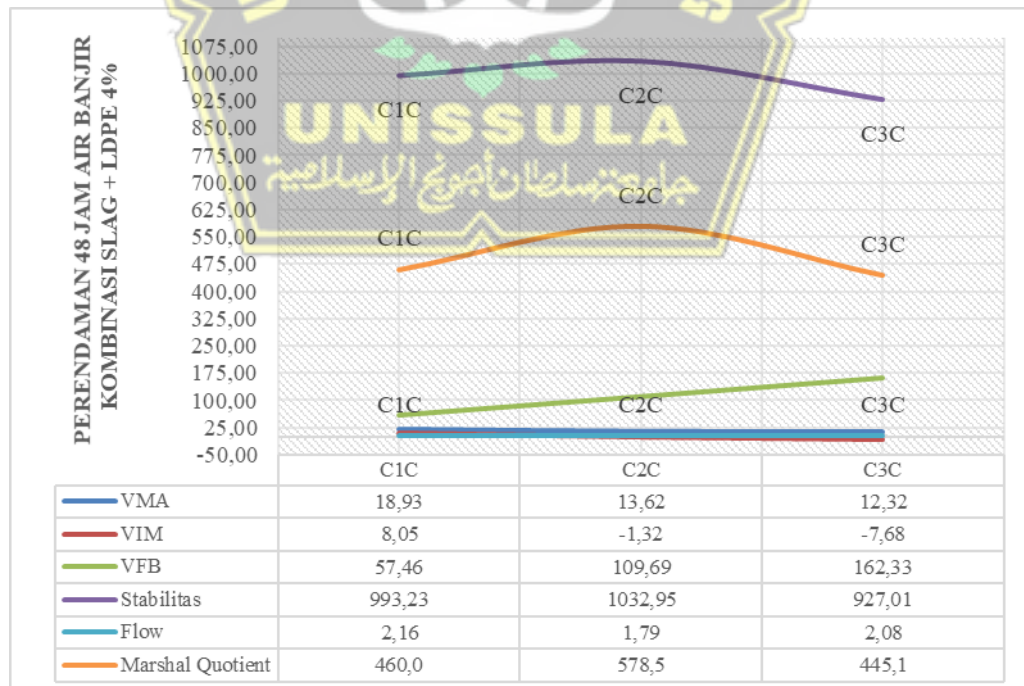
**Tabel 4.47. Hasil Perendaman berkala banjir #9**

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	8,05	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	18,93	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	57,46	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	993,23	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,16	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	460,0	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,32	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	13,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	162,33	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1032,95	50 %	Min 800 kg



Kelelahan Plastis ( Flow )	1,79	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	578,5	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-7,68	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,32	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	162,33	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	927,01	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,08	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	445,1	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #9 yaitu pada 0%, 50% dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

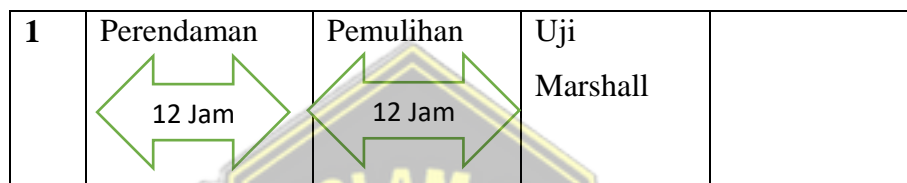


**Grafik 4.14.** Hasil Perendaman berkala banjir #9

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.10. Hasil Perendaman berkala #10 LDPE 6 % Perendaman 24 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.11.** Perendaman berkala banjir #10

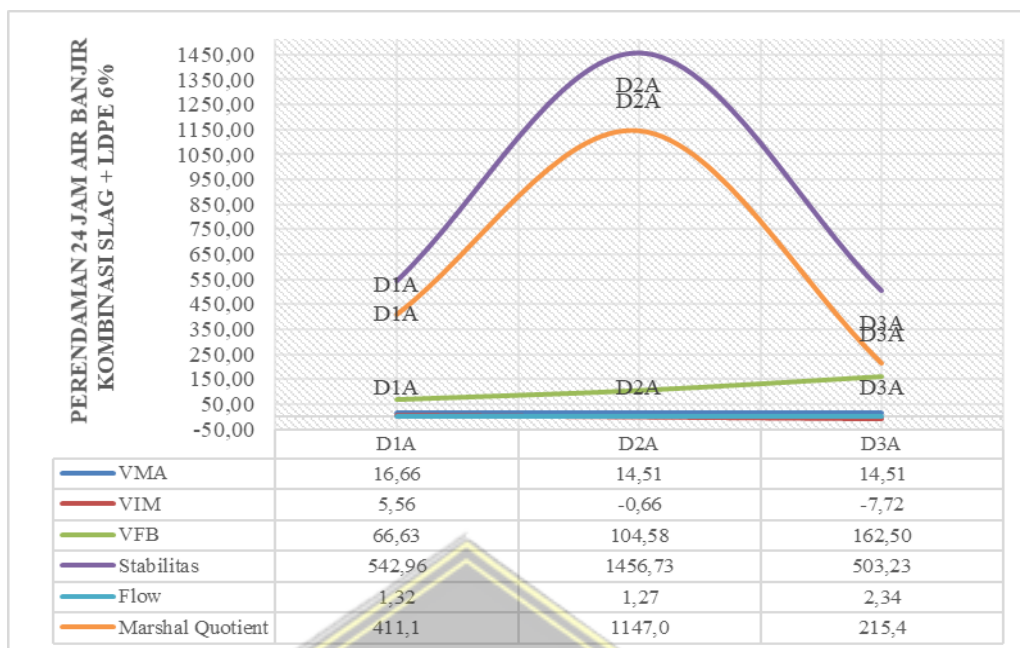
**Tabel 4.48.** Hasil Perendaman berkala banjir #10

PERENDAMAN BERKALA 24 JAM DENGAN AIR BANJIR (kombinasi Slag + LDPE 6%)															
BJ Aspal (T) :		1,039			BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg				
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dim air	berat ss d	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp.(vm)	% rongga terisi aspal.(vfb)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan di sesuaikan	hasil bagi marshall (flow)	hasil bagi marshall (mq)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100-b)q gsb	100 - (100-g)h	100(i-f) i				m / n	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
1	0%	5,7	1149,0	665,0	1162,0	497,0	2,312	2,448	16,66	5,56	66,63	41,00	542,96	1,32	411,1
							2,312	2,448	16,66	5,56	66,63	41,00	542,96	1,32	411,1
1	50%	5,7	1171,6	690,0	1184,0	494,0	2,372	2,356	14,51	-0,66	104,58	110,00	1456,73	1,27	1147,0
							2,372	2,356	14,51	-0,66	104,58	110,00	1456,73	1,27	1147,0
1	100%	5,7	1164,6	699,0	1178,0	479,0	2,431	2,257	12,36	-7,72	162,50	38,00	503,23	2,34	215,4
							2,431	2,257	12,36	-7,72	162,50	38,00	503,23	2,34	215,4

**Tabel 4.49.** Rekap Perendaman berkala banjir #10

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	5,56	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	16,66	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	66,63	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	542,96	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,32	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	411,1	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-0,66	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,51	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	104,58	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1456,73	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,27	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1147,0	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-7,72	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,36	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	162,50	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	503,23	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,34	100 %	2.0 - 4.0

Hasil Perendaman berkala #10 yaitu pada 0%, 50% dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

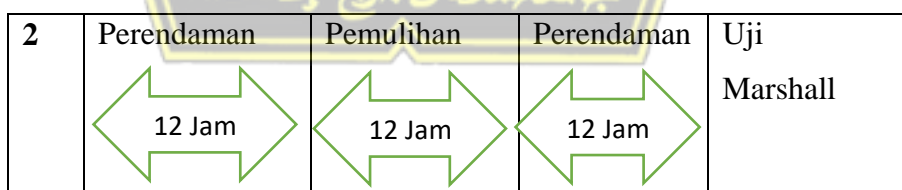


**Grafik 4.15.** Hasil Perendaman berkala banjir #10

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50% dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.11.11. Hasil Perendaman berkala #11 LDPE 6% Perendaman 36 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.12.** Perendaman berkala banjir #11

**Tabel 4.50.** Hasil Perendaman berkala banjir #11

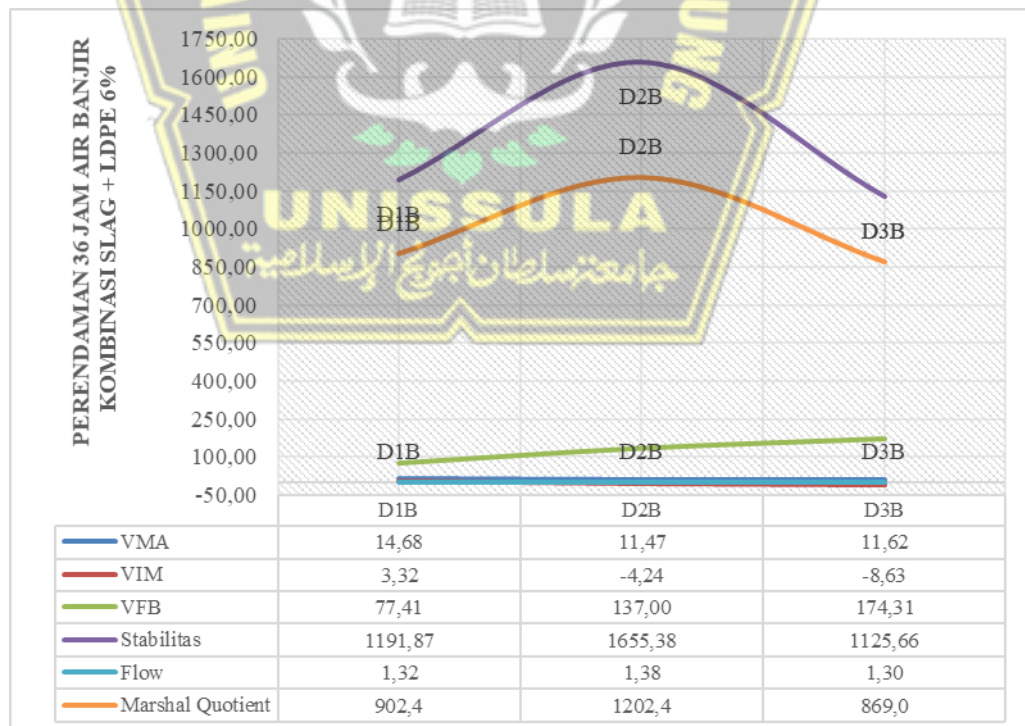
PERENDAMAN BERKALA 36 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 6%)																	
BJ Aspal ( T ) :		1,039				BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616				Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg			
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas		kelelahan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		
		% berat total campuran (%)	data timbang (gr)	data timbang (gr)	data timbang (gr)	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb (%)	100 - (100 * g) h (%)	100(i+j) i (%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)		
1	0%	5,7	1146,0	672,0	1156,2	484,2	2,367	2,448	14,68	3,32	77,41	90,00	1191,87	1,32	902,4		
							2,367	2,448	14,68	3,32	77,41	90,00	1191,87	1,32	902,4		
1	50%	5,7	1126,8	679,0	1137,8	458,8	2,456	2,356	11,47	-4,24	137,00	125,00	1655,38	1,38	1202,4		
							2,456	2,356	11,47	-4,24	137,00	125,00	1655,38	1,38	1202,4		
1	100%	5,7	1171,0	703,8	1181,4	477,6	2,452	2,257	11,62	-8,63	174,31	85,00	1125,66	1,30	869,0		
							2,452	2,257	11,62	-8,63	174,31	85,00	1125,66	1,30	869,0		

**Tabel 4.51.** Hasil Perendaman berkala banjir #11

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	3,32	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,68	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	77,41	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1191,87	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,32	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	902,4	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-4,24	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	11,47	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	137,00	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1655,38	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,38	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1202,4	50 %	-

Rongga Udara ( VIM )	-8,63	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,62	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	174,31	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,30	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	869,0	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #11 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 6% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -4,24% dan -8,63%.

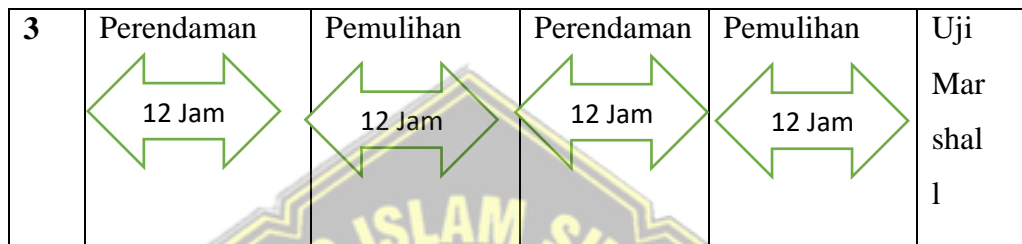


**Grafik 4.16.** Hasil Perendaman berkala banjir #11

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.11.12. Hasil Perendaman berkala #12 LDPE 6% Perendaman 48 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.13. Perendaman berkala banjir #12

Tabel 4.52. Hasil Perendaman berkala banjir #12

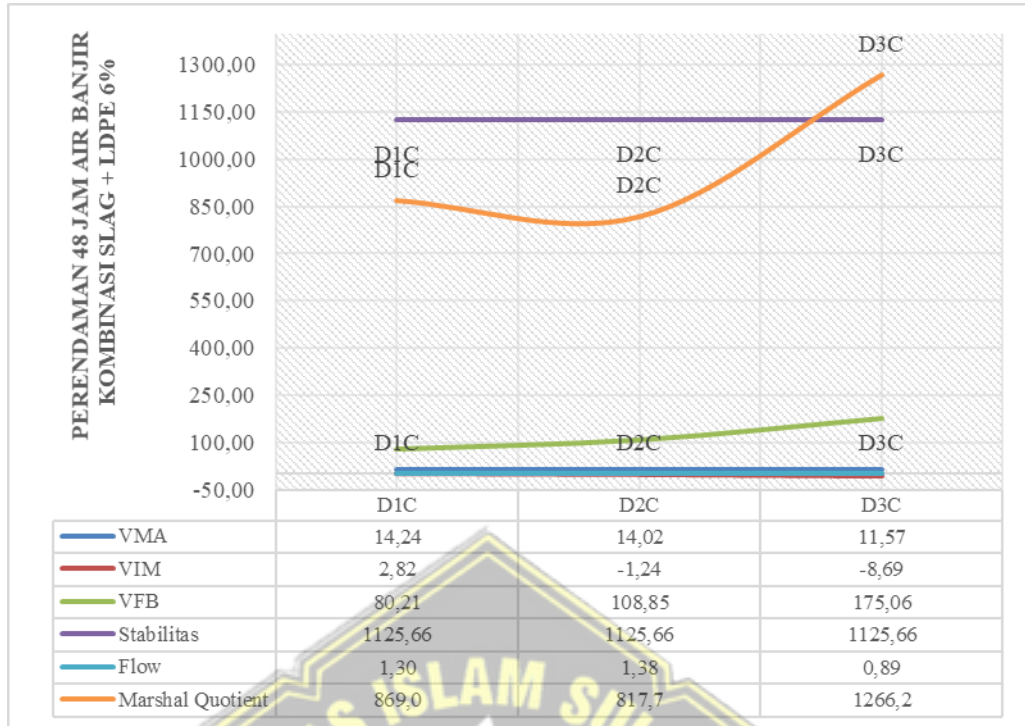
PERENDAMAN BERKALA 48 JAM DENGAN AIR BANJIR (( kombinasi Slag + LDPE 6% )															
BJ Aspal ( T ) : 1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg							
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dim air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji							camp. Agg	camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i				m / n
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				gsb	h	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1160,0	681,4	1169,0	487,6	2,379	2,448	14,24	2,82	80,21	85,00	1125,66	1,30	869,0
							2,379	2,448	14,24	2,82	80,21	85,00	1125,66	1,30	869,0
1	50%	5,7	1130,6	668,0	1142,0	474,0	2,385	2,356	14,02	-1,24	108,85	85,00	1125,66	1,38	817,7
							2,385	2,356	14,02	-1,24	108,85	85,00	1125,66	1,38	817,7
1	100%	5,7	1170,6	705,8	1183,0	477,2	2,453	2,257	11,57	-8,69	175,06	85,00	1125,66	0,89	1266,2
							2,453	2,257	11,57	-8,69	175,06	85,00	1125,66	0,89	1266,2

**Tabel 4.53.** Hasil Perendaman berkala banjir #12

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	2,82	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,24	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	80,21	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,30	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	869,0	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1.24	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,02	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	108,85	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,38	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	817,7	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,69	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,57	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	175,06	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,89	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1266,2	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #12 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.





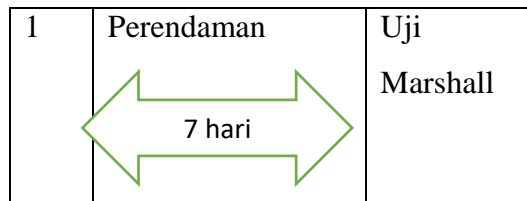
**Grafik 4.17.** Hasil Perendaman berkala banjir #12

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.12. Hasil Perendaman Menerus Air Banjir

##### 4.12.1. Hasil Perendaman Menerus #1 LDPE 0 % Perendaman 7 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 7 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.14.** perendaman menerus banjir #1

**Tabel 4.54.** Hasil Perendaman Menerus banjir #1

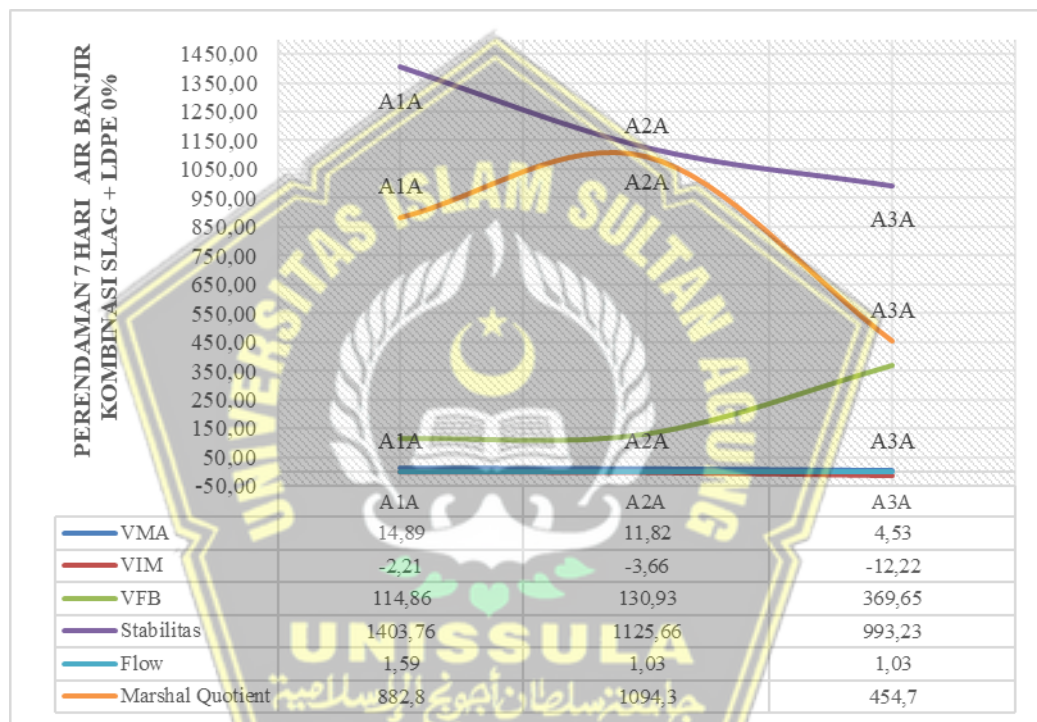
PERENDAMAN MENERUS 7 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 0%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp.(vim)	% rongga terisi aspal(vb)	stabilitas dibaca arloji	di sesuaikan	kelelahan plastis ( flow )	hasil bagi marshall ( mq )
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100-b)/g	100 - (100-a)/h	100(i-i)/i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)					
1	0%	5,7	1105,0	641,0	1109,0	468,0	2,361	2,310	14,89	-2,21	114,86	106,00	1403,76	1,59	882,8
							2,361	2,310	14,89	-2,21	114,86	106,00	1403,76	1,59	882,8
1	50%	5,7	1161,0	692,4	1167,0	474,6	2,446	2,360	11,82	-3,66	130,93	85,00	1125,66	1,03	1094,3
							2,446	2,360	11,82	-3,66	130,93	85,00	1125,66	1,03	1094,3
1	100%	5,7	1160,0	725,0	1163,0	438,0	2,648	2,360	4,53	-12,22	369,65	75,00	993,23	2,18	454,7
							2,648	2,360	4,53	-12,22	369,65	75,00	993,23	2,18	454,7

**Tabel 4.55.** Hasil Perendaman Menerus banjir #1

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,21	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,89	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	114,86	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1403,76	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,59	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	882,8	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-3,66	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,82	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	130,93	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,03	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	882,8	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-12,22	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	4,53	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	369,65	100 %	Min 65 %

Stabilitas Marshall	993,23	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,18	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	454,7	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #1 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% slag dengan kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

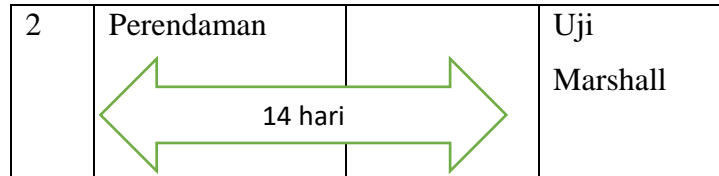


**Grafik 4.18.** Hasil Perendaman menerus banjir #1

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100 % tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.12.2. Hasil Perendaman menerus #2 LDPE 0 % Perendaman 14 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 14 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.15.** Perendaman menerus banjir #2

**Tabel 4.56.** Hasil Perendaman menerus banjir #2

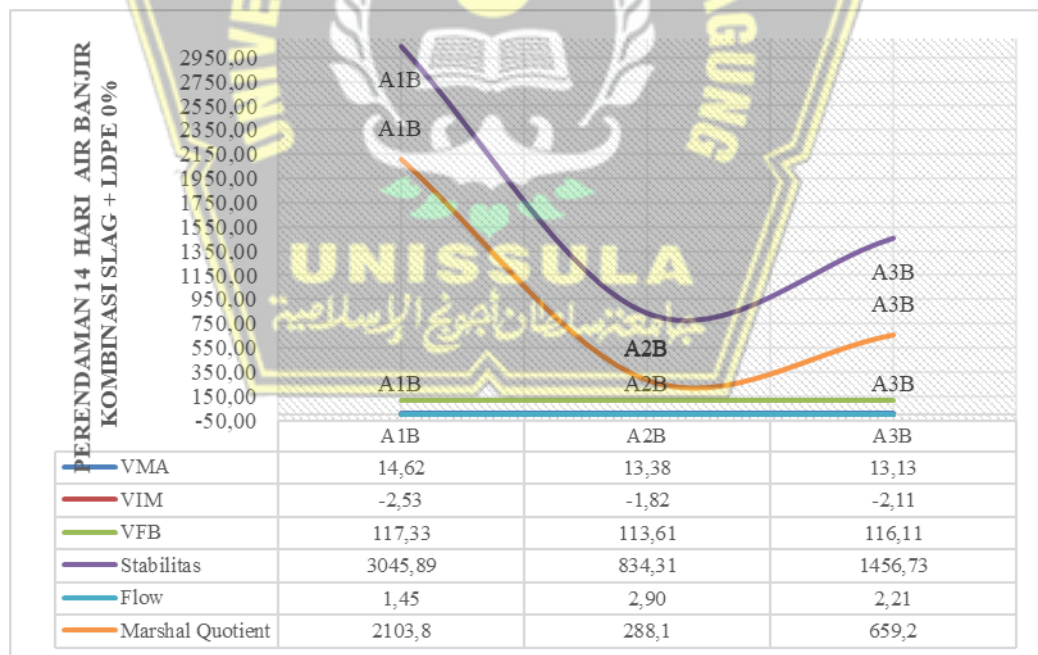
PERENDAMAN MENERUS 14 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 0%)															
BJ Aspal ( T ) : 1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dim air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
	% berat	data	data	data	data				100 -	100 -	100(i-i)				
	total	timbang	timbang	timbang	e - d		c/f	GMM	(100 - b)g	(100*o)	i				m / n
	campuran								gsb	h					
	( % )	( gr )	( gr )	( gr )					( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )
1	0%	5,7	1180,0	694,8	1193,0	498,2	2,369	2,310	14,62	-2,53	117,33	230,00	3045,89	1,45	2103,8
							2,369	2,310	14,62	-2,53	117,33	230,00	3045,89	1,45	2103,8
1	50%	5,7	1164,0	692,4	1176,8	484,4	2,403	2,360	13,38	-1,82	113,61	63,00	834,31	2,90	288,1
							2,403	2,360	13,38	-1,82	113,61	63,00	834,31	2,90	288,1
1	100%	5,7	1177,0	697,8	1186,2	488,4	2,410	2,360	13,13	-2,11	116,11	110,00	1456,73	2,21	659,2
							2,410	2,360	13,13	-2,11	116,11	110,00	1456,73	2,21	659,2

**Tabel 4.57.** Hasil Perendaman menerus banjir #2

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,53	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,62	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	117,33	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	3045,89	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,45	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	2103,8	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,82	50 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,38	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFB )	113,61	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	834,31	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,90	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	288,1	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-2,11	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,13	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFB )	116,11	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1456,73	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,21	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	659,2	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #2 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

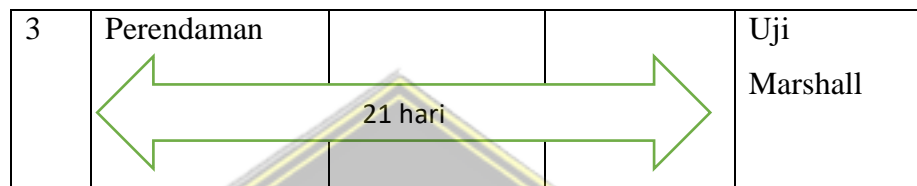


**Grafik 4.19.** Perendaman menerus banjir #2

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100 % tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.12.3. Hasil Perendaman menerus #3 LDPE 0 % Perendaman 21 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 21 hari kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.16. Perendaman menerus banjir #3

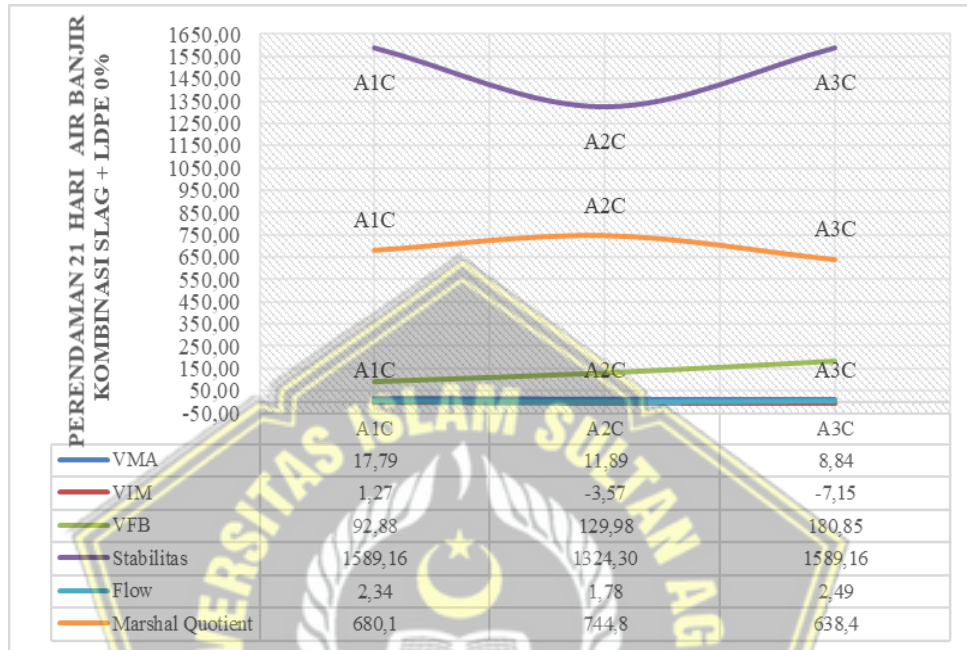
Tabel 4.58. Hasil Perendaman menerus banjir #3

PERENDAMAN MENERUS 21 HARI DENGAN AIR BANJIR (( kombinasi Slag + LDPE 0%))																	
BJ Aspal ( T ) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662		BJ Total Agg (Gsb) :			2,616		Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi		
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall		
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp.(vm)	aspal.(vb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100 (i-f)						
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100)g	i				m / n		
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				gsb	h		(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)		
1	0%	5,7	1165,0	659,2	1170,0	510,8	2,281	2,310	17,79	1,27	92,88	120,00	1589,16	2,34	680,1		
							2,281	2,310	17,79	1,27	92,88	120,00	1589,16	2,34	680,1		
1	50%	5,7	1160,0	689,4	1164,0	474,6	2,444	2,360	11,89	-3,57	129,98	100,00	1324,30	1,78	744,8		
							2,444	2,360	11,89	-3,57	129,98	100,00	1324,30	1,78	744,8		
1	100%	5,7	1187,0	717,6	1187,0	469,4	2,529	2,360	8,84	-7,15	180,85	120,00	1589,16	2,49	638,4		
							2,529	2,360	8,84	-7,15	180,85	120,00	1589,16	2,49	638,4		

**Tabel 4.59.** Hasil Perendaman menerus banjir #3

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	1,27	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	17,79	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	92,88	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1589,16	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,34	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	680,1	0 %	-
Rongga Udara (VIM)	-3,57	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	11,89	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	129,98	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1324,30	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,78	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	744,8	50 %	-
Rongga Udara (VIM)	-7,15	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	8,84	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	180,85	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1589,16	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,49	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	638,4	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #3 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

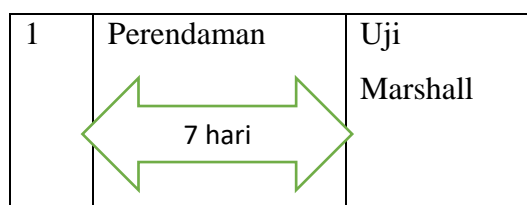


**Grafik 4.20.** Hasil Perendaman menerus banjir #3

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.12.4. Hasil Perendaman menerus #4 LDPE 2 % Perendaman 7 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selam 7 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.17.** Perendaman menerus banjir #4



**Tabel 4.60.** Hasil Perendaman Menerus banjir #4

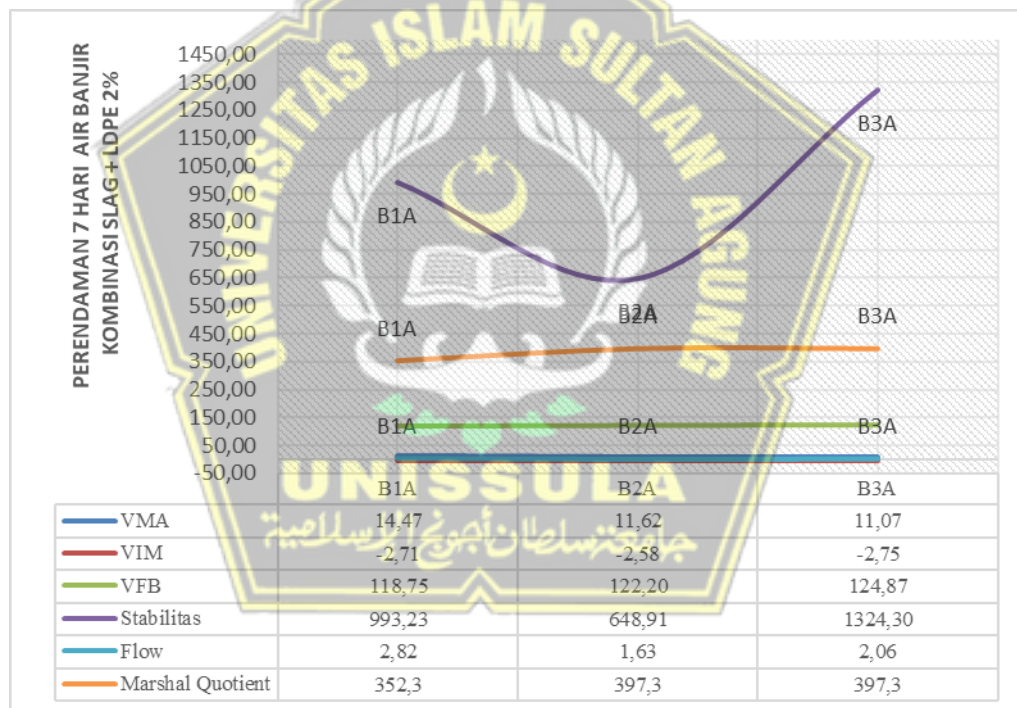
PERENDAMAN MENERUS 7 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 2%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( m <sub>q</sub> )
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)					
	total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)q	(100*g)	i					m / n
	campuran							gsb	h						
	( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )	
1	0%	5,7	1181,6	691,0	1189,0	498,0	2,373	2,310	14,47	-2,71	118,75	75,00	993,23	2,82	352,3
	0%	5,7					2,373	2,310	14,47	-2,71	118,75	75,00	993,23	2,82	352,3
1	50%	5,7	1176,8	699,0	1179,0	480,0	2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	49,00	648,91	1,63	397,3
	50%	5,7					2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	49,00	648,91	1,63	397,3
1	100%	5,7	1176,8	705,0	1182,0	477,0	2,467	2,401	11,07	-2,75	124,87	100,00	1324,30	2,06	643,7
	100%	5,7					2,467	2,401	11,07	-2,75	124,87	100,00	1324,30	2,06	643,7

**Tabel 4.61.** Hasil Perendaman Menerus banjir #4

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	-2,71	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,47	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	118,75	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	993,23	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,82	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	352,3	0 %	-
Rongga Udara (VIM)	-2,58	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	122,20	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	648,91	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,63	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	397,3	50 %	-
Rongga Udara (VIM)	-2,75	100 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,07	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	124,87	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1324,3	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,06	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	643,7	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #4 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

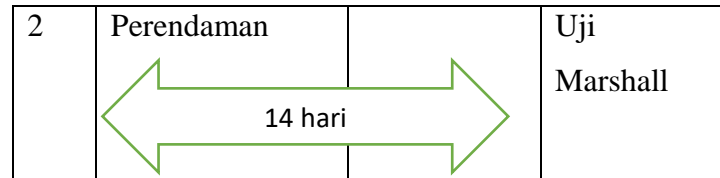


**Grafik 4.21.** Hasil Perendaman Menerus banjir #4

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100 % tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.12.5. Hasil Perendaman menerus #5 LDPE 2 % Perendaman 14 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 14 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.18.** Perendaman menerus banjir #5

**Tabel 4.62.** Hasil Perendaman menerus banjir #5

PERENDAMAN MENERUS 14 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 2%)																			
BJ Aspal (T) :		1,039			BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662			BJ Total Agg (Gsb) :			2,616		Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi				
benda	SLAG	aspal	di udara	dil air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall				
uji							camp. Agg	camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o				
		% berat	data	data	data			GMM	100 -	100 -	100(i-j)				m/n				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c/f		(100-b)g	(100*g)	i								
		campuran							gsb	h		(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)				
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)								
1	0%	5,7	1160,8	690,0	1166,2	476,2	2,438	2,310	12,13	-5,53	145,55	110,00	1456,73	1,12	1303,4				
	0%	5,7					2,438	2,310	12,13	-5,53	145,55	110,00	1456,73	1,12	1303,4				
1	50%	5,7	1165,0	692,2	1174,8	482,6	2,414	2,674	12,98	9,72	25,10	170,00	2251,31	2,34	963,4				
	50%	5,7					2,414	2,674	12,98	9,72	25,10	170,00	2251,31	2,34	963,4				
1	100%	5,7	1176,0	710,4	1191,2	480,8	2,446	2,791	11,83	12,36	-4,51	290,00	3840,47	2,89	1329,8				
	100%	5,7					2,446	2,791	11,83	12,36	-4,51	290,00	3840,47	2,89	1329,8				

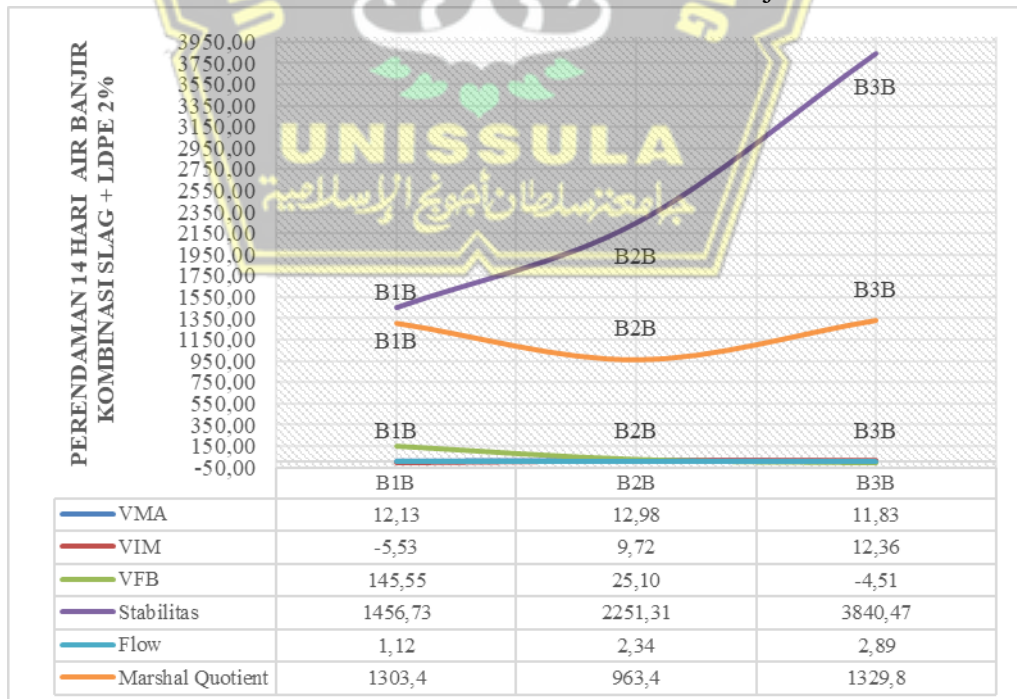
**Tabel 4.63.** Hasil Perendaman menerus banjir #5

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,25	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,77	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	116,69	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1099,17	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	3,47	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	317,1	0 %	-

Rongga Udara (VIM )	-28,50	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	-10,59	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	-169,18	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2432,30	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	3,07	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	793,1	0 %	-
Rongga Udara (VIM )	-88,22	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	-53,38	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	-65,27	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2635,36	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,8	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	941,2	0 %	-

Hasil Perendaman menerus #5 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

**Tabel 4.63.** Hasil Perendaman menerus banjir #5

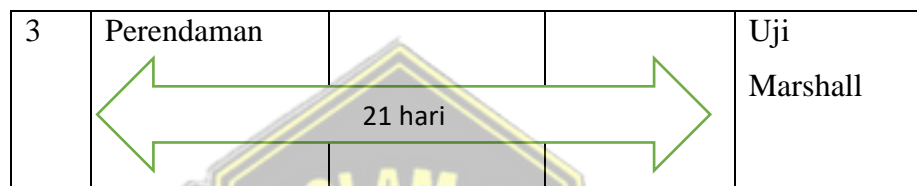


**Grafik 4.22.** Hasil Perendaman menerus banjir #5

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100 % tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.12.6. Hasil Perendaman menerus #6 LDPE 2% Perendaman 21 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selam 21 hari kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.19. perendaman menerus banjir #6

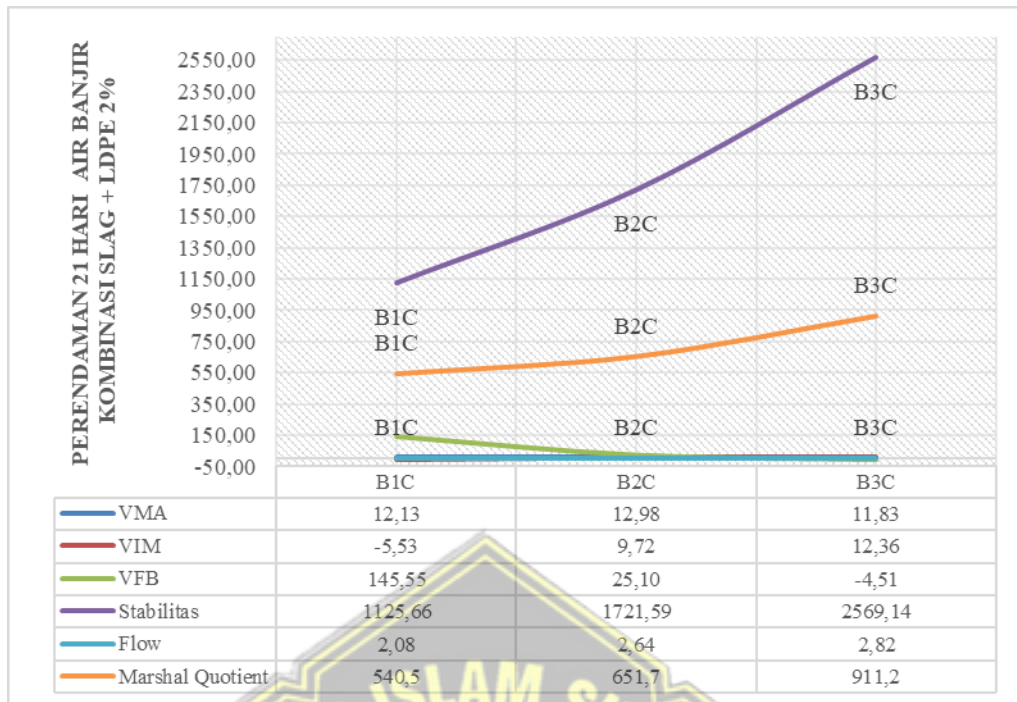
Tabel 4.64. Hasil Perendaman menerus banjir #6

PERENDAMAN MENERUS 21 HARI DENGAN AIR BANJIR (( kombinasi Slag + LDPE 2% ))																			
BJ Aspal (T) :		1,039			BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662			BJ Total Agg (Gsb) :			2,616		Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi				
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall				
uji							camp. Agg	camp. Agg	agg.(vma)	camp.(vim)	aspal(vib)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )				
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o					
	% berat	data	data	data					100 -	100 -	100(i-j)								
	total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)q	(100°q)	i					m / n				
	campuran							gsb	h										
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)					
1	0%	5,7	1264,6	727,2	1266,0	538,8	2,347	2,310	15,39	-1,60	110,42	85,00	1125,66	2,08	540,5				
	0%	5,7					2,347	2,310	15,39	-1,60	110,42	85,00	1125,66	2,08	540,5				
1	50%	5,7	1160,0	693,0	1171,0	478,0	2,427	2,490	12,52	2,54	79,72	130,00	1721,59	2,64	651,7				
	50%	5,7					2,427	2,490	12,52	2,54	79,72	130,00	1721,59	2,64	651,7				
1	100%	5,7	1156,0	696,0	1169,0	473,0	2,444	2,361	11,90	-3,51	129,53	194,00	2569,14	2,82	911,2				
	100%	5,7					2,444	2,361	11,90	-3,51	129,53	194,00	2569,14	2,82	911,2				

**Tabel 4.65.** Hasil Perendaman menerus banjir #6

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-1,60	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	15,39	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	110,42	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	2,08	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	540,5	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	2,54	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,52	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	79,72	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1721,59	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	2,64	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	651,7	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-3,51	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,90	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	129,53	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2569,14	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	2,82	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	911,2	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #6 yaitu pada 0%, 50%, dan 100 % Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

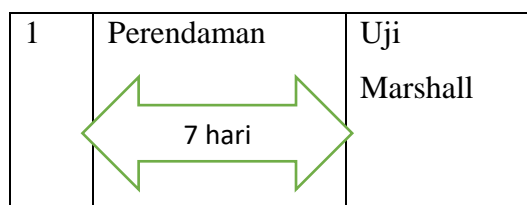


**Grafik 4.23.** Hasil Perendaman menerus banjir #6

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100 % tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.12.7. Hasil Perendaman menerus #7 LDPE 4 % Perendaman 7 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selam 7 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.20.** Perendaman menerus banjir #7

**Tabel 4.66. Hasil Perendaman Menerus banjir #7**

PERENDAMAN MENERUS 7 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 4%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( m/q )
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)					
	total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100°g)	i					m / n
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				gsb	h		(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1152,4	664,0	1158,0	494,0	2,333	2,310	15,91	-0,99	106,20	65,00	860,80	2,65	324,3
	0%	5,7					2,333	2,310	15,91	-0,99	106,20	65,00	860,80	2,65	324,3
1	50%	5,7	1110,8	654,0	1115,0	461,0	2,410	2,822	13,14	14,62	-11,21	76,00	1006,47	2,40	418,9
	50%	5,7					2,410	2,822	13,14	14,62	-11,21	76,00	1006,47	2,40	418,9
1	100%	5,7	1139,0	675,0	1147,0	472,0	2,413	3,346	13,01	27,88	-114,25	80,00	1059,44	2,39	442,8
	100%	5,7					2,413	3,346	13,01	27,88	-114,25	80,00	1059,44	2,39	442,8

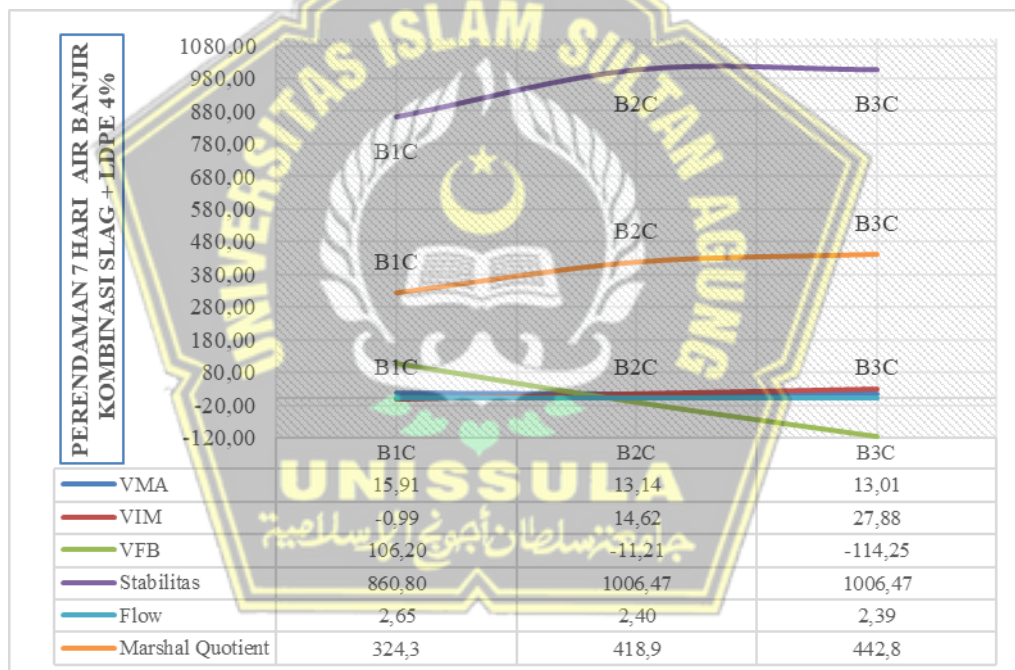
**Tabel 4.67. Hasil Perendaman Menerus banjir #7**

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	-0,99	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	15,91	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	106,20	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	860,80	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,65	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	324,3	0 %	-
Rongga Udara (VIM)	14,62	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,14	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	-11,21	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1006,47	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,40	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	418,9	50 %	-
Rongga Udara (VIM)	27,88	100 %	3.0 - 5.0 %



Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,01	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	-114,25	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,39	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	442,8	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #7 yaitu pada 0%, 50%, dan 100 % Slag dengan Kadar LDPE 4% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

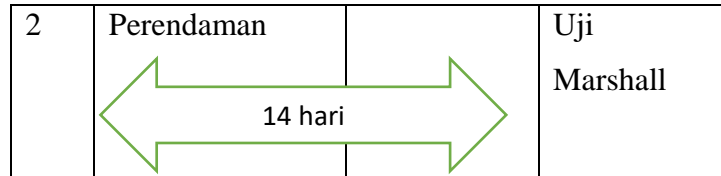


**Grafik 4.24.** Hasil Perendaman Menerus banjir #7

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.12.8. Hasil Perendaman menerus #8 LDPE 4 % Perendaman 14 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 14 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.21.** Perendaman menerus banjir #8

**Tabel 4.68.** Hasil Perendaman menerus banjir #8

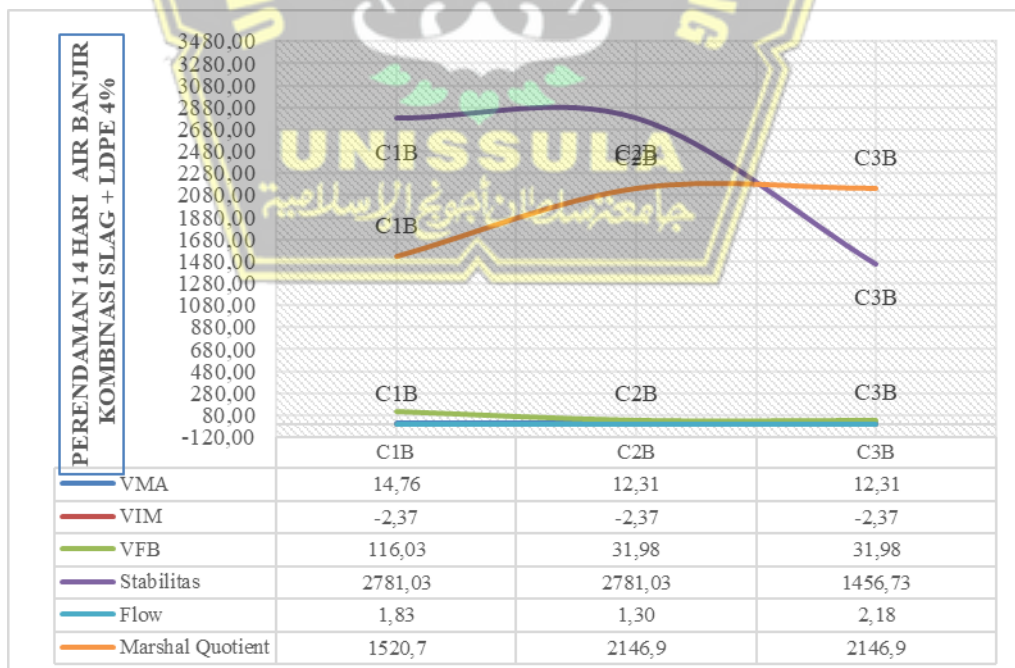
PERENDAMAN MENERUS 14 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 4% )															
BJ Aspal ( T ) : 1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-i)				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c/f	GMM	(100 - b)g	(100-g)	i				m / n
		( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )
1	0%	5,7	1153,0	677,4	1165,0	487,6	2,365	2,310	14,76	-2,37	116,03	210,00	2781,03	1,83	1520,7
	0%	5,7					2,365	2,310	14,76	-2,37	116,03	210,00	2781,03	1,83	1520,7
1	50%	5,7	1110,8	674,4	1131,0	456,6	2,433	2,655	12,31	8,37	31,98	210,00	2781,03	1,30	2146,9
	50%	5,7					2,433	2,655	12,31	8,37	31,98	210,00	2781,03	1,30	2146,9
1	100%	5,7	1139,0	725,2	1205,0	479,8	2,374	2,763	14,43	14,08	2,39	110,00	1456,73	2,18	666,9
	100%	5,7					2,374	2,763	14,43	14,08	2,39	110,00	1456,73	2,18	666,9

**Tabel 4.69.** Hasil Perendaman menerus banjir #8

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Cmpuran Pengujian Laboratorium	Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,37	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,76	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	116,03	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall		0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,83	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1520,7	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	8,37	50 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,31	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	31,98	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2781,03	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,30	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	2146,9	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	14,08	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,43	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	2,39	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1456,73	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,18	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	666,9	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #8 yaitu pada 0%, 50%, dan 100 % Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

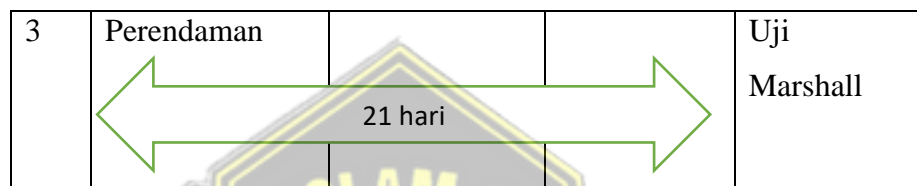


**Grafik 4.25.** Hasil Perendaman menerus banjir #8

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.12.9. Hasil Perendaman menerus #9 LDPE 4% Perendaman 21 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 21 hari kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.22. perendaman menerus banjir #9

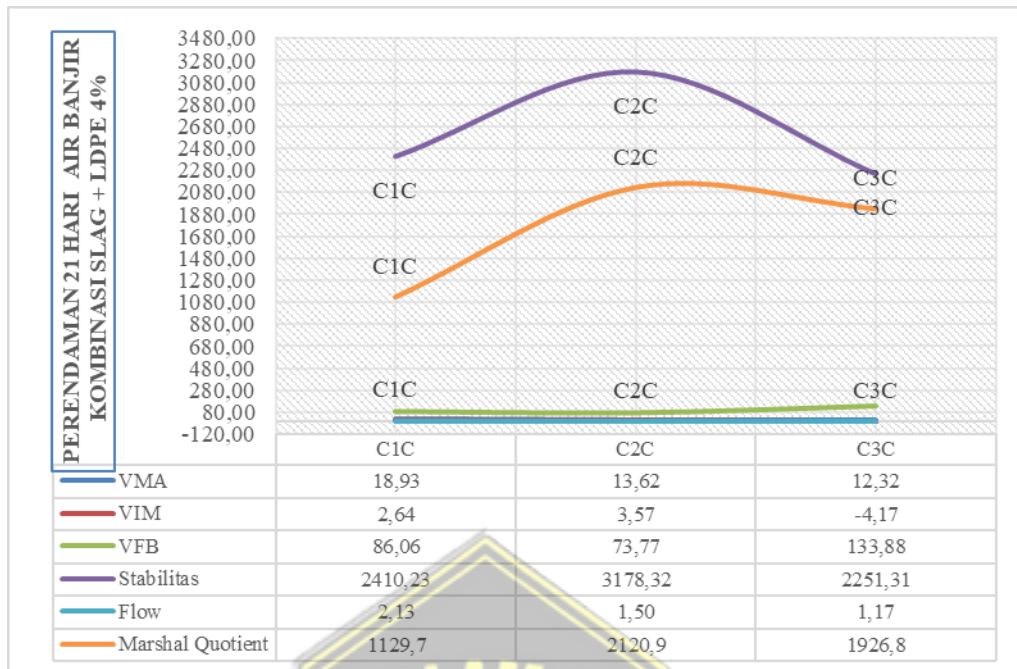
Tabel 4.70. Hasil Perendaman menerus banjir #9

PERENDAMAN MENERUS 21 HARI DENGAN AIR BANJIR (( kombinasi Slag + LDPE 4% )																		
BJ Aspal ( T ) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse)			2,662		BJ Total Agg (Gsb) :			2,616		Kalibrasi Proving Ring =			13,243 Kg	
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vtb)	stabilitas		kelelahan	hasil bagi marshall			
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o			
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb	100 - (100'g) h	100(i-j) i	dibaca arloji	di sesuaikan	plastis ( flow )	m / n			
		( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )			
1	0%	5,7	1174,0	664,0	1186,0	522,0	2,249	2,310	18,93	2,64	86,06	182,00	2410,23	2,13	1129,7			
	0%	5,7					2,249	2,310	18,93	2,64	86,06	182,00	2410,23	2,13	1129,7			
1	50%	5,7	1166,0	693,4	1180,0	486,6	2,396	2,485	13,62	3,57	73,77	240,00	3178,32	1,50	2120,9			
	50%	5,7					2,396	2,485	13,62	3,57	73,77	240,00	3178,32	1,50	2120,9			
1	100%	5,7	1170,0	699,0	1180,0	481,0	2,432	2,335	12,32	-4,17	133,88	170,00	2251,31	1,17	1926,8			
	100%	5,7					2,432	2,335	12,32	-4,17	133,88	170,00	2251,31	1,17	1926,8			

**Tabel 4.71.** Hasil Perendaman menerus banjir #9

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	2,64	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	18,93	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	86,06	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2410,23	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	2,13	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1129,7	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	3,57	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	73,77	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	3178,32	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,50	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	2120,9	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-4,17	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,32	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	133,88	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2251,31	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,17	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1926,8	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #9 yaitu pada 50% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan pada 0% dan 100% Slag kadar LDPE 4% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

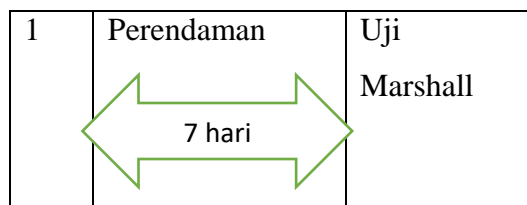


**Grafik 4.26.** Hasil Perendaman menerus banjir #9

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 0% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

**4.12.10. Hasil Perendaman menerus #10 LDPE 6 % Perendaman 7 hari**

Hasil perendaman menerus perendaman selam 7 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.23.** Perendaman menerus banjir #10

**Tabel 4.72. Hasil Perendaman Menerus banjir #10**

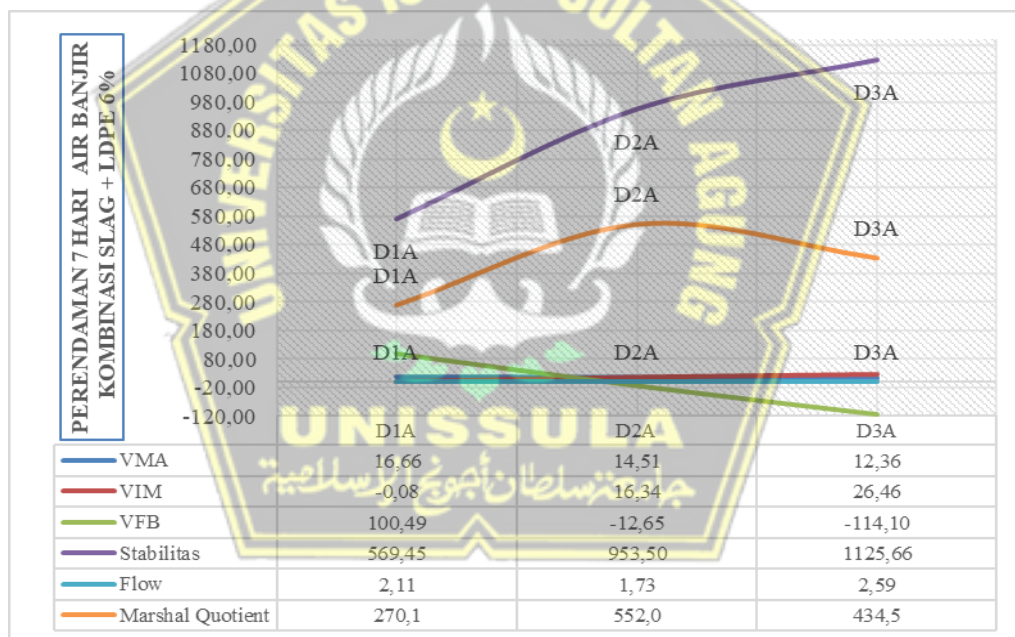
PERENDAMAN MENERUS 7 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 6%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(wim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
												dibaca artoji	di sesuaikan	plastis ( flow )	marshall ( mq )
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb (%)	100 - (100 - g)h (%)	100(i - j) i (%)	(strip)	(kg)	(mm)	m / n (kg/mm)
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)										
1	0%	5,7	1149,0	665,0	1162,0	497,0	2,312	2,310	16,66	-0,08	100,49	43,00	569,45	2,11	270,1
	0%	5,7					2,312	2,310	16,66	-0,08	100,49	43,00	569,45	2,11	270,1
1	50%	5,7	1171,6	690,0	1184,0	494,0	2,372	2,835	14,51	16,34	-12,65	72,00	953,50	1,73	552,0
	50%	5,7					2,372	2,835	14,51	16,34	-12,65	72,00	953,50	1,73	552,0
1	100%	5,7	1164,6	699,0	1178,0	479,0	2,431	3,306	12,36	26,46	-114,10	85,00	1125,66	2,59	434,5

**Tabel 4.73. Hasil Perendaman Menerus banjir #10**

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	-0,08	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	16,66	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	100,49	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	569,45	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,11	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	270,1	0 %	-
Rongga Udara (VIM)	14,51	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,51	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	-12,65	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	953,50	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,73	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	552,0	50 %	-
Rongga Udara (VIM)	26,46	100 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,36	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	-114,10	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,59	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	434,5	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #10 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.



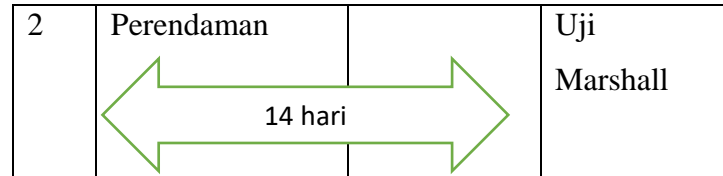
**Grafik 4.27.** Hasil Perendaman Menerus banjir #10

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.



#### 4.12.11. Hasil Perendaman menerus #11 LDPE 6 % Perendaman 14 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 14 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.24.** Perendaman menerus banjir #11

**Tabel 4.74.** Hasil Perendaman menerus banjir #11

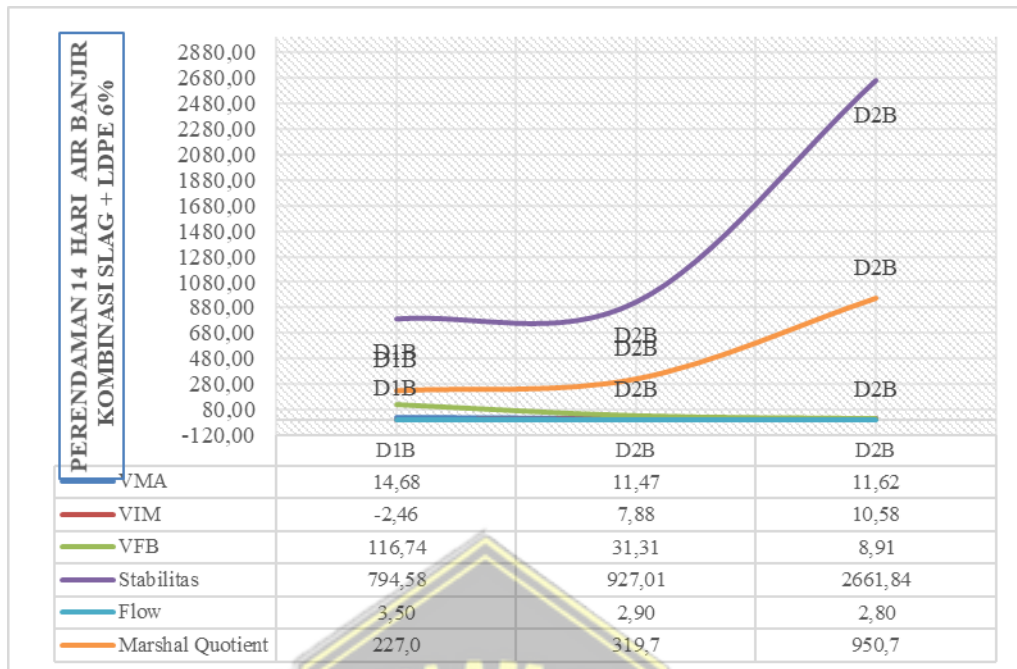
PERENDAMAN MENERUS 14 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 6%)															
BJ Aspal ( T ) : 1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji							camp. Agg	camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)					
	total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100 - g)	i				m / n	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
1	0%	5,7	1146,0	672,0	1156,2	484,2	2,367	2,310	14,68	-2,46	116,74	60,00	794,58	3,50	227,0
	0%	5,7					2,367	2,310	14,68	-2,46	116,74	60,00	794,58	3,50	227,0
1	50%	5,7	1126,8	679,0	1137,8	458,8	2,456	2,666	11,47	7,88	31,31	70,00	927,01	2,90	319,7
	50%	5,7					2,456	2,666	11,47	7,88	31,31	70,00	927,01	2,90	319,7
1	100%	5,7	1171,0	703,8	1181,4	477,6	2,452	2,742	11,62	10,58	8,91	201,00	2661,84	2,80	950,7
	100%	5,7					2,452	2,742	11,62	10,58	8,91	201,00	2661,84	2,80	950,7

UNISSULA  
جامعة سلطان أبوبوع الإسلامية

**Tabel 4.75.** Hasil Perendaman menerus banjir #11

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,46	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,68	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	116,74	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	794,58	0 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	3,50	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	227,0	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	7,88	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,47	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	31,31	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	927,01	50 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	2,90	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	319,7	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	10,58	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,62	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	8,91	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2661,84	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	2,80	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	950,7	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #11 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

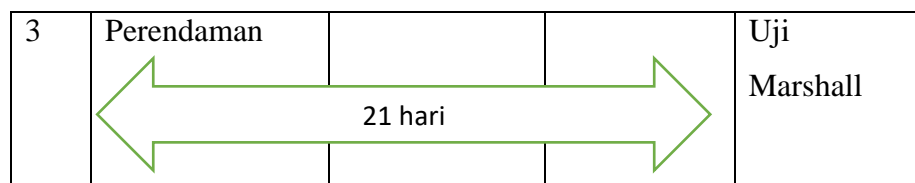


**Grafik 4.28.** Hasil Perendaman menerus #11

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

**4.12.12. Hasil Perendaman menerus #12 LDPE 6% Perendaman 21 hari**

Hasil perendaman menerus perendaman selama 21 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.25.** perendaman menerus banjir #12

**Tabel 4.76.** Hasil Perendaman menerus banjir #12

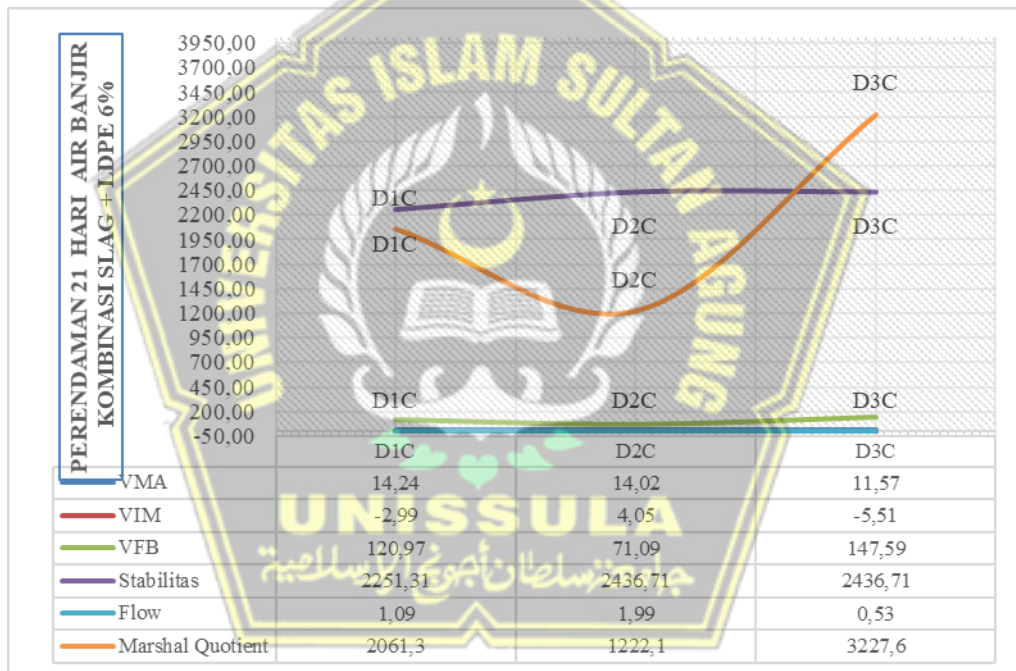
PERENDAMAN MENERUS 21 HARI DENGAN AIR BANJIR (( kombinasi Slag + LDPE 6%))															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - bj)	(100*g)	i				m / n
		campuran							gsb	h					
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1160,0	681,4	1169,0	487,6	2,379	2,310	14,24	-2,99	120,97	170,00	2251,31	1,09	2061,3
	0%	5,7					2,379	2,310	14,24	-2,99	120,97	170,00	2251,31	1,09	2061,3
1	50%	5,7	1130,6	668,0	1142,0	474,0	2,385	2,486	14,02	4,05	71,09	184,00	2436,71	1,99	1222,1
	50%	5,7					2,385	2,486	14,02	4,05	71,09	184,00	2436,71	1,99	1222,1
1	100%	5,7	1170,6	705,8	1183,0	477,2	2,453	2,325	11,57	-5,51	147,59	130,00	1721,59	0,53	3227,6
	100%	5,7					2,453	2,325	11,57	-5,51	147,59	130,00	1721,59	0,53	3227,6

**Tabel 4.77.** Hasil Perendaman menerus banjir #12

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,99	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,24	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	120,97	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2251,31	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,09	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	2061,3	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	4,05	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,02	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	71,09	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2436,71	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,99	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1222,1	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-5,51	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,57	100 %	Min 15 %

Rongga Terisi Aspal ( VFB )	147,59	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1721,59	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	0,53	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	3227,6	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #12 yaitu pada 50% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 100% dan 0% dengan kadar LDPE 6% tidak memenuhi spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.



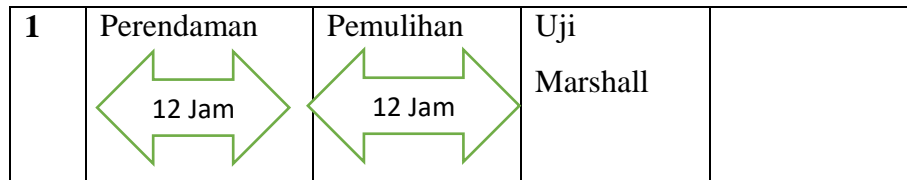
**Grafik 4.29.** Hasil Perendaman menerus banjir #12

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13. Hasil Perendaman Berkala Air Rob

##### 4.13.1. Hasil Perendaman berkala #1 LDPE 0 % Perendaman 24 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.26.** Perendaman berkala Rob #1

**Tabel 4.78.** Hasil Perendaman berkala Rob #1

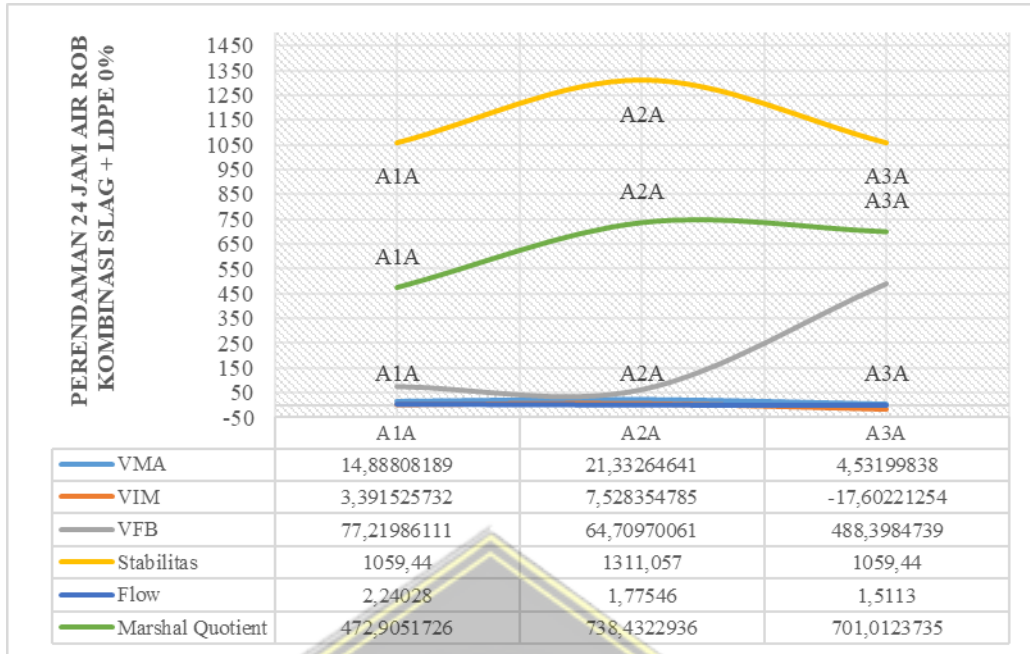
PERENDAMAN BERKALA 24 JAM DENGAN AIR ROB (kombinasi Slag + LDPE 2%)																			
BJ Aspal (T) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662			BJ Total Agg (Gsb) :			2,616			Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan di plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)					
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o					
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gsb	100 - (100 * g) / h	100 (i - j) / i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)					
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)									
1	0%	5,7	1181,6	691,0	1189,0	498,0	2,373	2,448	14,47	3,08	78,74	72,00	953,50	2,06	463,4				
							2,373	2,448	14,47	3,08	78,74	72,00	953,50	2,06	463,4				
1	50%	5,7	1176,8	699,0	1179,0	480,0	2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	80,00	1059,44	2,13	496,6				
							2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	80,00	1059,44	2,13	496,6				
1	100%	5,7	1176,8	705,0	1182,0	477,0	2,467	2,263	11,07	-9,02	181,48	105,00	1390,52	2,34	595,1				
							2,467	2,263	11,07	-9,02	181,48	105,00	1390,52	2,34	595,1				

**Tabel 4.79.** Hasil Perendaman berkala Rob #1

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	3,08	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,47	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	78,74	0 %	Min 65 %

Stabilitas Marshall	953,50	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,06	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	463,4	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-2,58	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	122,20	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,13	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	496,6	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-9,02	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,07	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	181,48	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1390,52	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,34	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	595,1	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #1 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

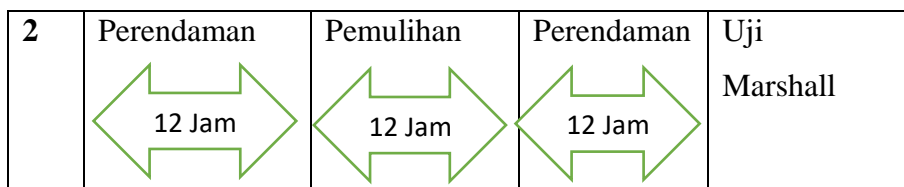


**Grafik 4.30.** Hasil Perendaman berkala Rob #1

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0% dan 50 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.2. Hasil Perendaman berkala #2 LDPE 0% Perendaman 36 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.27.** Perendaman berkala Rob #2



**Tabel 4.80.** Hasil Perendaman berkala Rob #2

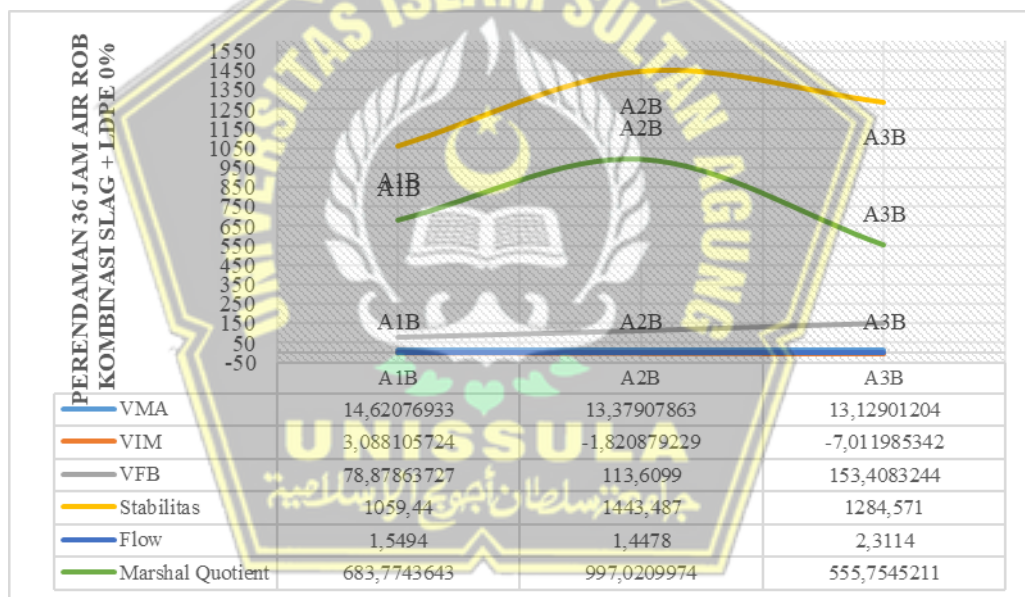
PERENDAMAN BERKALA 36 JAM DENGAN AIR ROB ( kombinasi Slag + LDPE 2%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616				Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg			
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-i)				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100 * g)	i				m / n
		campuran						gsb	h						
		( % )	( gr )	( gr )	( gr )			( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )	
1	0%	5,7	1160,8	690,0	1166,2	476,2	2,438	2,448	12,13	0,42	96,51	92,00	1218,36	1,13	1080,3
							2,438	2,448	12,13	0,42	96,51	92,00	1218,36	1,13	1080,3
1	50%	5,7	1165,0	692,2	1174,8	482,6	2,414	2,390	12,98	-1,00	107,74	109,00	1443,49	1,57	916,6
							2,414	2,390	12,98	-1,00	107,74	109,00	1443,49	1,57	916,6
1	100%	5,7	1176,0	710,4	1191,2	480,8	2,446	2,263	11,83	-8,08	168,32	110,00	1456,73	1,32	1102,9
							2,446	2,263	11,83	-8,08	168,32	110,00	1456,73	1,32	1102,9

**Tabel 4.81.** Hasil Perendaman berkala Rob #2

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	0,42	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,13	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	96,51	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1218,36	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,13	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1080,3	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,00	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,98	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	107,74	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1443,49	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,57	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1102,9	50 %	-

Rongga Udara ( VIM )	-8,08	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	11,83	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	168,32	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1456,73	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,32	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1102,9	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #2 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

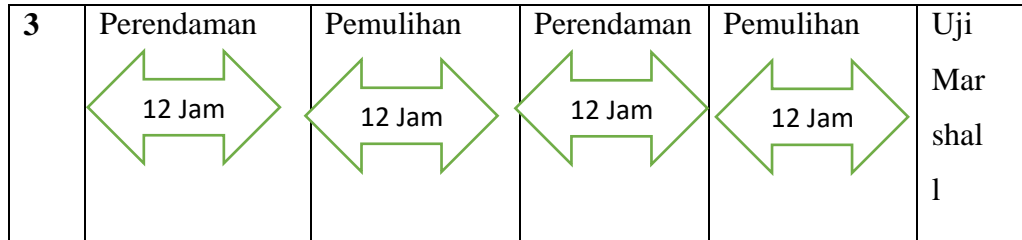


**Grafik 4.31.** Hasil perendaman berkala Rob #2

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.3. Hasil Perendaman berkala #3 LDPE 0% Perendaman 48 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.28. Perendaman berkala Rob #3

Tabel 4.82. Hasil Perendaman berkala Rob #3

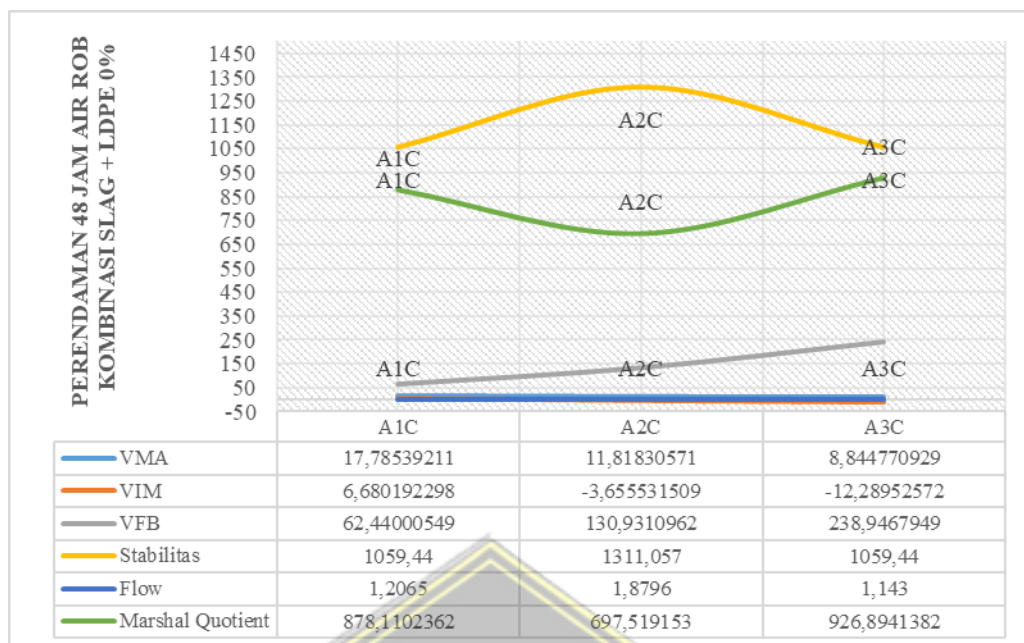
PERENDAMAN BERKALA 48 JAM DENGAN AIR ROB (( kombinasi Slag + LDPE 2%))															
BJ Aspal ( T ) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg					
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlim air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat	data	data	data	data	e - d	c / f	GMM	100 -	100 -	100(i-j)				m / n
	total	timbang	timbang	timbang	timbang				(100-b)g	(100-g)	i				
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)				gsb	h		(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1264,6	727,2	1266,0	538,8	2,347	2,448	15,39	4,12	73,22	27,00	357,56	2,30	155,5
							2,347	2,448	15,39	4,12	73,22	27,00	357,56	2,30	155,5
1	50%	5,7	1160,0	693,0	1171,0	478,0	2,427	2,390	12,52	-1,54	112,29	85,00	1125,66	0,89	1266,2
							2,427	2,390	12,52	-1,54	112,29	85,00	1125,66	0,89	1266,2
1	100%	5,7	1156,0	696,0	1169,0	473,0	2,444	2,263	11,90	-8,00	167,20	60,00	794,58	1,52	521,4
							2,444	2,263	11,90	-8,00	167,20	60,00	794,58	1,52	521,4

Tabel 4.83. Hasil Perendaman berkala Rob #3

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	4,12	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	15,39	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	73,22	0 %	Min 65 %

Stabilitas Marshall	357,56	0 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	2,30	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	155,5	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,54	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,52	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	112,29	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	50 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	0,89	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1266,2	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,00	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	11,90	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	167,20	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	794,58	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	1,52	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	521,4	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #3 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

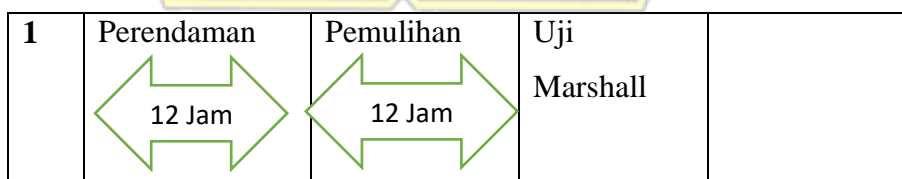


**Grafik 4.32.** Hasil Perendaman berkala Rob #3

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.4. Hasil Perendaman berkala #4 LDPE 2 % Perendaman 24 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.29.** Perendaman berkala Rob #4

**Tabel 4.84.** Hasil Perendaman berkala Rob #4

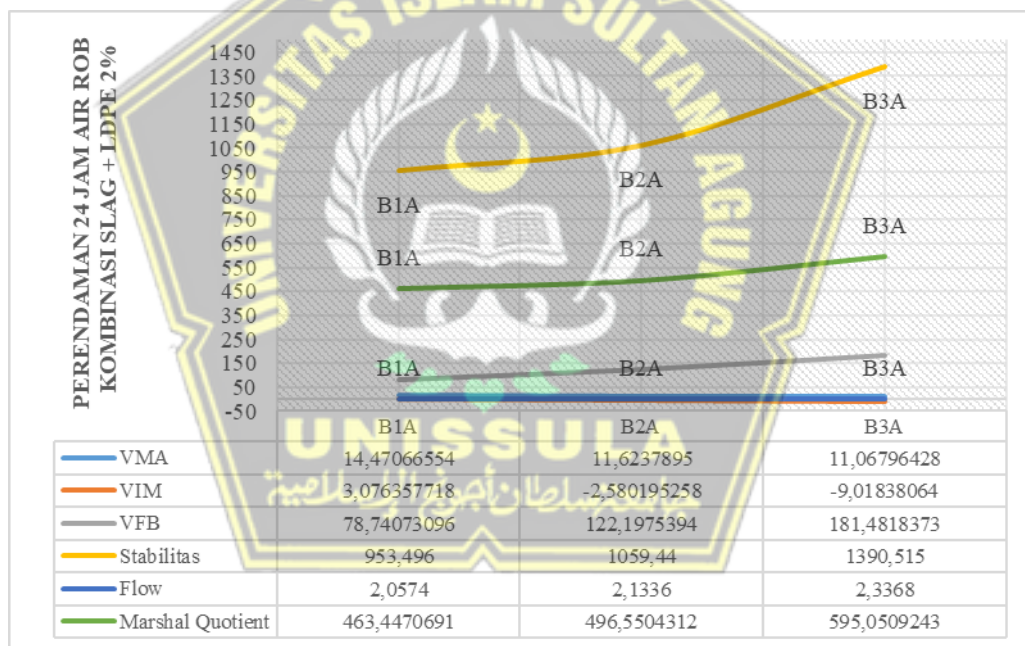
PERENDAMAN BERKALA 24 JAM DENGAN AIR ROB ( kombinasi Slag + LDPE 2%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan plastis disesuaikan ( flow )	hasil bagi marshall ( m <sub>q</sub> )	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb	100 - (100 - j)h	100(i - i)				m / n	
	(%)	( gr )	( gr )	( gr )				(%)	(%)	(%)	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )	
1	0%	5,7	1181,6	691,0	1189,0	498,0	2,373	2,448	14,47	3,08	78,74	72,00	953,50	2,06	463,4
							2,373	2,448	14,47	3,08	78,74	72,00	953,50	2,06	463,4
1	50%	5,7	1176,8	699,0	1179,0	480,0	2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	80,00	1059,44	2,13	496,6
							2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	80,00	1059,44	2,13	496,6
1	100%	5,7	1176,8	705,0	1182,0	477,0	2,467	2,263	11,07	-9,02	181,48	105,00	1390,52	2,34	595,1
							2,467	2,263	11,07	-9,02	181,48	105,00	1390,52	2,34	595,1

**Tabel 4.85.** Hasil Perendaman berkala Rob #4

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	3,08	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,47	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	78,74	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	953,50	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,06	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	463,4	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-2,58	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	122,20	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1059,44	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,13	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	496,6	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-9,02	100 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,07	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	181,48	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1390,52	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,34	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	595,1	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #4 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 0% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

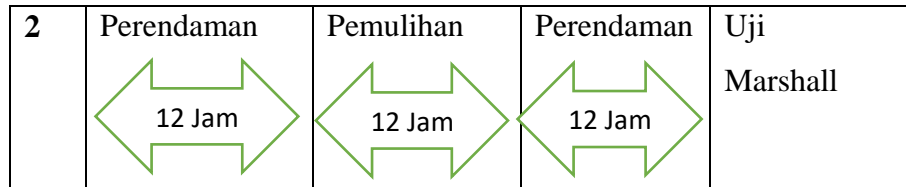


**Grafik 4.33.** Hasil Perendaman berkala Rob #4

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 50 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.5. Hasil Perendaman berkala #5 LDPE 2% Perendaman 36 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.30. Perendaman berkala Rob #5

Tabel 4.86. Hasil Perendaman berkala Rob #5

PERENDAMAN BERKALA 36 JAM DENGAN AIR ROB (kombinasi Slag + LDPE 2%)															
BJ Aspal (T) :		1,039			BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg			
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas di arloji	kelelahan di plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c/f	GMM	100 - (100-b)g gsb	100 - (100-q) h	100(i-j) i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)					
1	0%	5,7	1160,8	690,0	1166,2	476,2	2,438	2,448	12,13	0,42	96,51	92,00	1218,36	1,13	1080,3
							2,438	2,448	12,13	0,42	96,51	92,00	1218,36	1,13	1080,3
1	50%	5,7	1165,0	692,2	1174,8	482,6	2,414	2,390	12,98	-1,00	107,74	109,00	1443,49	1,57	916,6
							2,414	2,390	12,98	-1,00	107,74	109,00	1443,49	1,57	916,6
1	100%	5,7	1176,0	710,4	1191,2	480,8	2,446	2,263	11,83	-8,08	168,32	110,00	1456,73	1,32	1102,9
							2,446	2,263	11,83	-8,08	168,32	110,00	1456,73	1,32	1102,9

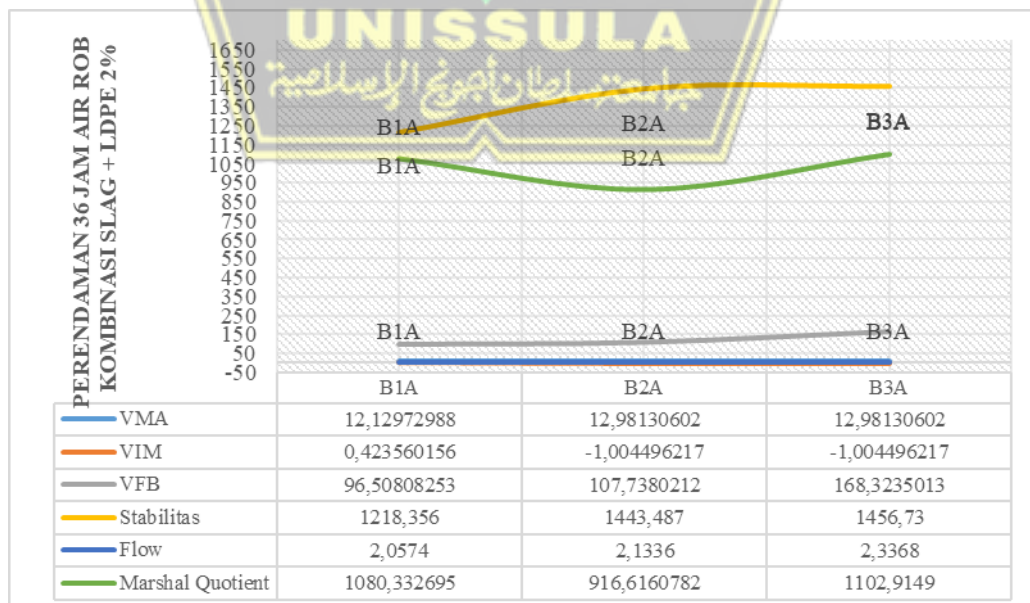
Tabel 4.87. Hasil Perendaman berkala Rob #5

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	0,42	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,13	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	96,51	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1218,36	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,13	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1080,3	0 %	-



Rongga Udara ( VIM )	-1,00	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,98	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	107,74	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	916,6	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,57	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	916,6	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,08	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	11,83	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	168,32	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1456,73	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,32	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1102,9	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #5 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

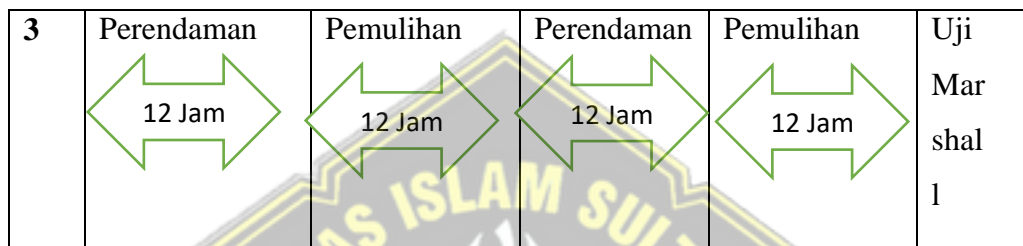


**Grafik 4.34.** Hasil Perendaman berkala Rob #5

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.6. Hasil Perendaman berkala #6 LDPE 2% Perendaman 48 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.31. Perendaman berkala Rob #6

Tabel 4.88. Hasil Perendaman berkala Rob #6

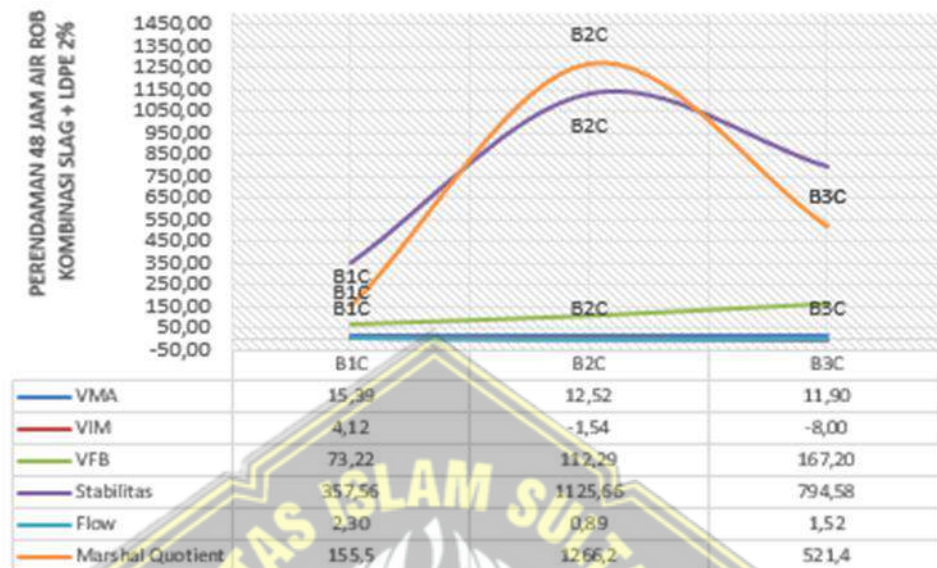
PERENDAMAN BERKALA 48 JAM DENGAN AIR ROB (( kombinasi Slag + LDPE 2% )															
BJ Aspal (T) :		1,039			BJ Efektif Total Agregat (Gse) :2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring =			13,243 Kg	
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga aspal(vib)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan di sesuaikan	hasil bagi marshall	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gsb	100 - (100 * g) / h	100(i - j) / i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
1	0%	5,7	1264,6	727,2	1266,0	538,8	2,347	2,448	15,39	4,12	73,22	27,00	357,56	2,30	155,5
							2,347	2,448	15,39	4,12	73,22	27,00	357,56	2,30	155,5
1	50%	5,7	1160,0	693,0	1171,0	478,0	2,427	2,390	12,52	-1,54	112,29	85,00	1125,66	0,89	1266,2
							2,427	2,390	12,52	-1,54	112,29	85,00	1125,66	0,89	1266,2
1	100%	5,7	1156,0	696,0	1169,0	473,0	2,444	2,263	11,90	-8,00	167,20	60,00	794,58	1,52	521,4
							2,444	2,263	11,90	-8,00	167,20	60,00	794,58	1,52	521,4

**Tabel 4.89.** Hasil Perendaman berkala Rob #6

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	4,12	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	15,39	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	73,22	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	357,56	0 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	2,30	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	155,5	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,54	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,52	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	112,29	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	50 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	0,89	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1266,2	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,00	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	11,90	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	167,20	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	794,58	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	1,52	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	521,4	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #6 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 2%

tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -1,54 % dan -8,00%.

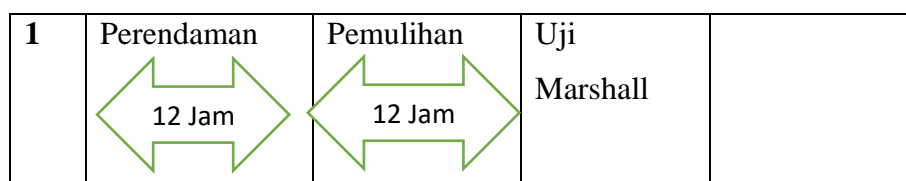


**Grafik 4.35.** Hasil Perendaman berkala Rob #6

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.7. Hasil Perendaman berkala #7 LDPE 4 % Perendaman 24 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.32.** Perendaman berkala Rob #7

**Tabel 4.90.** Hasil Perendaman berkala Rob #7

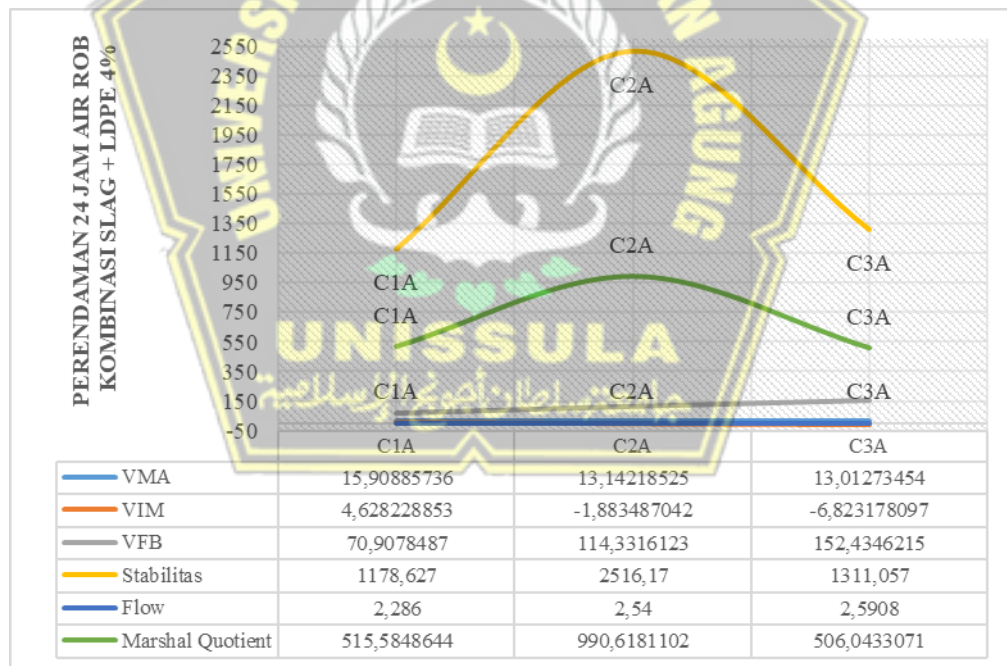
PERENDAMAN BERKALA 24 JAM DENGAN AIR ROB (kombinasi Slag + LDPE 4%)															
BJ Aspal (T) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662	BJ Total Agg (Gsb) :			2,616	Kalibrasi Proving Ring =				13,243 Kg
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g	100 - (100 * g)h	100(i - j)i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)					
1	0%	5,7	1152,4	664,0	1158,0	494,0	2,333	2,446	15,91	4,63	70,91	89	1178,63	2,29	515,6
							2,333	2,446	15,91	4,63	70,91	89,00	1178,63	2,29	515,6
1	50%	5,7	1110,8	654,0	1115,0	461,0	2,410	2,365	13,14	-1,88	114,33	190	2516,17	2,54	990,6
							2,410	2,365	13,14	-1,88	114,33	190,00	2516,17	2,54	990,6
1	100%	5,7	1139,0	675,0	1147,0	472,0	2,413	2,259	13,01	-6,82	152,43	99	1311,06	2,59	506,0
							2,413	2,259	13,01	-6,82	152,43	99,00	1311,06	2,59	506,0

**Tabel 4.91.** Hasil Perendaman berkala Rob #7

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	4,63	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	15,91	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	70,91	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1178,63	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,29	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	515,6	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,88	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	13,14	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	114,33	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2516,17	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,54	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	990,6	50 %	-

Rongga Udara ( VIM )	-6,82	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	13,01	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	152,43	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1311,06	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,59	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	506,0	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #7 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 4% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.



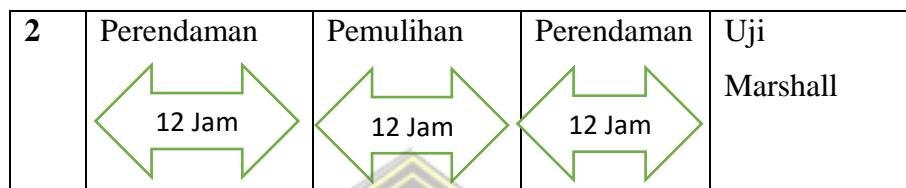
**Grafik 4.36.** Hasil Perendaman berkala Rob #7

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan

memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.8. Hasil Perendaman berkala #8 LDPE 4% Perendaman 36 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.33. Perendaman berkala Rob #8

Tabel 4.92. Hasil Perendaman berkala Rob #8

PERENDAMAN BERKALA 36 JAM DENGAN AIR ROB (kombinasi Slag + LDPE 4%)																			
BJ Aspal (T) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :				2,662				BJ Total Agg (Gsb) :		2,616		Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp.(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan di sesuaikan	hasil bagi marshall (flow)	hasil bagi marshall (mq)				
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o					
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c/f	GMM	100 - (100 - b)q / gsb	100 - (100 - j)q / h	100(i - i) / i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)					
1	0%	5,7	1153,0	677,4	1165,0	487,6	2,365	2,446	14,76	3,33	77,47	99,00	1311,06	1,04	1258,9				
							2,365	2,446	14,76	3,33	77,47	99,00	1311,06	1,04	1258,9				
1	50%	5,7	1110,8	674,4	1131,0	456,6	2,433	2,365	12,31	-2,87	123,29	92,00	1218,36	1,17	1042,8				
							2,433	2,365	12,31	-2,87	123,29	92,00	1218,36	1,17	1042,8				
1	100%	5,7	1139,0	725,2	1205,0	479,8	2,374	2,259	14,43	-5,09	135,26	75,00	993,23	2,06	482,8				
							2,374	2,259	14,43	-5,09	135,26	75,00	993,23	2,06	482,8				

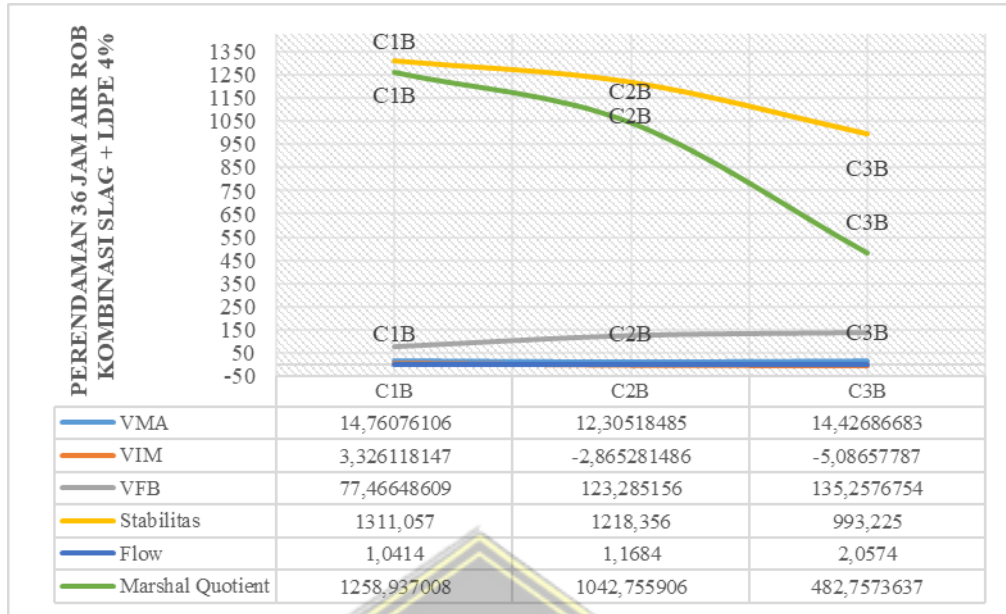
Tabel 4.93. Hasil Perendaman berkala Rob #8

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	3,33	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,76	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	77,47	0 %	Min 65 %

Stabilitas Marshall	1311,06	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,04	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1258,9	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-2,87	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,31	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	123,29	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1218,36	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,17	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1042,8	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-5,09	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,43	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	135,26	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	993,23	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,06	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	482,8	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #8 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 4% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.



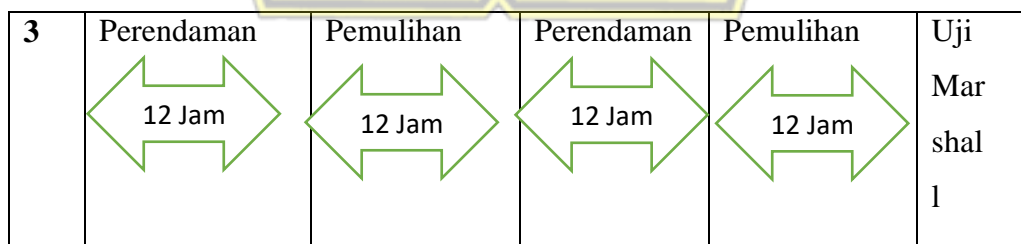


**Grafik 4.37.** Hasil Perendaman berkala Rob #8

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.9. Hasil Perendaman berkala #9 LDPE 4% Perendaman 48 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.34.** Perendaman berkala Rob #9

**Tabel 4.94.** Hasil Perendaman berkala Rob #9

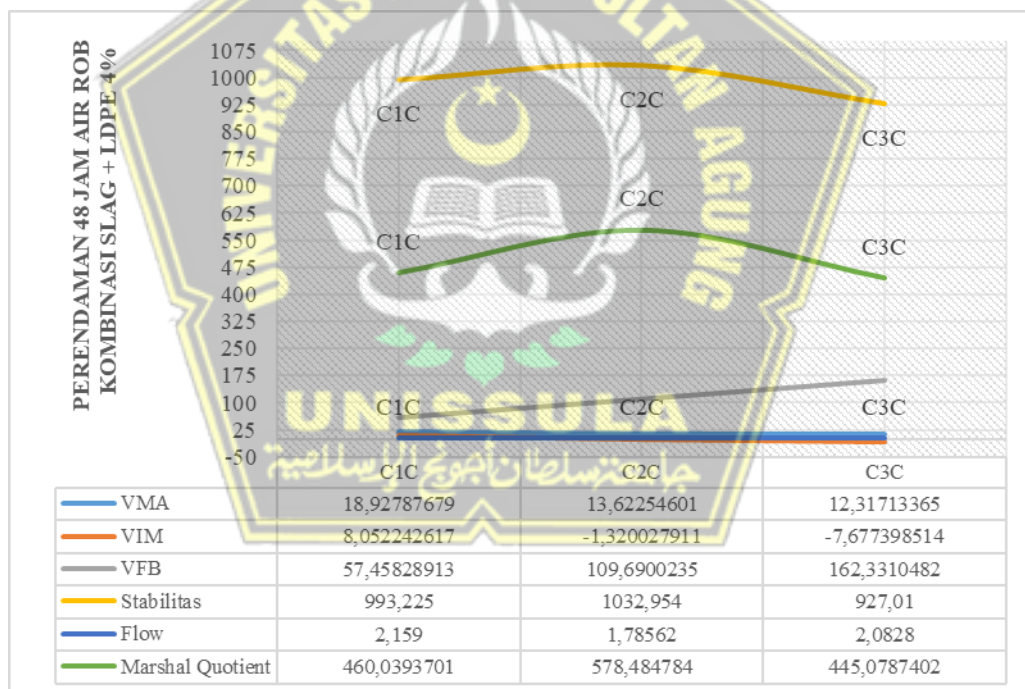
PERENDAMAN BERKALA 48 JAM DENGAN AIR ROB ( ( kombinasi Slag + LDPE 4%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662	BJ Total Agg (Gsb) :			2,616	Kalibrasi Proving Ring =				13,243 Kg
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( m/q )
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-i)				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i				m / n
		campuran							gsb	h					
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1174,0	664,0	1186,0	522,0	2,249	2,446	18,93	8,05	57,46	75,00	993,23	2,16	460,0
							2,249	2,446	18,93	8,05	57,46	75,00	993,23	2,16	460,0
1	50%	5,7	1166,0	693,4	1180,0	486,6	2,396	2,365	13,62	-1,32	109,69	78,00	1032,95	1,79	578,5
							2,396	2,365	13,62	-1,32	109,69	78,00	1032,95	1,79	578,5
1	100%	5,7	1170,0	699,0	1180,0	481,0	2,432	2,259	12,32	-7,68	162,33	70,00	927,01	2,08	445,1
							2,432	2,259	12,32	-7,68	162,33	70,00	927,01	2,08	445,1

**Tabel 4.95.** Hasil Perendaman berkala Rob #9

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	8,05	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	18,93	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	57,46	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	993,23	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,16	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	460,0	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,32	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	162,33	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1032,95	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,79	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	578,5	50 %	-

Rongga Udara ( VIM )	-7,68	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,32	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	162,33	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	927,01	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,08	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	445,1	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #9 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) tidak sesuai Spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

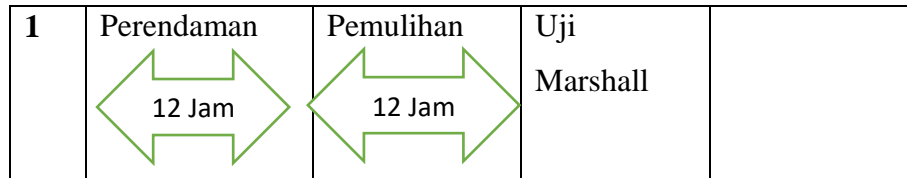


**Grafik 4.38.** Hasil Perendaman berkala Rob #9

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.10. Hasil Perendaman berkala #10 LDPE 6 % Perendaman 24 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.11.** Perendaman berkala rob #10

**Tabel 4.48.** Hasil Perendaman berkala rob #10

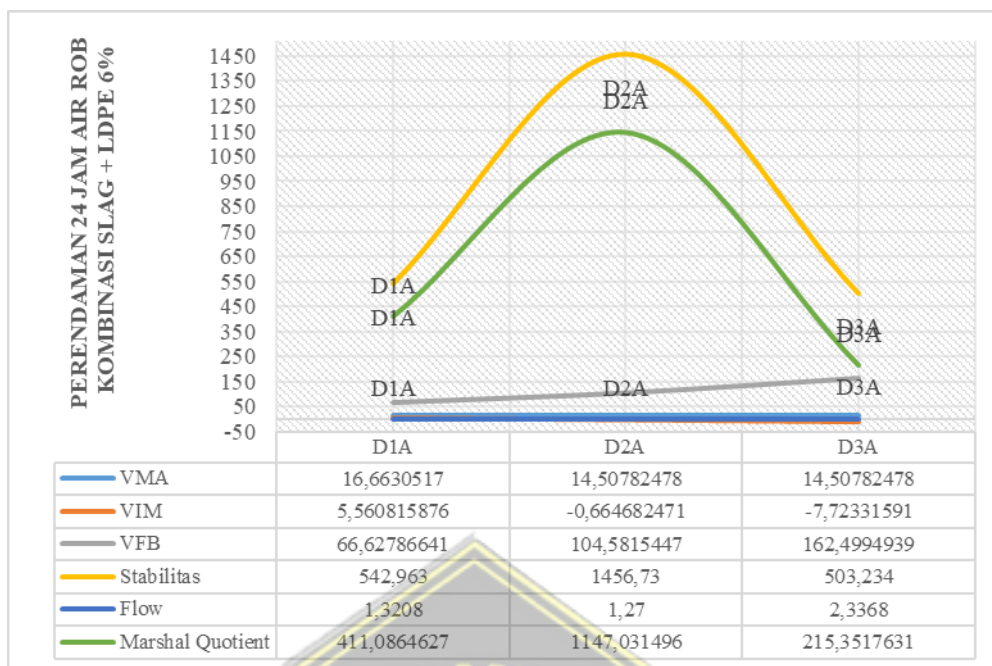
PERENDAMAN BERKALA 24 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 6%)																	
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :				2,662	BJ Total Agg (Gsb) :			2,616	Kalibrasi Proving Ring =					13,243, Kg
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp.(vim)	% rongga aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan di sesuaikan	hasil bagi marshall ( mq )			
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o			
	% berat total campuran (%)	data timbang (gr)	data timbang (gr)	data timbang (gr)	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gsb (%)	100 - (100 - j) / i (%)	100(i - j) / i (%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)			
1	0%	5,7	1149,0	665,0	1182,0	497,0	2,312	2,448	16,66	5,56	66,63	41,00	542,96	1,32	411,1		
1	50%	5,7	1171,6	690,0	1184,0	494,0	2,372	2,356	14,51	-0,66	104,58	110,00	1456,73	1,27	1147,0		
1	100%	5,7	1164,6	699,0	1178,0	479,0	2,431	2,257	12,36	-7,72	162,50	38,00	503,23	2,34	215,4		
							2,431	2,257	12,36	-7,72	162,50	38,00	503,23	2,34	215,4		

**Tabel 4.49.** Rekap Perendaman berkala rob #10

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	5,56	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	16,66	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	66,63	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	542,96	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,32	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	411,1	0 %	-

Rongga Udara ( VIM )	-0,66	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,51	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	104,58	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1456,73	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,27	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1147,0	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-7,72	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,36	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	162,50	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	503,23	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,34	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	215,4	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #10 yaitu pada 0%, 50% dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

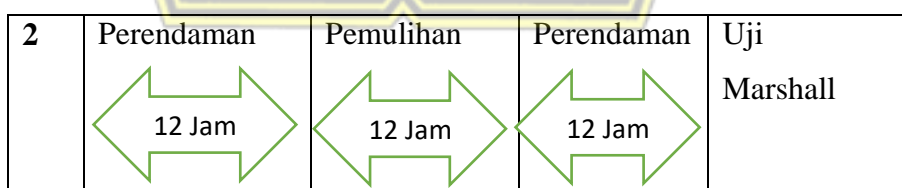


**Grafik 4.15.** Hasil Perendaman berkala rob #10

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50% dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.12.11. Hasil Perendaman berkala #11 LDPE 6% Perendaman 36 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.12.** Perendaman berkala rob #11

**Tabel 4.50. Hasil Perendaman berkala rob #11**

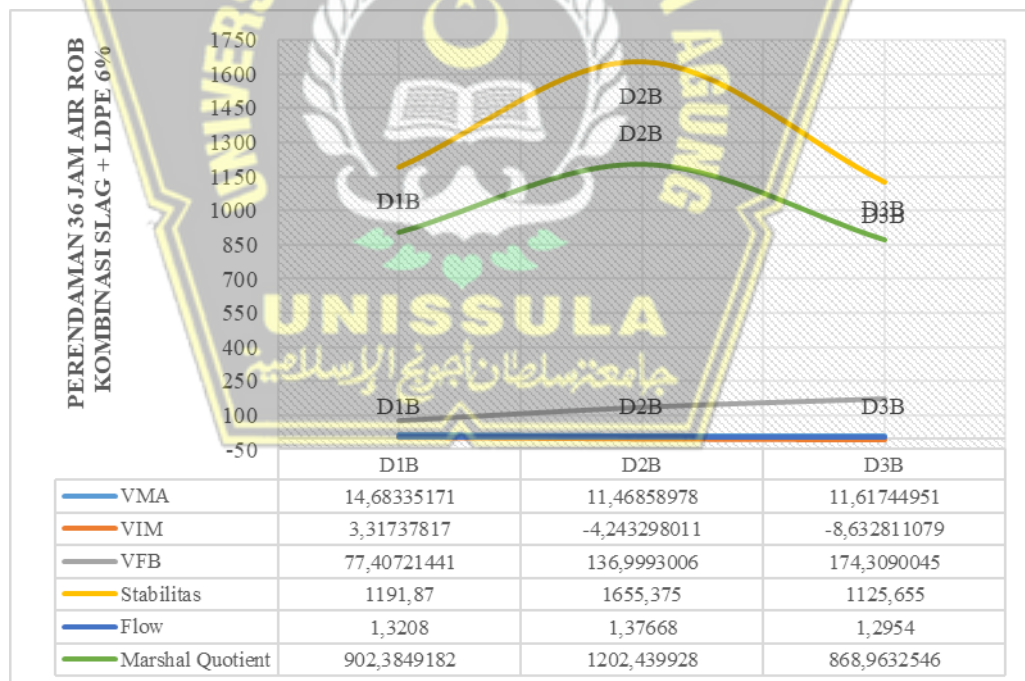
PERENDAMAN BERKALA 36 JAM DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 6%)																	
BJ Aspal ( T ) :		1,039				BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616				Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas		kelelahan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)		
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o			
	% berat total campuran (%)	data timbang (gr)	data timbang (gr)	data timbang (gr)	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb (%)	100 - (100 * g) h (%)	100(i+j) i (%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)			
1	0%	5,7	1146,0	672,0	1156,2	484,2	2,367	2,448	14,68	3,32	77,41	90,00	1191,87	1,32	902,4		
							2,367	2,448	14,68	3,32	77,41	90,00	1191,87	1,32	902,4		
1	50%	5,7	1126,8	679,0	1137,8	458,8	2,456	2,356	11,47	-4,24	137,00	125,00	1655,38	1,38	1202,4		
							2,456	2,356	11,47	-4,24	137,00	125,00	1655,38	1,38	1202,4		
1	100%	5,7	1171,0	703,8	1181,4	477,6	2,452	2,257	11,62	-8,63	174,31	85,00	1125,66	1,30	869,0		
							2,452	2,257	11,62	-8,63	174,31	85,00	1125,66	1,30	869,0		

**Tabel 4.51. Hasil Perendaman berkala rob #11**

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	3,32	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,68	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	77,41	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1191,87	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,32	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	902,4	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-4,24	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	11,47	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	137,00	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1655,38	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow )	1,38	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1202,4	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,63	100 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	11,62	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFB)	174,31	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis (Flow)	1,30	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	869,0	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #11 yaitu pada 0% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan sedangkan untuk Slag 50% dan 100% dengan kadar LDPE 6% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah -4,24% dan -8,63%.



**Grafik 4.16.** Hasil Perendaman berkala rob #11

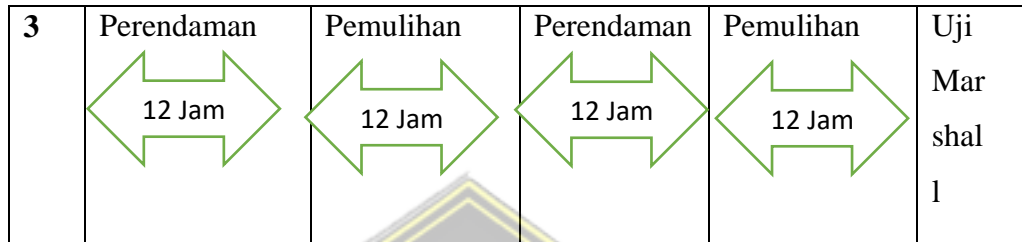
Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 100 % dan 50% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan



memiliki nilai VIM kurang dari 3% sedangkan agregat slag kadar 0 % masih masuk dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.13.12. Hasil Perendaman berkala #12 LDPE 6% Perendaman 48 jam

Hasil perendaman berkala perendaman selama 12 jam kemudian pemulihan 12 jam perendaman 12 jam pemulihan 12 jam kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.13.** Perendaman berkala rob #12

**Tabel 4.52.** Hasil Perendaman berkala rob #12

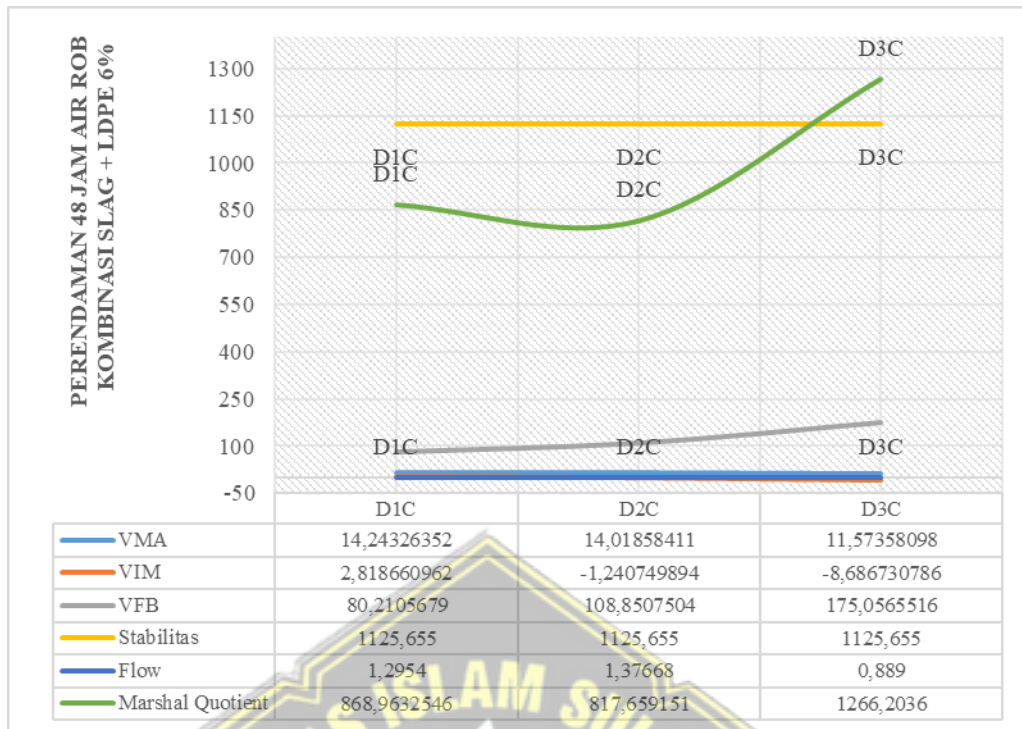
PERENDAMAN BERKALA 48 JAM DENGAN AIR BANJIR (( kombinasi Slag + LDPE 6% ))																
BJ Aspal (T) :		1,039					BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg			
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi	
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall	
uji							camp. Agg	camp. Agg	agg.(vna)	camp(vm)	aspal(vb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		
	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-i)					m/n	
	total	timbang	timbang	timbang	e - d	c/f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i						
	campuran						gsb	h								
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)		
1	0%	5,7	1160,0	681,4	1169,0	487,6	2,379	2,448	14,24	2,82	80,21	85,00	1125,66	1,30	869,0	
							2,379	2,448	14,24	2,82	80,21	85,00	1125,66	1,30	869,0	
1	50%	5,7	1130,6	668,0	1142,0	474,0	2,385	2,356	14,02	-1,24	108,85	85,00	1125,66	1,38	817,7	
							2,385	2,356	14,02	-1,24	108,85	85,00	1125,66	1,38	817,7	
1	100%	5,7	1170,6	705,8	1183,0	477,2	2,453	2,257	11,57	-8,69	175,06	85,00	1125,66	0,89	1266,2	
							2,453	2,257	11,57	-8,69	175,06	85,00	1125,66	0,89	1266,2	

**Tabel 4.53.** Hasil Perendaman berkala rob #12

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	2,82	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,24	0 %	Min 15 %

Rongga Terisi Aspal ( VFB )	80,21	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	0 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	1,30	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	869,0	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1.24	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,02	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	108,85	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	50 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	1,38	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	817,7	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,69	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,57	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	175,06	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1125,66	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	0,89	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1266,2	100 %	-

Hasil Perendaman berkala #12 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau kurang dari persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.



**Grafik 4.17.** Hasil Perendaman berkala rob #12

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.14. Hasil Perendaman menerus Air Rob

##### 4.14.1. Hasil Perendaman menerus #1 LDPE 0% 7 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 7 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.38.** Perendaman menerus rob #1

**Tabel 4.102.** Hasil Perendaman Menerus rob #1

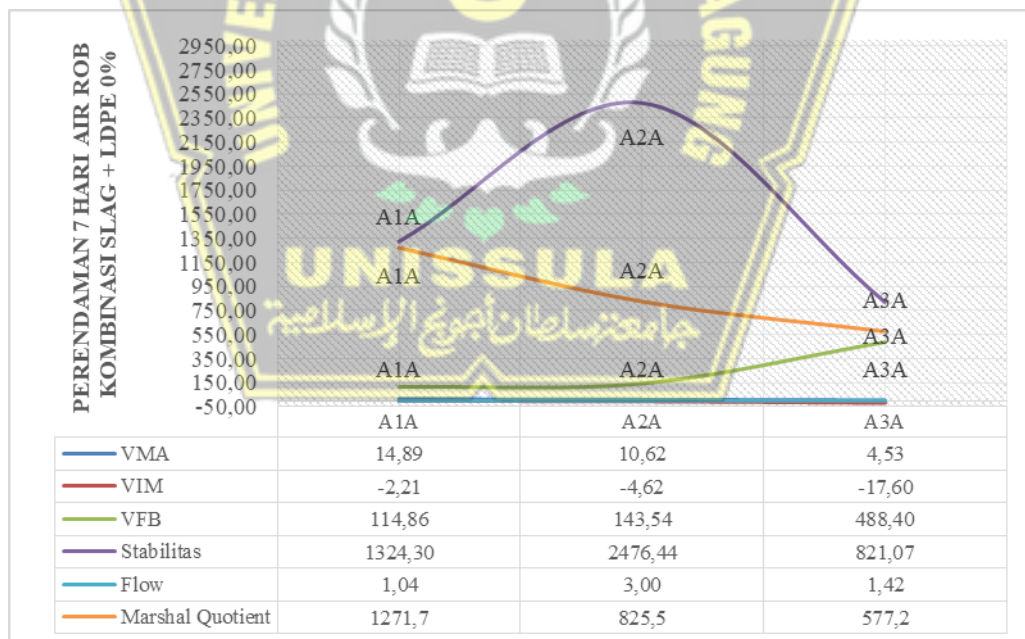
PERENDAMAN MENERUS 7 HARI DENGAN AIR ROB ( kombinasi Slag + LDPE 0%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg						
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dln air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat	data	data	data					100 -	100 -	100(i-j)				
	total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i					m / n
	campuran							gsb	h						
	( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )	
1	0%	5,7	1105,0	641,0	1109,0	468,0	2,361	2,310	14,89	-2,21	114,86	100	1324,30	1,04	1271,7
							2,361	2,310	14,89	-2,21	114,86	100,00	1324,30	1,04	1271,7
1	50%	5,7	1176,8	689,4	1164,0	474,6	2,480	2,370	10,62	-4,62	143,54	187	2476,44	3,00	825,5
							2,480	2,370	10,62	-4,62	143,54	187,00	2476,44	3,00	825,5
1	100%	5,7	1160,0	725,0	1163,0	438,0	2,648	2,252	4,53	-17,60	488,40	62	821,07	1,42	577,2
							2,648	2,252	4,53	-17,60	488,40	62,00	821,07	1,42	577,2

**Tabel 4.103.** Hasil Perendaman Menerus rob #1

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,21	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,89	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	114,86	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1324,30	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,04	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1271,7	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-4,62	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	10,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	143,54	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2476,44	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	3,00	50 %	2.0 - 4.0

Marshall Quotient	825,5	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-17,60	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	4,53	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	488,40	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	821,07	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,42	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	577,2	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #1 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

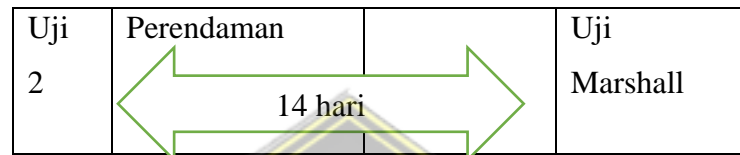


**Grafik 4.42.** Hasil Perendaman menerus rob #1

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.14.2. Hasil Perendaman menerus #2 LDPE 0% 14 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 14 hari kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.39. Perendaman menerus rob #2

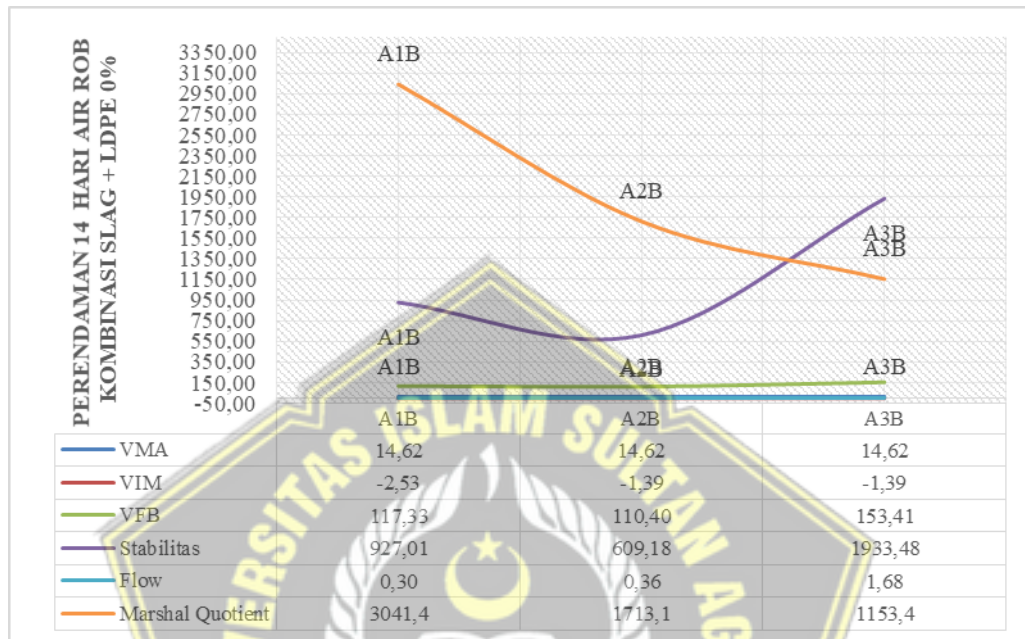
Tabel 4.104. Hasil Perendaman menerus rob #2

PERENDAMAN MENERUS 14 HARI DENGAN AIR ROB ( kombinasi Slag + LDPE 0%)																	
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :				2,662	BJ Total Agg (Gsb) :			2,616	Kalibrasi Proving Ring =					13,243 Kg
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi		
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall		
uji							camp. Agg	agg.(vma)	camp.(vm)	aspal.(vb)	arioji	sesuaikan	(flow)	(mq)			
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100/(i-)						
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i				m / n		
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				gsb	h		(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)		
1	0%	5,7	1180,0	694,8	1193,0	498,2	2,369	2,310	14,62	-2,53	117,33	70,00	927,01	0,30	3041,4		
							2,339	2,310	14,62	-2,53	117,33	77,00	927,01	0,30	3041,4		
1	50%	5,7	1164,0	692,4	1176,8	484,4	2,403	2,370	13,38	-1,39	110,40	46,00	609,18	0,36	1713,1		
							2,403	2,370	13,38	-1,39	110,40	46,00	609,18	0,36	1713,1		
1	100%	5,7	1177,0	697,8	1186,2	488,4	2,410	2,252	13,13	-7,01	153,41	146,00	1933,48	1,68	1153,4		
							2,410	2,252	13,13	-7,01	153,41	146,00	1933,48	1,68	1153,4		

**Tabel 4.105.** Hasil Perendaman menerus rob #2

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,53	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,63	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	117,33	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	927,01	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,30	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	3041,4	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,38	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,38	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	110,40	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	609,18	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,36	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1713,1	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-7,01	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,13	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	153,41	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1933,48	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,68	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1153,4	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #2 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

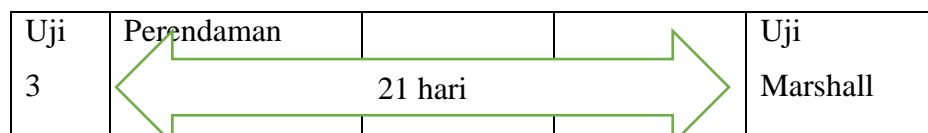


**Grafik 4.43.** Hasil Perendaman menerus rob #2

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.14.3. Hasil Perendaman menerus #3 LDPE 0% 21 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 21 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.40.** Perendaman menerus rob #3



**Tabel 4.106.** Hasil Perendaman menerus rob #3

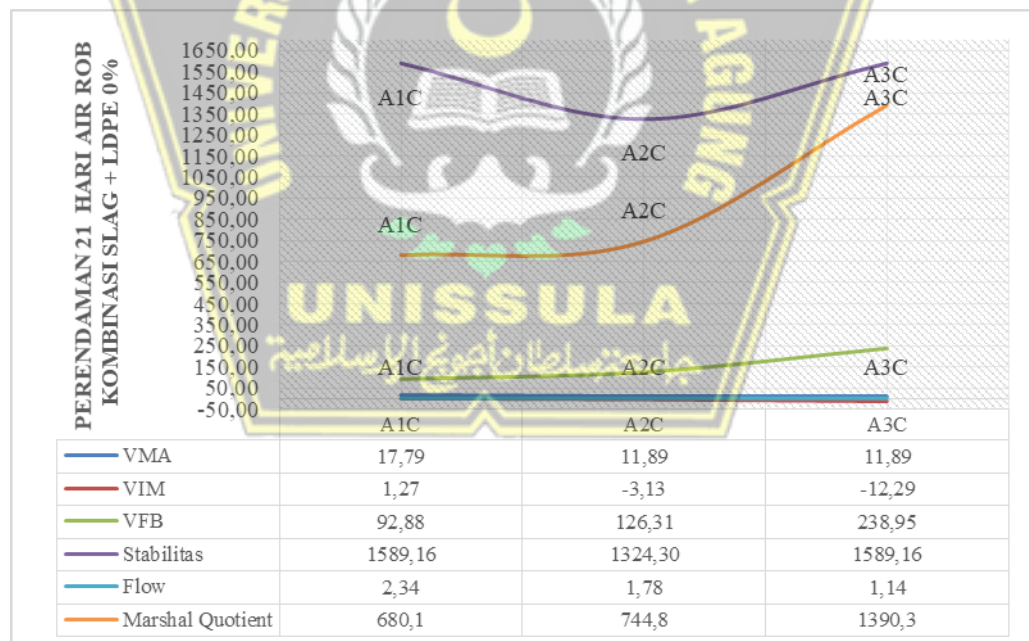
PERENDAMAN MENERUS 21 HARI DENGAN AIR ROB ( ( kombinasi Slag + LDPE 0%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039				BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg			
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam	% rongga terisi	stabilitas dibaca	kelelahan di	hasil bagi marshall	
									agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g gsb	100 - (100*g) h	100(i - j) i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)					
1	0%	5,7	1165,0	659,2	1170,0	510,8	2,281	2,310	17,79	1,27	92,88	120,00	1589,16	2,34	680,1
							2,281	2,310	17,79	1,27	92,88	120,00	1589,16	2,34	680,1
1	50%	5,7	1160,0	689,4	1164,0	474,6	2,444	2,370	11,89	-3,13	126,31	100,00	1324,30	1,78	744,8
							2,444	2,370	11,89	-3,13	126,31	100,00	1324,30	1,78	744,8
1	100%	5,7	1187,0	717,6	1187,0	469,4	2,529	2,252	8,84	-12,29	238,95	120,00	1589,16	1,14	1390,3
							2,529	2,252	8,84	-12,29	238,95	120,00	1589,16	1,14	1390,3

**Tabel 4.107.** Hasil Perendaman menerus rob #3

Uraian (LDPE 0%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	1,27	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	17,79	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	92,88	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1589,16	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,34	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	680,1	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-3,13	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,89	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	92,88	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	120,00	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,34	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	744,8	50 %	-

Rongga Udara ( VIM )	-12,29	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	8,84	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	238,95	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1589,16	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	1,14	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1390,3	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #3 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 0% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

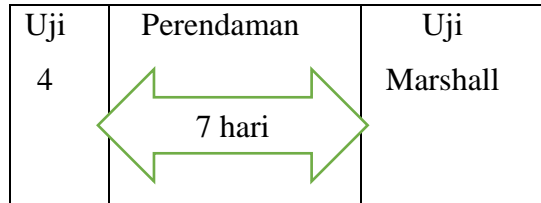


**Grafik 4.44.** Hasil Perendaman menerus rob #3

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3%.

#### 4.14.4. Hasil Perendaman menerus #4 LDPE 2% 7 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selam 7 hari kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.41. Perendaman menerus rob #4

Tabel 4.108. Hasil Perendaman Menerus rob #4

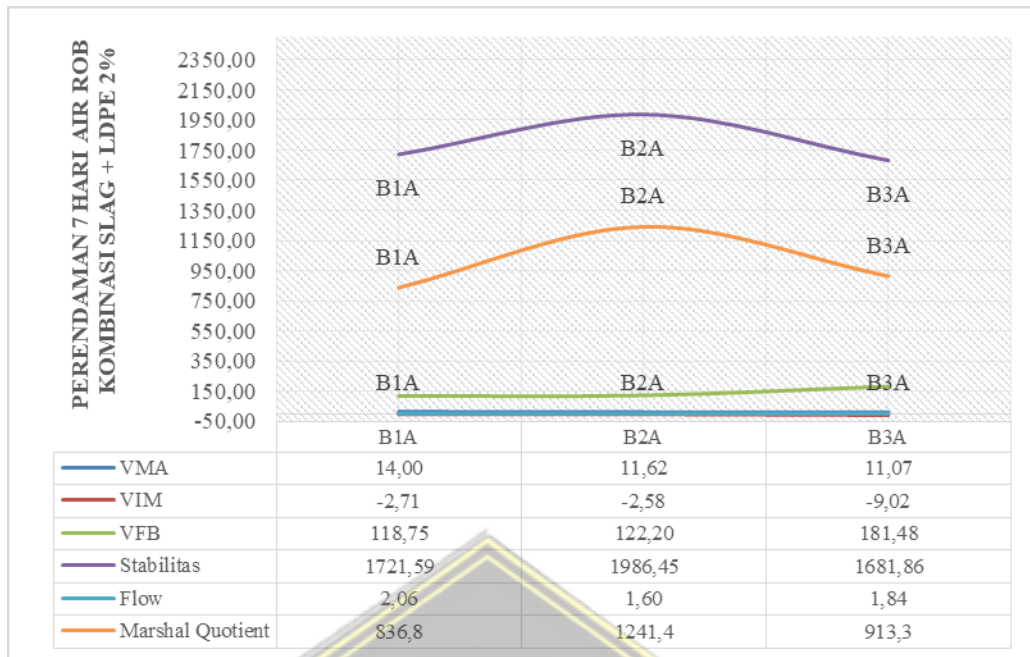
PERENDAMAN MENERUS 7 HARI DENGAN AIR ROB ( kombinasi Slag + LDPE 2%)																			
BJ Aspal ( T ) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :				2,662		BJ Total Agg (Gsb) :			2,616		Kalibrasi Proving Ring =			13,243 Kg	
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi				
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall				
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o				
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100/(i-j)								
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)q	(100*g)	i				m / n				
		campuran							gsb	h									
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)				
1	0%	5,7	1181,6	691,0	1189,0	498,0	2,373	2,310	14,47	-2,71	118,75	130,00	1721,59	2,06	836,8				
							2,373	2,310	14,00	-2,71	118,75	130,00	1721,59	2,06	836,8				
1	50%	5,7	1176,8	699,0	1179,0	480,0	2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	150,00	1986,45	1,60	1241,4				
							2,452	2,390	11,62	-2,58	122,20	150,00	1986,45	1,60	1241,4				
1	100%	5,7	1176,8	705,0	1182,0	477,0	2,467	2,263	11,07	-9,02	181,48	127,00	1681,86	1,84	913,3				
							2,467	2,263	11,07	-9,02	181,48	127,00	1681,86	1,84	913,3				

Tabel 4.109. Hasil Perendaman Menerus rob #4

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	-2,71	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,47	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	118,75	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1721,59	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,06	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	836,8	0 %	-

Rongga Udara (VIM)	-2,58	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	118,75	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1721,59	50 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	1,60	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1241,4	50 %	-
Rongga Udara (VIM)	-9,02	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,07	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	181,48	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1681,86	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	1,84	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	913,3	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #4 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

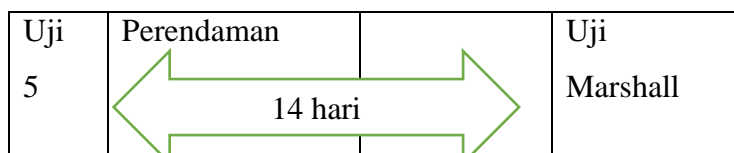


**Grafik 4.45.** Hasil Perendaman Menerus rob #4

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

**4.14.5. Hasil Perendaman menerus #5 LDPE 2% 14 hari**

Hasil perendaman menerus perendaman selam 14 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.42.** Perendaman menerus rob #5

**Tabel 4.110.** Hasil Perendaman menerus rob #5

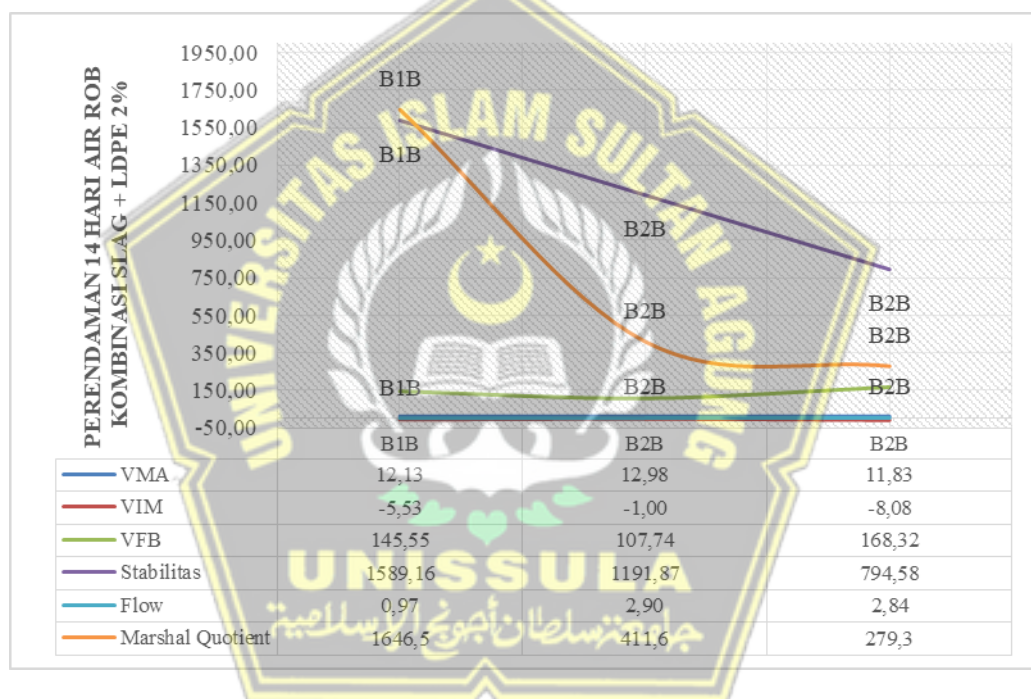
PERENDAMAN MENERUS 14 HARI DENGAN AIR ROB ( kombinasi Slag + LDPE 2%)																					
BJ Aspal ( T ) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662			BJ Total Agg (Gsb) :			2,616			Kalibrasi Proving Ring =			13,243 Kg		
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj, Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelehan	hasil bagi						
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall						
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )						
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o						
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i+j)										
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i				m / n						
		campuran							gsb	h											
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)						
1	0%	5,7	1160,8	690,0	1166,2	476,2	2,438	2,310	12,13	-5,53	145,55	120,00	1589,16	0,97	1646,5						
							2,438	2,310	12,13	-5,53	145,55	120,00	1589,16	0,97	1646,5						
1	50%	5,7	1165,0	692,2	1174,8	482,6	2,414	2,390	12,98	-1,00	107,74	90,00	1191,87	2,90	411,6						
							2,414	2,390	12,98	-1,00	107,74	90,00	1191,87	2,90	411,6						
1	100%	5,7	1176,0	710,4	1191,2	480,8	2,446	2,263	11,83	-8,08	168,32	60,00	794,58	2,84	279,3						
							2,446	2,263	11,83	-8,08	168,32	60,00	794,58	2,84	279,3						

**Tabel 4.111.** Hasil Perendaman menerus rob #5

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-5,53	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,13	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	145,55	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1589,16	0 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	0,97	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	16646,5	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,00	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,98	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	107,74	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1191,87	50 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	2,90	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	411,6	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,08	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	11,83	100 %	Min 15 %

Rongga Terisi Aspal ( VFB )	168,32	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	794,58	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	2,84	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	279,3	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #5 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

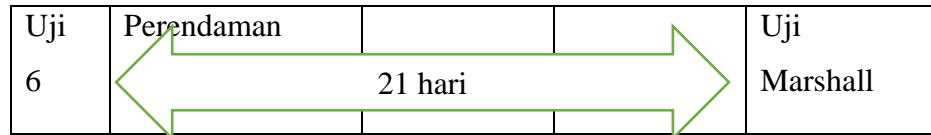


**Grafik 4.46.** Hasil Perendaman menerus rob #5

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.14.6. Hasil Perendaman menerus #6 LDPE 2% 21 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 21 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.43.** Perendaman menerus rob #6

**Tabel 4.112.** Hasil Perendaman menerus rob #6

PERENDAMAN MENERUS 21 HARI DENGAN AIR ROB ( ( kombinasi Slag + LDPE 2%)																		
BJ Aspal ( T ) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662		BJ Total Agg (Gsb) :			2,616		Kalibrasi Proving Ring =			13,243 Kg	
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi			
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall			
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )			
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o			
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)							
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i				m / n			
		campuran							gsb	h								
		( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )			
1	0%	5,7	1264,6	727,2	1266,0	538,8	2,347	2,310	15,39	-1,60	110,42	120,00	1589,16	2,64	601,6			
							2,347	2,310	15,39	-1,60	110,42	120,00	1589,16	2,64	601,6			
1	50%	5,7	1160,0	693,0	1171,0	478,0	2,427	2,390	12,52	-1,54	112,29	130,00	1721,59	2,90	594,6			
							2,427	2,390	12,52	-1,54	112,29	130,00	1721,59	2,90	594,6			
1	100%	5,7	1156,0	696,0	1169,0	473,0	2,444	2,263	11,90	-8,00	167,20	194,00	2569,14	21,34	120,4			
							2,444	2,263	11,90	-8,00	167,20	194,00	2569,14	21,34	120,4			

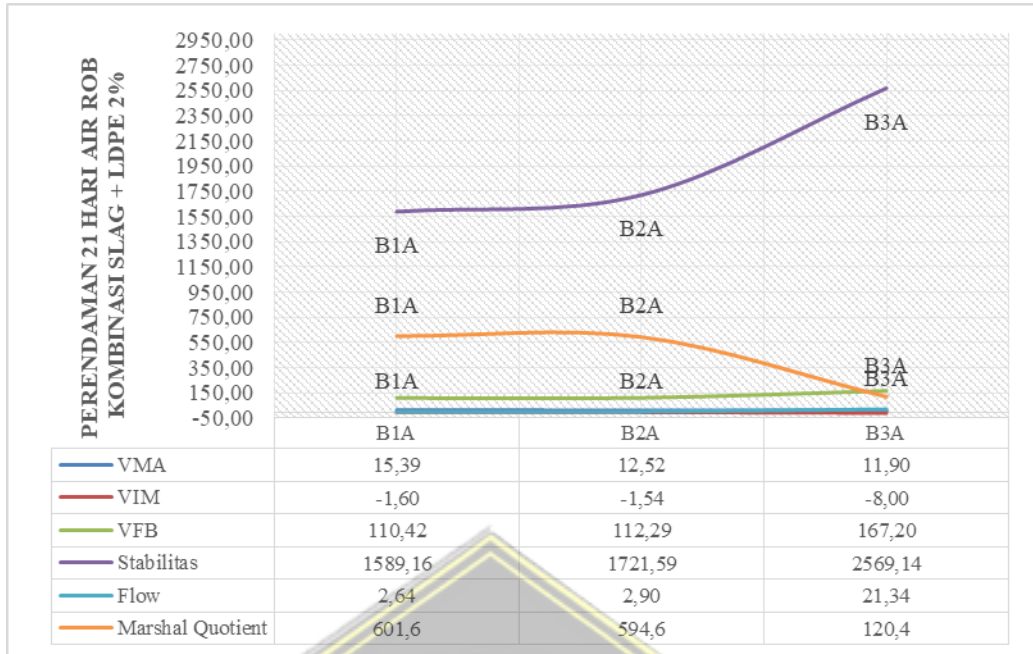
**Tabel 4.113.** Hasil Perendaman menerus rob# 6

Uraian (LDPE 2%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agreg at Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-1,60	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	15,39	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	110,42	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1589,16	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,64	0 %	2.0 - 4.0



Marshall Quotient	601,6	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-27,14	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	-9,40	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	-188,53	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2295,45	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	3,00	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	765,2	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-86,59	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	-52,05	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	-66,36	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2538,24	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,9	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	875,3	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #6 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 2% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

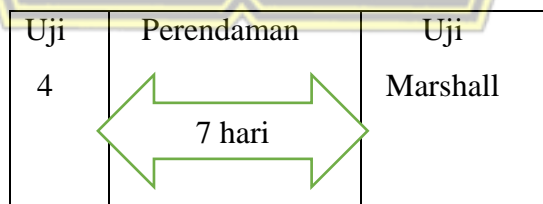


**Grafik 4.47.** Hasil Perendaman menerus rob #6

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

**4.14.7. Hasil Perendaman menerus #7 LDPE 4% 7 hari**

Hasil perendaman menerus perendaman selama 7 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.44.** Perendaman menerus rob #7

**Tabel 4.114.** Hasil Perendaman Menerus rob #7

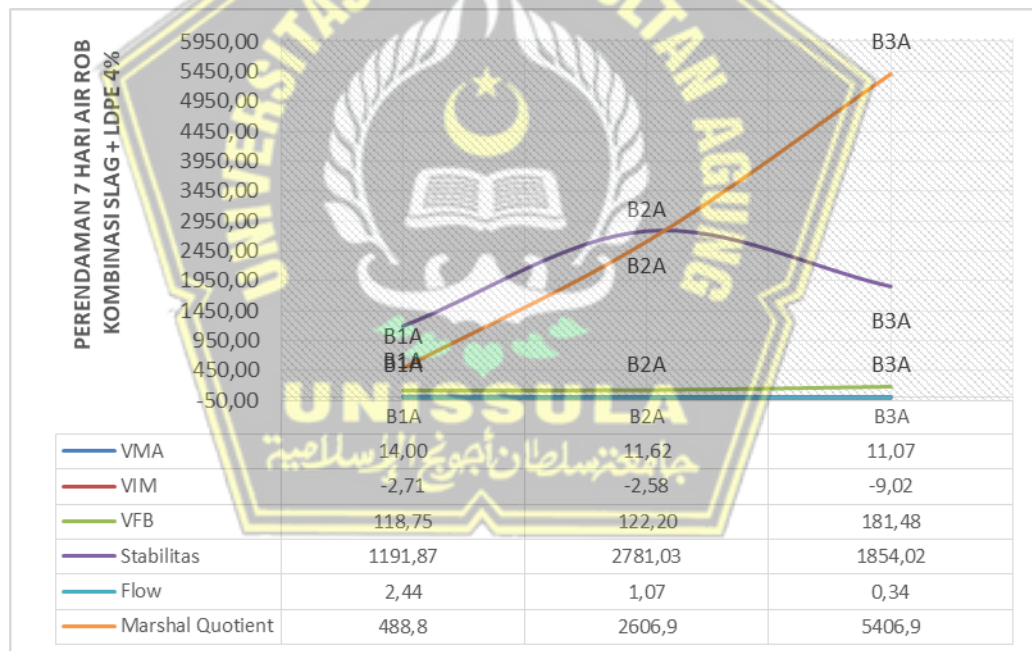
PERENDAMAN MENERUS 7 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 4%)															
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :2,662				BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg					
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	di air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	( flow )	( mq )
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c/f	GMM	(100 - b)q	(100°g)	i				m / n
		campuran							gsb	h					
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1152,4	664,0	1158,0	494,0	2,333	2,310	15,91	-0,99	106,20	90,00	1191,87	2,44	488,8
							2,333	2,310	15,91	-0,99	106,20	90,00	1191,87	2,44	488,8
1	50%	5,7	1110,8	654,0	1115,0	461,0	2,410	2,365	13,14	-1,88	114,33	210,00	2781,03	1,07	2606,9
							2,410	2,365	13,14	-1,88	114,33	210,00	2781,03	1,07	2606,9
1	100%	5,7	1139,0	675,0	1147,0	472,0	2,413	2,259	13,01	-6,82	152,43	140,00	1854,02	0,34	5406,9
							2,413	2,259	13,01	-6,82	152,43	140,00	1854,02	0,34	5406,9

**Tabel 4.115.** Hasil Perendaman Menerus rob #7

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	-0,99	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	15,91	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	106,20	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1191,87	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,44	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	488,8	0 %	-
Rongga Udara (VIM)	-1,88	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,14	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	114,33	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2781,03	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,07	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	2606,9	50 %	-
Rongga Udara (VIM)	-6,82	100 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	13,01	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	152,43	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1854,02	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,34	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	5406,9	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #7 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

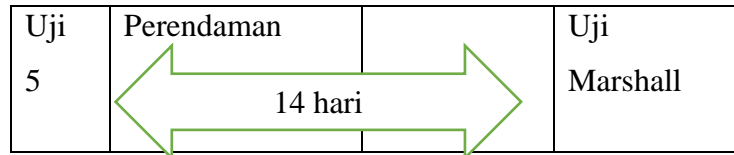


**Grafik 4.48.** Hasil Perendaman Menerus rob #7

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.14.8. Hasil Perendaman menerus #8 LDPE 4% 14 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 14 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.45.** Perendaman menerus rob #8

**Tabel 4.116.** Hasil Perendaman menerus rob #8

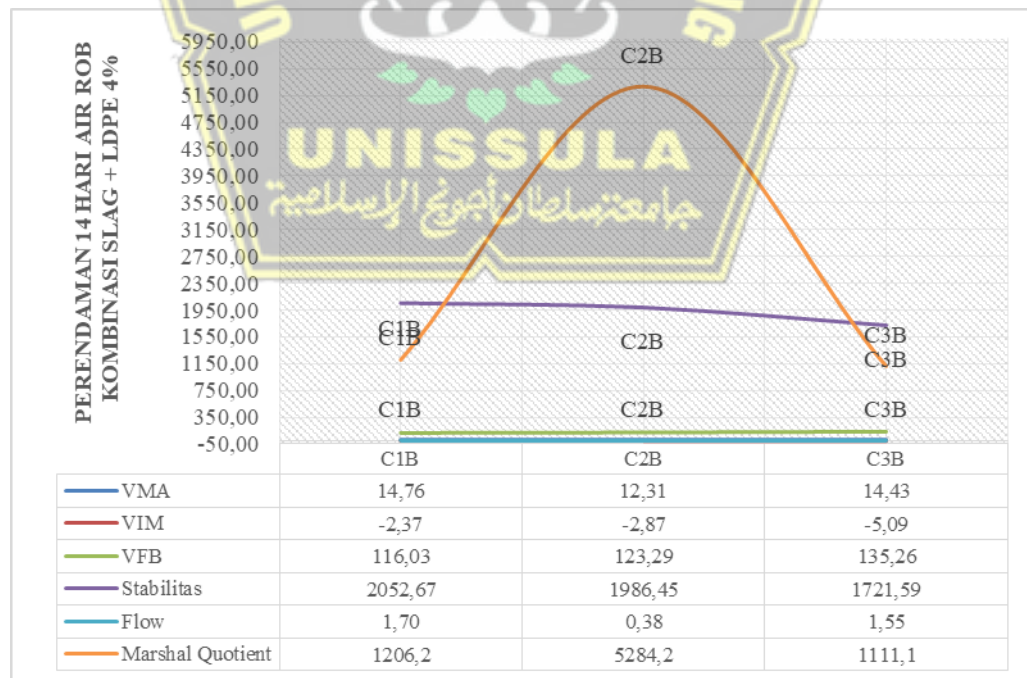
PERENDAMAN MENERUS 14 HARI DENGAN AIR BANJIR ( kombinasi Slag + LDPE 4%)																
BJ Aspal ( T ) :		1,039	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :-2,662				BJ Total Agg (Gsb) :			2,616			Kalibrasi Proving Ring =			13,243 Kg
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi	
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall	
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)					
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c/f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i				m / n	
		campuran							gsb	h						
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
1	0%	5,7	1153,0	677,4	1165,0	487,6	2,365	2,310	14,76	-2,37	116,03	155,00	2052,67	1,70	1206,2	
							2,365	2,310	14,76	-2,37	116,03	155,00	2052,67	1,70	1206,2	
1	50%	5,7	1110,8	674,4	1131,0	456,6	2,433	2,365	12,31	-2,87	123,29	150,00	1986,45	0,38	5284,2	
							2,433	2,365	12,31	-2,87	123,29	150,00	1986,45	0,38	5284,2	
1	100%	5,7	1139,0	725,2	1205,0	479,8	2,374	2,259	14,43	-5,09	135,26	130,00	1721,59	1,55	1111,1	
							2,374	2,259	14,43	-5,09	135,26	130,00	1721,59	1,55	1111,1	

**Tabel 4.117.** Hasil Perendaman menerus rob #8

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,37	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,76	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	116,03	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2052,67	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,70	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1206,2	0 %	-

Rongga Udara ( VIM )	-2,87	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,31	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	123,29	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1986,45	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,38	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	5284,2	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-5,09	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,43	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	135,26	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1721,59	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,55	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1111,1	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #8 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

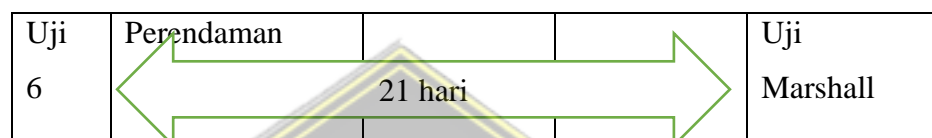


**Grafik 4.49.** Hasil Perendaman menerus rob #8

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.14.9. Hasil Perendaman menerus #9 LDPE 4% 21 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selam 21 hari kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.46. Perendaman menerus rob #9

Tabel 4.118. Hasil Perendaman menerus rob #9

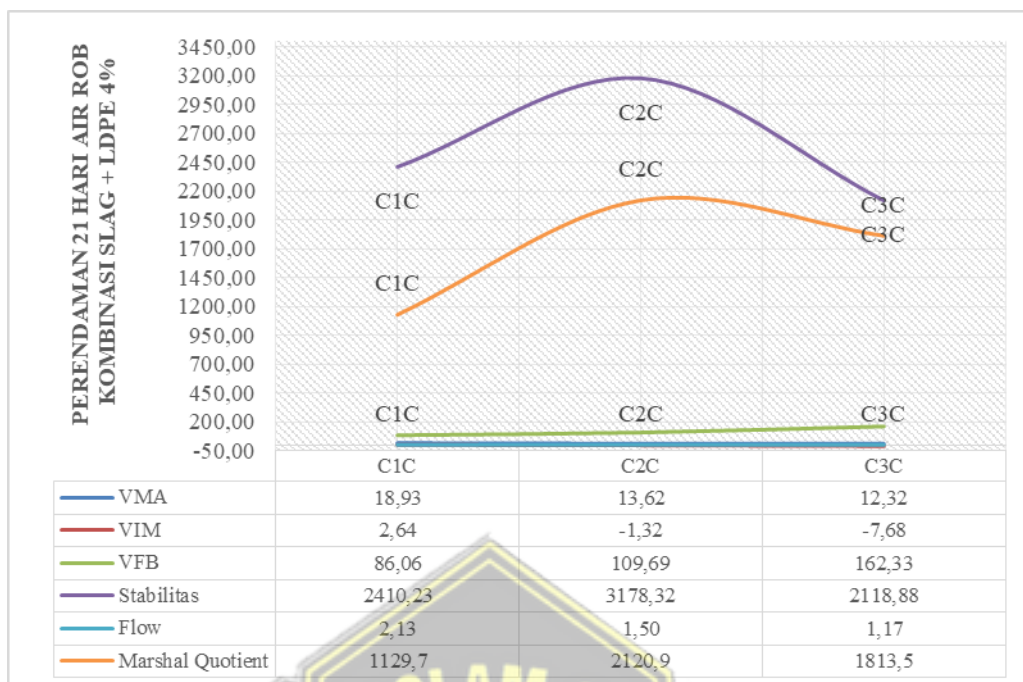
PERENDAMAN MENERUS 21 HARI DENGAN AIR BANJIR ( ( kombinasi Slag + LDPE 4% )															
BJ Aspal ( T ) :		1,039				BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,662			BJ Total Agg (Gsb) : 2,616			Kalibrasi Proving Ring = 13,243 Kg			
no	%	kadar	berat	berat	berat	volumen/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ss d	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp.(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100 (i-h)				
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100*g)	i				m / n
		campuran							gsb	h					
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
1	0%	5,7	1174,0	664,0	1186,0	522,0	2,249	2,310	18,93	2,64	86,06	182,00	2410,23	2,13	1129,7
							2,249	2,310	18,93	2,64	86,06	182,00	2410,23	2,13	1129,7
1	50%	5,7	1166,0	693,4	1180,0	486,6	2,396	2,365	13,62	-1,32	109,69	240,00	3178,32	1,50	2120,9
							2,396	2,365	13,62	-1,32	109,69	240,00	3178,32	1,50	2120,9
1	100%	5,7	1170,0	699,0	1180,0	481,0	2,432	2,259	12,32	-7,68	162,33	160,00	2118,88	1,17	1813,5
							2,432	2,259	12,32	-7,68	162,33	160,00	2118,88	1,17	1813,5

**Tabel 4.119.** Hasil Perendaman menerus rob #9

Uraian (LDPE 4%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	2,64	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	18,93	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	86,06	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2410,23	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	2,13	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1129,7	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,32	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	13,62	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	109,69	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	3178,32	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,50	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1813,5	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-7,68	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	12,32	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	162,33	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2118,88	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,17	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1813,5	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #9 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 4% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.



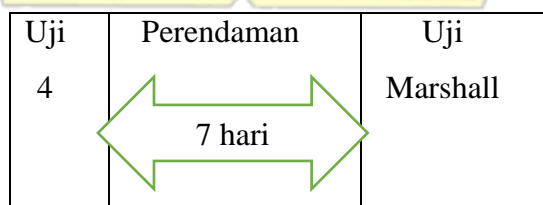


**Grafik 4.50.** Hasil Perendaman menerus rob #9

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

**4.14.10. Hasil Perendaman menerus #10 LDPE 6% 7 hari**

Hasil perendaman menerus perendaman selam 7 hari kemudian pengujian marshall.



**Gambar 4.47.** Perendaman menerus rob #10

**Tabel 4.120. Hasil Perendaman Menerus rob #10**

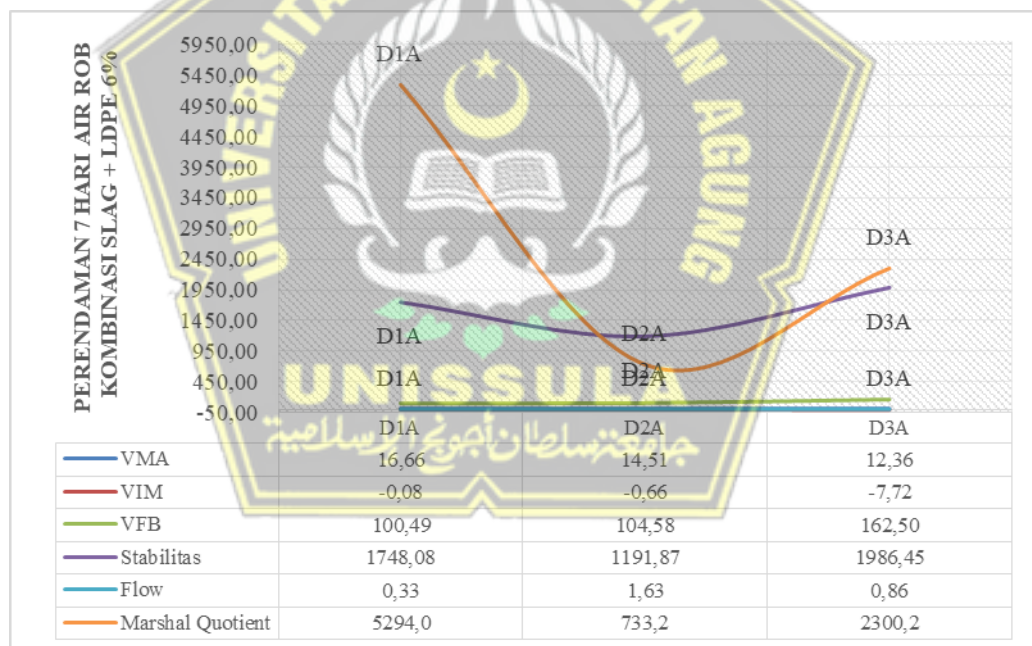
PERENDAMAN MENERUS 7 HARI DENGAN AIR ROB (kombinasi Slag + LDPE 6%)																					
BJ Aspal (T) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662			BJ Total Agg (Gsb) :			2,616			Kalibrasi Proving Ring =			13,243 Kg		
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi						
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall						
uji								camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)						
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o						
		% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(i-j)										
		total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100 * g)	i				m / n						
		campuran	(%)	(gr)	(gr)	(gr)			gsb	h	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)						
1	0%	5,7	1149,0	665,0	1162,0	497,0	2,312	2,310	16,66	-0,08	100,49	132	1748,08	0,33	5294,0						
							2,312	2,310	16,66	-0,08	100,49	132,00	1748,08	0,33	5294,0						
1	50%	5,7	1171,6	690,0	1184,0	494,0	2,372	2,356	14,51	-0,66	104,58	90	1191,87	1,63	733,2						
							2,372	2,356	14,51	-0,66	104,58	90,00	1191,87	1,63	733,2						
1	100%	5,7	1164,6	699,0	1178,0	479,0	2,431	2,257	12,36	-7,72	162,50	150,00	1986,45	0,86	2300,2						
							2,431	2,257	12,36	-7,72	162,50	150,00	1986,45	0,86	2300,2						

**Tabel 4.121. Hasil Perendaman Menerus rob #10**

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	-0,08	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	16,66	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	100,49	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1748,08	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,33	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	5294,0	0 %	-
Rongga Udara (VIM)	-0,66	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	14,51	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	104,58	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1191,87	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,63	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	733,2	50 %	-

Rongga Udara (VIM)	-7,72	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	12,36	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	162,50	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1986,45	100 %	Min 800 kg
Kelelehan Plastis ( Flow )	0,86	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	2300,2	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #10 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau tidak masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

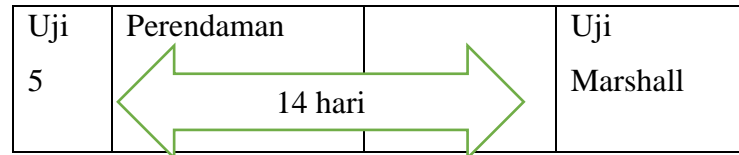


**Grafik 4.51.** Hasil Perendaman Menerus rob #10

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.14.11. Hasil Perendaman menerus #11 LDPE 6% 14 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selama 14 hari kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.48. Perendaman menerus rob #11

Tabel 4.122. Hasil Perendaman menerus rob #11

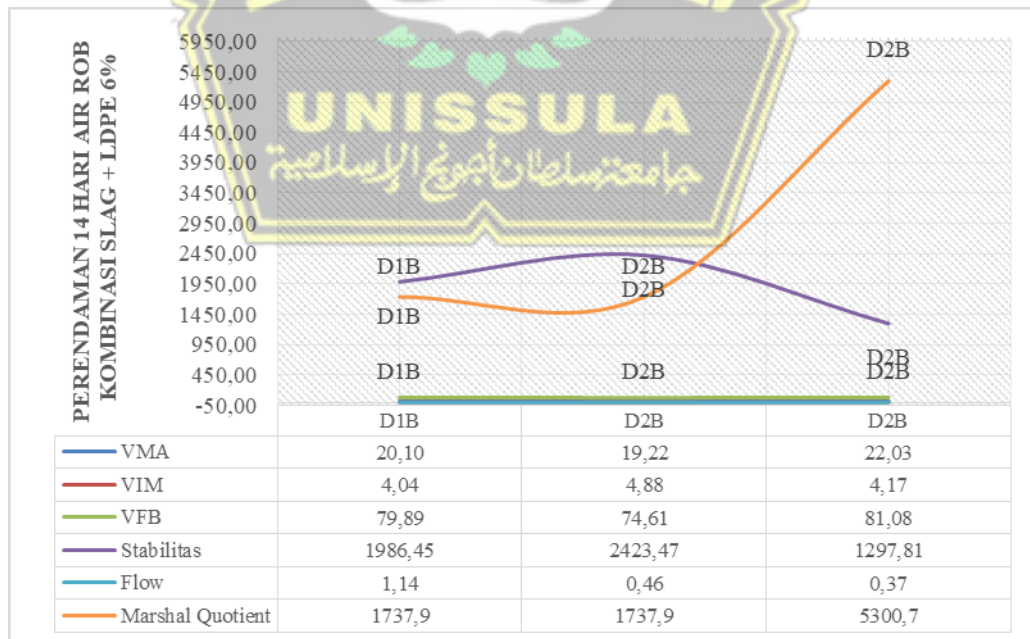
PERENDAMAN MENERUS 14 HARI DENGAN AIR ROB ( kombinasi Slag + LDPE 6%)																			
BJ Aspal ( T ) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662			BJ Total Agg (Gsb) :			2,616			Kalibrasi Proving Ring =		13,243 Kg	
no benda uji	% SLAG	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssa	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	di sesuaikan	kelelahan plastis ( flow )	hasil bagi marshall ( mq )				
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o					
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c/ f	GMM	100 - b/g	100 - g/ h	100(i- j) / i	(strip)	(kg)	(mm)	m / n				
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)				(kg/mm)				
D1B	0%	5,7	1146,0	647,0	1164,0	517,0	2,217	2,310	20,10	4,04	79,89	150	1986,45	1,14	1737,9				
Rata-rata							2,217	2,310	20,10	4,04	79,89	150,00	1986,45	1,14	1737,9				
D2B	50%	5,7	1126,8	635,0	1137,8	502,8	2,241	2,356	19,22	4,88	74,61	183	2423,47	0,46	5300,7				
Rata-rata							2,241	2,356	19,22	4,88	74,61	183,00	2423,47	0,46	5300,7				
D3B	100%	5,7	1171,0	640,0	1181,4	541,4	2,163	2,257	22,03	4,17	81,08	98	1297,81	0,37	3523,8				
Rata-rata							2,163	2,257	22,03	4,17	81,08	98,00	1297,81	0,37	3523,8				

Tabel 4.123. Hasil Perendaman menerus rob #11

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	4,04	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	20,10	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	79,89	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1986,45	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,14	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1737,9	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	4,88	50 %	3.0 - 5.0 %

Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	19,22	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	74,61	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2423,47	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,46	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	5300,7	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	4,17	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat ( VMA )	2,257	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	81,08	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1297,81	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,37	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	3523,8	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #11 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.

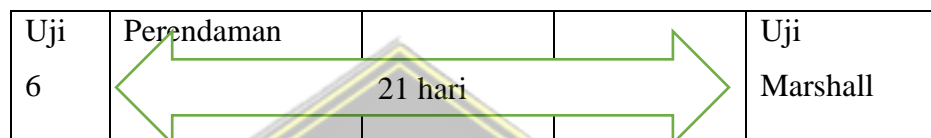


**Grafik 4.52.** Hasil Perendaman menerus rob #11

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM 3% sehingga memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.14.12. Hasil Perendaman menerus #12 LDPE 6% 21 hari

Hasil perendaman menerus perendaman selam 21 hari kemudian pengujian marshall.



Gambar 4.49. Perendaman menerus rob #12

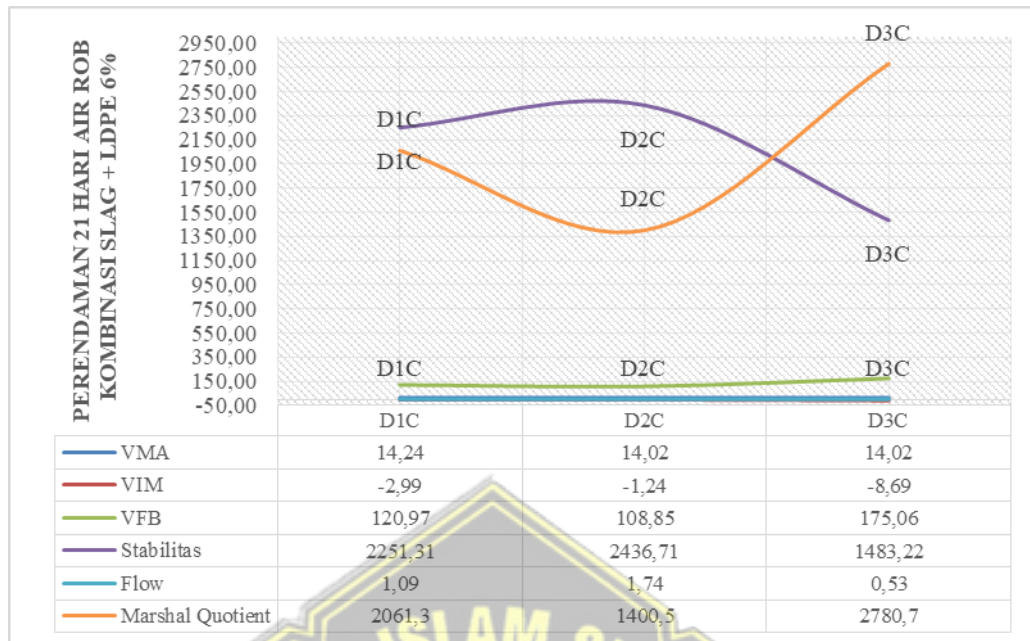
Tabel 4.124. Hasil Perendaman menerus rob #12

PERENDAMAN MENERUS 21 HARI DENGAN AIR ROB (( kombinasi Slag + LDPE 6% ))																		
BJ Aspal (T) :		1,039		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,662		BJ Total Agg (Gsb) :			2,616		Kalibrasi Proving Ring =			13,243 Kg	
no	%	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelahan	hasil bagi			
benda	SLAG	aspal	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall			
uji							camp. Agg	camp. Agg	agg.(vma)	camp.(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)			
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o				
	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100/(isi)								
	total	timbang	timbang	timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g	(100*q)	i				m / n				
	campuran	(%)	(gr)	(gr)	(gr)			gsb	h			(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)			
1	0%	5,7	1160,0	681,4	1169,0	487,6	2,379	2,310	14,24	-2,99	120,97	170	2251,31	1,09	2061,3			
							2,379	2,310	14,24	-2,99	120,97	170,00	2251,31	1,09	2061,3			
1	50%	5,7	1130,6	668,0	1142,0	474,0	2,385	2,356	14,02	-1,24	108,85	184	2436,71	1,74	1400,5			
							2,385	2,356	14,02	-1,24	108,85	184,00	2436,71	1,74	1400,5			
1	100%	5,7	1170,6	705,8	1183,0	477,2	2,453	2,257	11,57	-8,69	175,06	112	1483,22	0,53	2780,7			
							2,453	2,257	11,57	-8,69	175,06	112,00	1483,22	0,53	2780,7			

**Tabel 4.125.** Hasil Perendaman menerus rob #12

Uraian (LDPE 6%)	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat Slag	Spesifikasi
Rongga Udara ( VIM )	-2,99	0 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,24	0 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	120,97	0 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2251,31	0 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,09	0 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	2061,3	0 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-1,24	50 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	14,02	50 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	108,85	50 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	2436,71	50 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	1,74	50 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	1400,5	50 %	-
Rongga Udara ( VIM )	-8,69	100 %	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA )	11,57	100 %	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal ( VFB )	175,06	100 %	Min 65 %
Stabilitas Marshall	1483,22	100 %	Min 800 kg
Kelelahan Plastis ( Flow )	0,53	100 %	2.0 - 4.0
Marshall Quotient	2780,7	100 %	-

Hasil Perendaman menerus #12 yaitu pada 0%, 50%, dan 100% Slag dengan Kadar LDPE 6% maka Rongga Udara (VIM) pada kondisi tidak sesuai Spesifikasi atau masuk dalam persyaratan yaitu antara 3 - 5% sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.



**Grafik 4.53.** Hasil Perendaman menerus rob #12

Pada perbandingan VIM, VMA dan VFB diatas bahwa untuk agregat slag kadar 0%, 50%, dan 100% tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% sehingga tidak memenuhi dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.



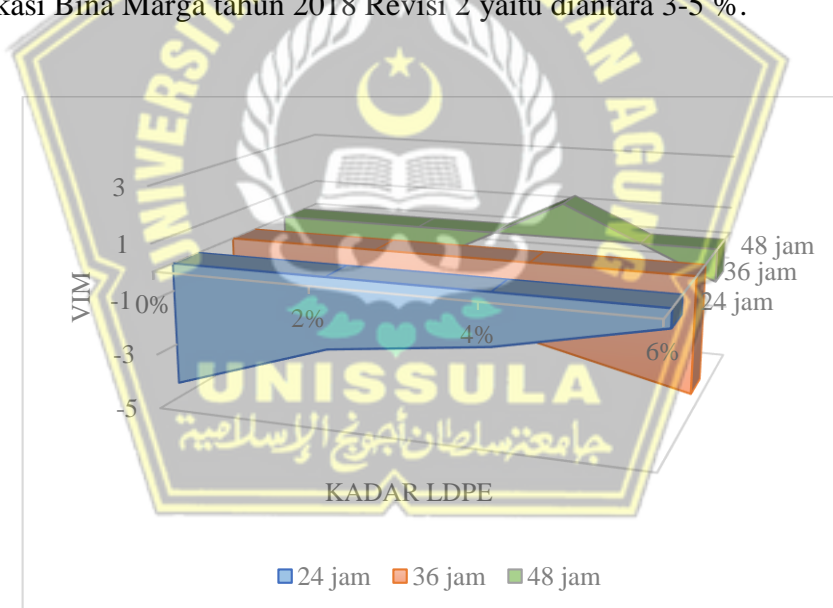
#### 4.15. Hasil Rekapitulasi

##### 4.15.1. Hasil Rekapitulasi Perendaman Berkala Air Banjir

Tabel 4.126. Hasil Rekapitulasi Perendaman berkala air banjir

Kadar	Void In Mineral (Vim)			
	0%	2%	4%	6%
<b>Agregat (50%)</b>				
<b>7 hari</b>	7,53	-2,58	-1,88	-0,66
<b>14 hari</b>	-1,82	-1,00	-2,87	-4,24
<b>21 hari</b>	-3,66	-1,54	-1,32	-1,24

Pada Hasil Rekapitulasi Perendaman berkala air pasang menunjukkan bahwa VIM pada LDPE kadar 0%, 2%, 4%, dan 6% tidak masuk dalam persyaratan dalam Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Revisi 2 yaitu diantara 3-5 %.



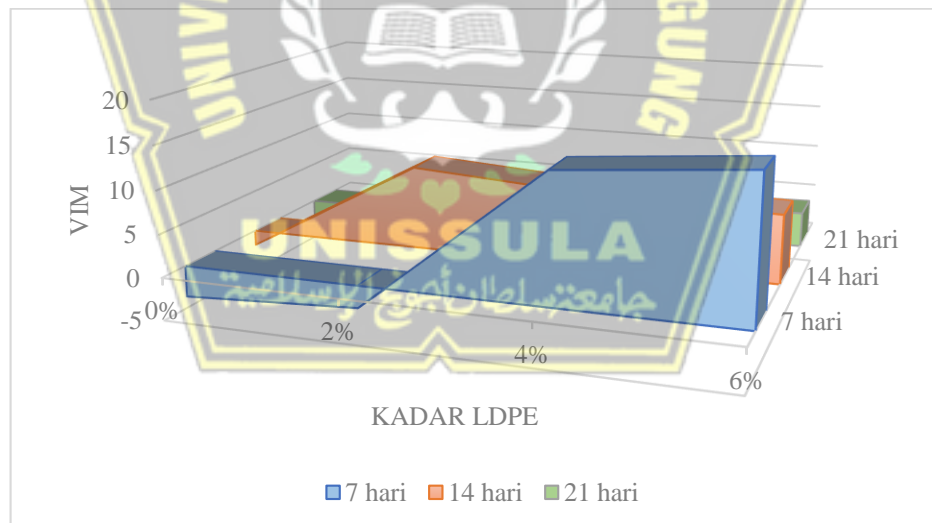
Grafik 4.54. Hasil Rekapitulasi Perendaman berkala air banjir

#### 4.15.2. Hasil Rekapitulasi Perendaman Menerus Air Banjir

Tabel 4.127. Hasil Rekapitulasi Perendaman menerus air banjir

Kadar (Aggregat 50%)	Void In Mineral (Vim)			
	0%	2%	4%	6%
7 hari	-3,66	-2,58	14,62	16,34
14 hari	-1,82	9,72	8,37	7,88
21 hari	-3,57	-2,54	3,57	4,05

Pada Hasil Rekapitulasi Perendaman menerus air banjir menunjukkan bahwa VIM pada LDPE kadar 4% dan 6% masuk dalam persyaratan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Revisi 2 yaitu diantara 3-5% sedangkan LDPE kadar 0%, 10% dan 18% tidak masuk dalam persyaratan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.



Grafik 4.55. Hasil Rekapitulasi Perendaman menerus air banjir

### 4.15.3. Hasil Rekapitulasi Perendaman Berkala Air Rob

Tabel 4.128. Hasil Rekapitulasi Perendaman berkala air rob

Kadar (Aggregat 50%)	Void In Mineral (Vim)			
	0%	2%	4%	6%
7 hari	7,53	-2,58	-1,88	-0,66
14 hari	-1,82	-1,00	-2,87	-4,24
21 hari	-3,66	-1,54	-1,32	-1,24

Pada Hasil Rekapitulasi Perendaman berkala air pasang menunjukkan bahwa VIM pada LDPE kadar 0%, 2%, 4%, dan 6% tidak masuk dalam persyaratan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Revisi 2 yaitu diantara 3-5 %.



Grafik 4.56. Hasil Rekapitulasi Perendaman berkala air rob

#### 4.15.4. Hasil Rekapitulasi Perendaman Menerus Air Rob

Tabel 4.129. Hasil Rekapitulasi Perendaman menerus air banjir

Kadar (Aggregat 50%)	Void In Mineral (Vim)			
	0%	2%	4%	6%
7 hari	-4,46	-2,58	-1,88	4,04
14 hari	-1,39	-1,00	-2,87	4,88
21 hari	-3,13	-1,54	-1,32	4,17

Pada Hasil Rekapitulasi Perendaman menerus air pasang (rob) menunjukkan bahwa VIM pada LDPE kadar 0%, 2%, 4% dan 6% tidak masuk dalam persyaratan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Revisi 2 yaitu diantara 3-5%.



Grafik 4.57. Hasil Rekapitulasi Perendaman menerus air rob

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah:

1. Job Mix Formula karakteristik *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi limbah baja (*Steel Slag*) dan LDPE yang tahan terhadap air Rob pada rendaman menerus umur 14 hari adalah dengan kombinasi agregat Slag 50% dan LDPE 6% sedangkan *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi yang tahan terhadap air banjir pada perendaman menerus umur 21 hari adalah kombinasi Agregat Slag 50% dengan LDPE 4% dan 6%.
2. Perbandingan pengaruh rendaman air rob dan air banjir terhadap keawetan (durabilitas) *Asphalt Concrete Wearing Course* modifikasi yakni pada perendaman menerus komposisi slag 50% mengalami kerusakan yang lebih kecil dibandingkan dengan slag 0% dan 100% sedangkan perendaman berkala komposisi 0% mengalami kerusakan yang lebih kecil dibandingkan dengan slag 50% dan 100%

#### 5.2. Saran

Agar penelitian ini dapat berjalan lancar dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan membuat benda uji sebanyak 3 buah per masing-masing kadar agar dapat memperoleh rata-rata dari hasil pengujiannya.
2. *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi ini perlu diaplikasikan di lapangan.
3. Penelitian ini khusus untuk campuran AC-WC, sehingga perlu diadakan penelitian untuk jenis *hot-mix* yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Kumalawati., M., & Tri M. W. Sir., ST, M. E. Y. M. (2013). *Jurnal Teknik Sipil, Vol. II, No. 2, September 2013. II(2)*, 191–200.
- AASHTO.(1990). *Standard Specification for Transportation Material and Methods of Sampling and Testing. Part II Spesification,15<sup>th</sup>*. AASHTO Publication Washington.
- Abdullah, M. E., Aminah, S., Kader, A., & Jaya, R. P. (2017). *Effect of Waste Plastic as Bitumen Modified in Asphalt Mixture. 09018*, 0–6.
- Adly, E., Rahmawati, A., & Firkathi Hidayah, N. (2019). *The Performance of AC-WC Asphalt Mixture with Eco-Friendly Steel Slag Against Sea Tidal Impact. 187(IcoSITE)*, 83–88. <https://doi.org/10.2991/icosite-19.2019.17>
- Arduino, M., Alat, P., Tingkat, P., Aritonang, W., Bangsa, I. A., Rahmadewi, R., & Karawang, U. S. (2021). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan. 7(1)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4541278>
- Batara, I. M., & Mangontan, R. (2020). *Pemanfaatan Agregat Sungai Lamasi Kabupaten Luwu Sebagai Campuran Lapisan Aspal Beton AC-WC. 2(3)*.
- Bina Marga. 2014. Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Divisi 6 Revisi Kementerian Pekerjaan Umum, Republik Indonesia, Jakarta.
- 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*.
- Fahmi, R., Saleh, S. M., & Isya, M. (2017). *PENGARUH LAMA RENDAMAN AIR LAUT TERHADAP DURABILITAS CAMPURAN ASPAL BETON MENGGUNAKAN ASPAL PEN . 60 / 70 YANG DISUBSTITUSI. 6*, 271–282.
- FATMAWATI, S. (2011). *Analisa sifat ..., Siti Fatmawati, FT UI, 2011*.
- Gadpalliwar, S., Kathalkar, S., & Agrawal, N. (2018). *Experimental Analysis of Concrete by Replacing Aggregate with Steel Slag. 3(3)*, 24–27.
- Hainin, M. R., Yusoff, N. I., Fahmi, M., Sabri, M., Azizi, M., Aziz, A., Anwar, M., Hameed, S., & Reshi, W. F. (2012). *Steel Slag as an Aggregate Replacement in Malaysian Hot Mix Asphalt. 2012*. <https://doi.org/10.5402/2012/459016>
- I Dewa Made Alit Karyawan, Desi Widianty, L. S. R. (2020). *Jurnal SIPILsains. 10(September)*, 141–150.
- Indriani Santoso, S. K. R. (2013). *TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON. PENGARUH PENGGUNAAN BOTTOM ASH TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON Indriani*.
- Jailani, A. K. (2018). *Universitas sumatera utara*.
- Jalan, P. L., & Solo, J. (2017). *TEKNOLOGI CAMPURAN BERASPAL MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK (Teknologi Aspal Plastik)*. 1–25.

- Jamshidi, A., Kurumisawa, K., White, G., Nishizawa, T., Igarashi, T., Nawa, T., & Mao, J. (2019). State-of-the-art of interlocking concrete block pavement technology in Japan as a post-modern pavement. *Construction and Building Materials*, 200, 713–755. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.286>
- Jaya, R. P., Hainin, M. R., & Masri, K. A. (2019). *Performance of Charcoal Coconut Shell Ash in the Asphalt Mixture under Long Term Aging*. 3, 383–387. <https://doi.org/10.35940/ijrte.C1010.1183S319>
- Jenderal, D., & Marga, B. (2018). *Spesifikasi umum 2018*. September.
- Kc, B., Bir, G., & Tamrakar, S. (2019). *Utilization of Steel Slag as a Replacement for Filler Material in the Asphalt Concrete*. 235–241.
- Kirana, D. E. I. W. F. F. W. (2018). *ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN LATASTON ( HRS- WC ) MODIFIKASI POLIMER STARBIT E-55*. 7(2).
- Kuat, P., Mortar, T., Silica, C., & Sebagai, F. (2002). *PENGARUH KUAT TEKAN MORTAR CAMPURAN SILICA FUME SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN (K-300) DENGAN AIR LAUT SEBAGAI RENDAMAN dz*. 6–33.
- Kurniawan, P., Genangan, S., Pasang, A., Terhadap, S., Dan, K., Lapis, S., & Marshall, S. (2012). *Kota Pontianak yang dilalui garis*. 1–16.
- Materials, R., & Shankar, A. U. R. (2006). *Strength Behaviour of Geogrid Reinforced Shedi Soil Subgrade and Aggregate Strength Behaviour of Geogrid Reinforced Shedi Soil Subgrade and Aggregate System*. September. <https://doi.org/10.3166/rmpd.7.313-330>
- Milad, A., Suliman, A., Ali, B., & Izzi, N. (2020). *A Review of the Utilisation of Recycled Waste Material as an Alternative Modifier in Asphalt Mixtures*. 6, 42–60.
- Mishra, B., & Mishra, R. S. (2015). *A Study on Use of Waste Plastic Materials in Flexible Pavements*. 6927–6935. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0408031>
- Muaya, G. S., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. E. (2015). *PENGARUH TERENDAMNYA PERKERASAN ASPAL OLEH AIR LAUT YANG DITINJAU TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL*. 3(8), 562–570.
- Oktafian, F., Sulistyaningsih, & Wijayanto, Y. N. (2018). *Sistem Ground Penetrating Radar untuk Mendeteksi Benda-benda di Bawah Permukaan Tanah*. 1–5.
- Pahlevi, W. R. (2019). *STUDI PENGGUNAAN PLASTIK POLYPROPYLENE PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE*. 4247, 65–71.
- Palankar, N., Shankar, A. U. R., & Mithun, B. M. (2015). Studies on eco-friendly concrete incorporating industrial waste as aggregates. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE ENVIRONMENT*, June. <https://doi.org/10.1016/j.ijjsbe.2015.05.002>
- Pratikso, P., & Mudiyo, R. (2017). The Prediction of Broad Puddle Change Based on Land Subsidence Analysis in Semarang. *International Conference on Coastal and Delta Areas*, 3(C), 461–468.
- Rahim, A., Wihardi, M., Muhiddin, A. B., & Rahim, A. (n.d.). *IMPACT OF SEA WATER TOWARDS THE CHARACTERISTIC OF POROUS ASPHALT PAVEMENT USING ASBUTON AS THE BINDING MATERIAL* *Alamat korespondensi*.

- Rajib Muammar, Sofyan M. Saleh, Y. Y. (2018). *Durabilitas campuran laston lapis aus (ac-wc) di substitusi limbah. 1*, 689–700.
- Ramadhan, R. P. (2017). *Ketua Penyunting : Penyunting : Penyunting Pelaksana : Redaksi : Jurusan Teknik Sipil ( A4 ) FT UNESA Ketintang - Surabaya Email : REKATS*.
- Ramlan, R., & Pradhani, N. (2018). *Studi pemanfaatan pasir laut sebagai agregat halus pada campuran beton aspal*.
- Sains, J., & Ritonga, A. H. (2017). *JURNAL STIKNA Pembuatan Aspal Polimer Menggunakan Karet SIR-20 Yang Diinisiasi. 01(02)*, 123–130.
- Sasidharan, M., Torbaghan, M. E., & Burrow, M. (2019). *Using waste plastics in road construction. 2016*, 1–18.
- Sumarjo, J., Santosa, A., Purbowo, R., Mesin, J. T., Karawang, U. S., & Pendahuluan, I. (2017). *PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT Uji NDT ULTRASONIC TEST DENGAN METODE MICROCONTROLLER. 19*.
- Syaifuddin. (2013). *STUDI DURABILITAS ASPAL BETON TERHADAP INFILTRASI AIR LAUT* Syaifuddin Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe *PENDAHULUAN* Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang mempunyai peranan penting , baik dalam kota mau. 2(2), 60–68.
- White, G. (2019). *EVALUATING RECYCLED WASTE PLASTIC MODIFICATION AND EXTENSION OF BITUMINOUS BINDER FOR ASPHALT. 1*(MacRebur 2017), 1–14.
- White, G., Reid, G., & Kingdom, U. (2018). *RECYCLED WASTE PLASTIC FOR EXTENDING AND MODIFYING ASPHALT BINDERS* *Recycling in Asphalt*. 1–13.
- Yulin Patrisia, S. M. (2013). *INFLUENCE OF U LIN W OOD G RAIN U SAGE AS F IBER M ATERIAL. 1*(1), 11–20.
- Zumrawi, M. M. E., Khalill, F. O. A., & Production, A. S. S. (2015). *Experimental Study of Steel Slag Used a s Aggregate in Asphalt Mixture. 9*(6), 753–758.
- Zumrawi, M. M. E., Khalill, F. O. A., & Production, A. S. S. (2016). *Experimental Study of Steel Slag Used As Aggregate in Asphalt Mixture* *Experimental Study of Steel Slag Used As Aggregate in Asphalt Mixture. April*.



