

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN PASIR PANTAI
INDRAYANTI SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT
HALUS TERHADAP KINERJA CAMPURAN *SPLIT*
MASTIC ASPHALT (SMA)
(*THE EFFECT OF THE USING OF INDRAYANTI
BEACH SANDS AS FINE AGGREGATE ON
PERFORMANCE OF SUBSTITUTION MIX *SPLIT*
MASTIC ASPHALT (SMA)*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**FARKHAN RAMADHAN
15 511 191**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN PASIR PANTAI INDRAYANTI
SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP
KINERJA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA)
(*THE EFFECT OF THE USING OF INDRAYANTI BEACH
SANDS AS FINE AGGREGATE ON PERFORMANCE OF
SUBSTITUTION MIX *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA))*)**

Disusun Oleh

Farkhan Ramadhan

15511191

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 3 Juni 2020

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Miftahul Fauziah, S.T.,M.T.,Ph.D

NIK: 955110103

Penguji I

Berlian Kushari S.T., M.Eng.

NIK: 015110101

Penguji II

Ir. Akhmad Marzuko, M.T.

NIK: 8851101

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.

NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 3 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,



Farkhan Ramadhan

(15511191)

DEDIKASI

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dengan menyebut nama Allah SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa
Alhamdulillah,*

*Penulis senantiasa tak henti-hentinya mengucapkan syukur atas segala limpahan
rahmat dan karunia-Nya yang selalu mengalir untuk hambanya.*

Lewat selembar kertas ini, penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada:

1. Bapak Kemal, Ibu Tresna, a Iqbal dan dek Uli atas segala doa, kepercayaan, semangat dan kasih sayang yang diberikan tanpa henti kepada penulis.
2. Bapak/Ibu dosen Teknik Sipil UII yang telah memberikan banyak ilmu yang sangat bermanfaat untuk kehidupan penulis
3. Keluarga Besar “Sipil 2015” yang telah banyak membantu penulis tanpa henti dalam hal akademik maupun non akademik. Sipil 2015 ?
4. Teman – Teman “Omah Biru” yang selalu menjadi *support system* tanpa henti kepada penulis Risky Aprian, Roya Sukma, Rio Rizky, Ashmi Hafian, Zukhruf Hendri, Ahmad Rosandy, Bagas Respati, Edo Maulana, Herdian Budi, Rafi Fadhil, Farah Mawaddah, Karina Dewyn, Indri Nur, Fira Lestaluhu.
5. Teman – Teman “SMAGA IPA 5 YK” Hendro Kartiko, Alief Ichsan, Dicky Hidawan, dan Imam Utama
6. Teman – Teman Seperjuangan Lab yang telah banyak membantu, mengingatkan dan menjadi teman diskusi penulis Sandy Pebrian, Syafii Manan, Adyatman Arif, Matris Derianza, Rafi Fadhil, Tnorth Adhitya, Hanif Wildansyah, Zekha Anendetha, Bagas Novika, Nugrah Sentana, Mas Falah Amaludin.
7. Pengurus Harian dan Kepala Departemen HMTS 2018/2019 yang selalu memberikan pelajaran bahwa ilmu akademik dan ilmu non akademik harus selalu seimbang Nizar Surya, Triyono Pratama, Rio Rizky, Farah Mawaddah, Karina Dewyn, Itmam Niami, Roya Sukma, Arif Fajar,

Rizqulla Ramadhan, Faishol Jamil, Febry Krisdianto, Rafi Fadhil, Hanif Wildansyah

8. Segenap kolega Departemen Kerjasama Hubungan Luar 2018/2019 Bagas Respati, Nurhalim, Indri Nur, Gilang .Gigih, Muslimah M, Chairina Miranda, dan Helmi Hasballah
9. Segenap teman teman Ferdea Karnurin, Ahmad Fatih, Apsa Al hazzi, Adelwin Priyanda, Aprian Kurnia, Hendra Kusuma, Irvan Miftahul, Hadi, Matris D, Nurhalim, Rizqulla R, Taufik H, Triyono, Khunsul Ariz, Sukma Indrajaya, Fajar Nugroho, Bagas Abiyogo.
10. Mas Dan Mbak pengurus HMTS 2017/2018 Barra, Afien, Diaz, Bowo, Nindy, Nanda, Zaki, Adit, Fikrat, Rio, Ayu, Aghea, Yogi, Alhadi, Rudi, Ruli
11. Serta semua rekan, kolega dan seluruh pihak yang telah membantu penulis selama ini.

Semoga Karya Penulis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun kepada orang lain.

Akhir kata penulis hanya bisa mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang tidak mampu penulis sebutkan satu persatu.

Terimakasih

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT tuhan semesta alam, yang mana atas segala rahmat dan hidayahnya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh penggunaan pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Miftahul Fauziah S.T., M.T., Ph.D dan ibu Faizul Chasanah S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng. selaku Dosen penguji I yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran kepada penulis
3. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, M.T. Selaku Dosen penguji II yang telah memberikan saran, kritik kepada penulis.
4. Bapak Ir. Subarkah, M.T., selaku Kepala Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Sukamto HM dan Bapak Pranoto, Selaku laboran Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
6. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Keluarga Besar penulis (Bapak Kemal, Ibu Tresna, a Iqbal, dan dek Uli) yang selalu memberikan do'a dan dukungan yang tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Teman seperjuangan penelitian dalam menyelesaikan Tugas Akhir

9. Dan seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikanya Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 3 Juni 2020
Penulis



Farkhan Ramadahan
(15511191)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	ii
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I LATAR BELAKANG	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pemakaian Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus	5
2.2 Campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	6
BAB III LANDASAN TEORI	9
LANDASAN TEORI	9
3.1 Perkerasan Jalan	9
3.2 <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	9
3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur	10
3.3.1 Agregat	10
3.3.2 Bahan Pengisi (<i>filler</i>)	11

3.3.3	Aditif	11
3.3.4	Aspal	12
3.4	Karakteristik Campuran Lapis Perkerasan	12
3.5	Metode Pengujian <i>Marshall</i>	12
3.5.1	Stabilitas	13
3.5.2	Kelelahan (<i>flow</i>)	13
3.5.3	<i>Void In Total Mix (VITM)</i>	13
3.5.4	<i>Void Filled With Asphalt (VFWA)</i>	13
3.5.5	<i>Density</i>	14
3.5.6	<i>Voids in Mineral Agregat (VMA)</i>	14
3.5.7	<i>Marshall Quotient</i>	15
3.6	Pengujian perendaman (<i>Immersion test</i>)	15
3.7	Indeks Durabilitas Pertama (IDP)	16
3.8	Indeks Durabilitas Kedua (IDK)	16
3.9	Pengujian Kuat Tarik Tak Langsung	17
3.10	Pengujian <i>Cantabro</i>	18
BAB IV METODE PENELITIAN		19
4.1	Metode Penelitian	19
4.2	Metode Pengambilan data	19
4.3	Tahapan penelitian	19
4.3.1	Pemeriksaan material	20
4.3.2	Persiapan alat	22
4.3.3	Perencanaan Campuran	22
4.4	Pengujian <i>Marshall</i>	28
4.5	Pengujian Perendaman (<i>Immersion Test</i>)	29
4.6	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	29
4.7	Pengujian <i>Cantabro</i>	29
4.8	Analisis Data	30
4.9	Bagan Alir Penelitian	32
BAB V PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN		34
5.1	Hasil Pengujian Bahan Dan Campuran	34
5.1.1	Hasil Karakteristik Aspal	34
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	34

5.1.3 Hasil Pengujian Campuran SMA 0/11 Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	36
5.1.4 Kebutuhan Material Agregat pada Kadar Aspal Optimum	43
5.1.5 Hasil Pengujian Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> pada Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Pasir Pantai sebagai pengganti agregat halus	45
5.2 Pembahasan	48
5.2.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	49
5.2.2 Karakteristik Agregat Kasar	50
5.2.3 Karakteristik Agregat Halus	51
5.2.4 Karakteristik Bahan Pengisi (<i>filler</i>)	52
5.2.5 Hasil Peninjauan Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	52
5.2.6 Karakteristik <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Split Mastic Asphalt 0/11</i> dengan Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	58
5.2.7 Karakteristik pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> pada Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Split Mastic Asphalt 0/11</i> dengan Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	66
5.2.8 Karakteristik pengujian <i>Cantabro</i> pada Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Split Mastic Asphalt 0/11</i> dengan Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	67
5.2.9 Karakteristik pengujian <i>Immersion Test</i> pada Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Split Mastic Asphalt 0/11</i> dengan Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	68
5.3 Tinjauan Karakteristik Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> dengan Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	75
6.1 KESIMPULAN	75
6.2 SARAN	76
DAFTAR PUSTAKA	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perbandingan Penelitian Penulis dengan Penelitian Terdahulu	7
Tabel 3.1 Persyaratan <i>Split Mastic Asphalt</i> (SMA) 0/11	10
Tabel 3.2 Spesifikasi Ketentuan Agregat Kasar	11
Tabel 3.3 Spesifikasi Ketentuan Agregat Halus	11
Tabel 3.4 Spesifikasi Ketentuan Bahan Pengisi (<i>filler</i>)	11
Tabel 4.1 Pengujian Aspal Pertamina Penetrasi 60/70	22
Tabel 4.2 Spesifikasi Gradasi Agregat <i>Split Mastic Asphalt</i> (SMA) 0/11	23
Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 5,5%	24
Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 6%	25
Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 6,5%	25
Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 7%	25
Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 7,5%	26
Tabel 4.8 Kebutuhan Benda Uji KAO	26
Tabel 4.9 Variasi Substitusi Agregat Halus	27
Tabel 4.10 Jumlah Benda Uji Total Berdasarkan Substitusi Agregat Halus	27
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70	34
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	35
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng	35
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus pasir Pantai Indriyanti	35
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i>	36
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi substitusi pasir Pantai Indriyanti 0%	36
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi substitusi pasir Pantai Indriyanti 25%	36

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi substitusi pasir Pantai Indriyanti 25%	37
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi substitusi pasir Pantai Indriyanti 50%	37
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi substitusi pasir Pantai Indriyanti 75%	37
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi substitusi pasir Pantai Indriyanti 100%	37
Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum	38
Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum	39
Tabel 5.14 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 25% Pasir Pantai Indrayanti Kadar Aspal Optimum 7,31%	43
Tabel 5.15 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 50% Pasir Pantai Indrayanti Kadar Aspal Optimum 7,41%	44
Tabel 5.16 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 75% Pasir Pantai Indrayanti Kadar Aspal Optimum 7,45%	44
Tabel 5.17 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 100% Pasir Pantai Indrayanti Kadar Aspal Optimum 7,47%	45
Tabel 5.18 Rekapitulasi Pengujian <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	45
Tabel 5.19 Rekapitulasi Pengujian <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	46
Tabel 5.20 Rekapitulasi Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	46
Tabel 5.21 Rekapitulasi Pengujian <i>Cantabro loss</i> pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	47
Tabel 5.22 Rekapitulasi Pengujian <i>Index of Retained Strenth</i> pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti	47
Tabel 5.23 Rekapitulasi Data Uji Statistik <i>Anova</i> pada Pengujian <i>Marshall</i>	48
Tabel 5.24 Rekapitulasi Data Uji Statistik <i>Anova</i> pada Pengujian <i>ITS, Cantabro, dan IRS</i>	48

Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pasir Pantai Indrayanti sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i>	73
Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pasir Pantai Indrayanti sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i>	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> (SMA) 0/1123	
Gambar 4.2 Bagan Alir penelitian	33
Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 0%	40
Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 25%	40
Gambar 5.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 50%	41
Gambar 5.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 75%	41
Gambar 5.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 100%	42
Gambar 5.6 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	53
Gambar 5.7 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>flow</i>	54
Gambar 5.8 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>Marshall Quetiont</i>	55
Gambar 5.9 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>Void In The Mix</i>	56
Gambar 5.10 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>Void Filled With Asphalt</i>	56
Gambar 5.11 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>Void Mineral Aggregate</i>	57
Gambar 5.12 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	58
Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Stabilitas	59
Gambar 5.14 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai <i>Flow</i>	61
Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai <i>MQ</i>	62
Gambar 5.16 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai <i>VITM</i>	63

Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Subtitusi Agregat Halus Terhadap Nilai <i>VFWA</i>	64
Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Subtitusi Agregat Halus Terhadap Nilai <i>VMA</i>	65
Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Subtitusi Agregat Halus Terhadap Nilai <i>Density</i>	66
Gambar 5.20 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Terhadap Nilai <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	67
Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Terhadap Nilai <i>Cantabro</i>	68
Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Terhadap Nilai Stabilitas Perendaman 24 Jam	69
Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Terhadap Nilai Stabilitas Perendaman 24 Jam	69
Gambar 5.24 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Terhadap Nilai <i>IRS</i> Perendaman 24 Jam	70
Gambar 5.25 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Terhadap Nilai <i>IRS</i> Perendaman 48 Jam	71
Gambar 5.26 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Pantai Terhadap Nilai indeks Durabilitas Pertama	72
Gambar 5.27 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Pantai Terhadap Nilai indeks Durabilitas Kedua	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Berat Jenis Aspal	81
Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan	82
Lampiran 3 Form Penmeriksaan Daktilitas	82Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4 Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	84
Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal	85
Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	86
Lampiran 7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	87
Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Agregta Kasar	88
Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	89
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Pantai Indrayanti	90
Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Clereng	91
Lampiran 12 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	92
Lampiran 13 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i> Pasir Pantai Indrayanti	93
Lampiran 14 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 0%	95
Lampiran 15 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 25%	96
Lampiran 16 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 50%	97
Lampiran 17 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 75%	98
Lampiran 18 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 100%	99
Lampiran 19 Hasil terhadap Pengujian Marshall 0,5 Jam dengan KAO	100
Lampiran 20 Hasil terhadap Pengujian <i>IRS</i> 24 Jam dengan KAO	101
Lampiran 21 Hasil Pengujian <i>IRS</i> 48 Jam dengan KAO	102
Lampiran 22 Pengujian Indirect Tensile Strength dari Hasil KAO	103
Lampiran 23 Pengujian <i>Cantabro</i> dari Hasil KAO	104

DAFTAR NOTASI

Notasi :

S_1	= Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam
S_2	= Stabilitas setelah direndam selama 24 jam
P_{runtuh}	= Beban Puncak (kg)
h	= Tinggi sampel (cm)
A_0	= Konstanta (tabel A_0 terlampir pada lampiran)
K	= Koefisien permeabilitas (cm/dtk)
γ_{air}	= Berat jenis air (kg/cm ³)
L	= Panjang atau tinggi sampel (cm)
T	= Lama waktu rembesan (dtk)
A	= Luas penampang sampel (cm ²)

Singkatan :

<i>SMA</i>	= <i>Split Mastic Asphalt</i>
<i>IRS</i>	= <i>Index of Retained Strength</i>
<i>CL</i>	= <i>Cantabro Loss</i>
<i>ITS</i>	= <i>Indirect Tensile Strength</i>
<i>KAO</i>	= <i>Kadar Aspal Optimum</i>
<i>JMF</i>	= <i>Job Mix Formula</i>
<i>MQ</i>	= <i>Marshall Quetient</i>
<i>VITM</i>	= <i>Void In The Mix</i>
<i>VFWA</i>	= <i>Void Filled With Asphalt</i>
<i>VMA</i>	= <i>Void Mineral Aggregate</i>
<i>SSD</i>	= <i>Saturated Surface Dry</i>
<i>SNI</i>	= <i>Standar Nasional Indonesia</i>

PP = Pasir Pantai
PC = Pasir Clereng



ABSTRAK

Pada umumnya infrastruktur jalan di Indonesia menggunakan *flexible pavement*. Terdapat beberapa campuran salah satunya *Split Mastic Asphalt (SMA)*. Campuran *Split Mastic Asphalt* terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Agregat halus umumnya adalah pasir yang dihasilkan oleh *stone crusher* akan tetapi persediaan semakin lama semakin terbatas dan mahal. Alternatif yang dapat digunakan adalah pasir pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*.

Terdapat empat tahapan dalam penelitian ini, yaitu pengujian sifat fisik material agregat dan aspal. Kedua menentukan kadar aspal optimum pada campuran *SMA 0/11* pada variasi substitusi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Ketiga melakukan uji *Marshall*, uji *Index of Retained Strength*, uji *Indirect Tensile Strength*, dan uji *Cantabro*. Keempat melakukan analisis, pembahasan, dan kesimpulan terhadap hasil penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan substitusi pasir Pantai Indrayanti pada semua variasi substitusi sebagai agregat halus pada campuran *Split Mastic Asphalt 0/11* memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus Clereng. Hasil uji karakteristik *Marshall* menunjukkan bahwa campuran dapat menahan beban lalu lintas dan kelenturan. Uji *Indirect Tensile Strength* menunjukkan bahwa campuran mampu menahan kuat tarik tak langsung. Pada uji *cantabro* campuran mampu menahan disintegrasi akibat benturan. Nilai durabilitas pada uji *IRS* memenuhi semua persyaratan Bina marga 2010 $\geq 90\%$.

Kata Kunci : *Split Mastic Asphalt*, Agregat Halus, Pasir Pantai Indrayanti

ABSTRACT

In general, Indonesia infrastructure road uses flexible pavement. These are several asphalt mixtures one of which Split Mastic Asphalt (SMA). The mixture of Mastic asphalt is composed of coarse aggregate fine aggregate, and the filler. Fine aggregates are generally the sand taken from stone crusher but the longer the supplies are increasingly limited and costly. Therefore, it takes an alternative that can be used as a subtle aggregate of one that can be used as an alternative is sand beaches. The research aims to determine the influence of the use of coastal sand as fine aggregate substitution on the Split mastic asphalt (SMA).

This research has four phases in this study, first the testing of the properties of aggregate and asphalt material. Second Determined the optimum asphalt in the mix on variation of substitution 0%, 25%,50%, 75%, and 100%. Third are Marshall test, Index of Retained Strength, Indirect Tensile Strength, and Cantabro . Fourth performed analysis, discussion, and conclusions on the results of the research

The results showed that the use of Indrayanti beach sand as a fine aggregate on the Split Mastic Asphalt 0/11 mix on all variations Meet the requirements and can be used as a fine-aggregate substitute material of Clereng. Marshall test results showed that the mixture can withstand traffic loads and flexibility. The Indirect Tensile Strength test shows that the mixture is able to withstand tensile strength. The results of cantabro test on the mixed is able to withstand a breakup due to impact. value of durability in the IRS test meets all requirements of BinaMarga 2010 $\geq 90\%$.

Keywords: Split Mastic Asphalt, fine aggregate, Indrayanti beach sand

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur adalah salah satu aspek yang paling penting dalam pembangunan suatu negara. Salah satu pembangunan infrastruktur yang penting untuk dikembangkan adalah infrastruktur jalan dikarenakan perkembangan volume lalu lintas jalan di Indonesia setiap tahun nya selalu meningkat. Dampak dari bertambahnya volume lalu lintas dapat membawa dampak buruk bagi kualitas perkerasan jalan. Salah satu yang menyebabkan jalan menjadi cepat rusak adalah kualitas material yang digunakan. Oleh karena itu, dibutuhkan material dengan mutu yang baik.

Pada umumnya infrastruktur jalan di Indonesia menggunakan *flexible pavement* dengan menggunakan campuran aspal panas. Terdapat beberapa jenis campuran yang digunakan salah satunya adalah *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang masih lazim digunakan di Indonesia. Menurut Lake dkk,(2010) *Split Mastic Asphalt* ini merupakan campuran beton aspal dengan kandungan agregat kasar $\pm 70\%$ dan *filler* $\pm 11\%$. Campuran *SMA* lebih tahan terhadap deformasi mempunyai *skid resistance* tinggi karena kadar agregat kasar nya besar dan mempunyai kecenderungan lebih tahan lama, karena kadar aspal nya tinggi dan distabilisasi dengan serat selulosa, sehingga dapat melayani beban kendaraan lebih baik.

Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah suatu campuran lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, serta bahan pengisi(*filler*) , di daerah DIY umumnya menggunakan agregat halus yang berasal dari Clereng, Kulon Progo yang setiap tahun nya kebutuhan nya selalu bertambah sehingga dibutuhkan inovasi.

Agregat halus pada umumnya adalah pasir yang dihasilkan *stone crusher* semakin lama semakin terbatas dan mahal. Salah satu alternatif yang bisa digunakan adalah pasir pantai.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka peneliti bermaksud mengadakan penelitian tentang pengaruh penggunaan pasir Pantai Indrayanti Sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diuraikan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana sifat fisik dari pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA).
2. Bagaimana kinerja dan kualitas campuran penggunaan pasir Pantai Indrayanti Gunung kidul sebagai substitusi agregat halus terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *split Mastic Asphalt* (SMA) yaitu stabilitas, *flow*, *Marshall quotient*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, *density*.
3. Bagaimana kinerja dan kualitas campuran penggunaan pasir Pantai Indrayanti Gunung kindul sebagai substitusi agregat terhadap nilai durabilitas dengan uji *Index of Retained Strength* (IRS).
4. Bagaimana pengaruh campuran penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) terhadap kuat tarik tak langsung campuran dengan uji *Indirect Tensile Strenght* (ITS).
5. Bagaimana pengaruh campuran penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *split Mastic Asphalt* (SMA) terhadap disintegrasi akibat benturan dengan uji *Cantabro*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui sifat fisik pasir Pantai Indrayanti pada campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA).
2. Mengetahui kinerja dan kualitas karakteristik *Marshall* campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) yaitu stabilitas, *flow*, *Marshall quotient*, *VITM*, *VFWA*,

VMA, *density* pada penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus

3. Mengetahui kinerja dan kualitas campuran penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai durabilitas campuran dengan uji *Index of Retained Strength (IRS)*.
4. Mengetahui nilai kuat tarik tak langsung campuran dengan uji *Indirect Tensile Test (ITS)* pada penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* .
5. Mengetahui ketahanan terhadap disintergrasi akibat benturan pada campuran dengan uji *cantabro* pada penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi dunia konstruksi khususnya di bidang perkerasan lentur jalan raya dengan penggunaan pasir Pantai Indrayanti Gunung Kidul sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *Split Mastic Asphalt* .

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian dapat berjalan sesuai rencana, maka adanya batasan-batasan sebagai berikut.

1. Campuran yang digunakan adalah *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* spesifikasi Departemen Perkembangan wilayah 1999.
2. Bahan ikat yang digunakan adalah aspal Pertamina Pen 60/70.
3. Agregat Kasar diperoleh dari Clereng, Kulonprogo.
4. Agregat halus diperoleh dari Clereng, Kulonprogo yang ada di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan pasir Pantai Indrayanti.
5. Bahan Pengisi (*Filler*) yang digunakan adalah abu batu.
6. Serat Selulosa yang digunakan adalah dedak padi.

7. Tinjauan Spesifikasi karakteristik *Marshall* berdasarkan nilai stabilitas, *flow*, *density*, *VITM*, *VFWA* dan *Marshall Quotient (MQ)* .
8. Penelitian tidak menguji kandungan unsur mineral yang terkandung dalam pasir pantai.
9. Pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS* dan *Cantabro* dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
10. Variasi substitusi agregat halus yang digunakan adalah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap gradasi campuran pada saringan No.30 dan No.50 .



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemakaian Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus

Bestari (2013) melakukan studi penggunaan pasir pantai Bakau sebagai campuran aspal beton jenis *Hot Rolled Sheet (HRS)* dengan pengujian *Marshall*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui penggunaan pasir pantai Bakau sebagai *fine aggregate* pada campuran *Hot Rolled Sheet (HRS)*. Hasil dari penelitian secara umum pasir Pantai Bakau memberikan nilai propertis *Marshall* (Stabilitas, *flow*, *VIM*, *VFB*, *MQ*) memenuhi persyaratan yang ditetapkan namun untuk pasir dalam keadaan asli dan yang diberikan perlakuan perendaman selama 2 hari nilai *MQ* nya berada dibawah angkat yang disyaratkan sehingga tidak dapat digunakan sebagai agregat halus dalam campuran *HRS*.

Arifiardi dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan pasir Pantai Carita sebagai campuran agregat halus pada lapis permukaan aspal beton terhadap persyaratan parameter *Marshall*. Pada penelitian ini penggunaan pasir pantai Carita memenuhi syarat kriteria agregat halus untuk perkerasan *AC-WC* berdasarkan permen PU 2007.

Pataras dkk (2017) melakukan analisis penggunaan pasir pantai, Darat, dan Sungai terhadap kinerja laston dan lataston *Wearing Course*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja dari penggunaan pasir pantai, pasir Darat, dan pasir sungai dari campuran perkerasan lentur *wearing course (AC-WC)* dan lataston *wearing course (HRS- WC)* dengan menggunakan metode *Marshall*.

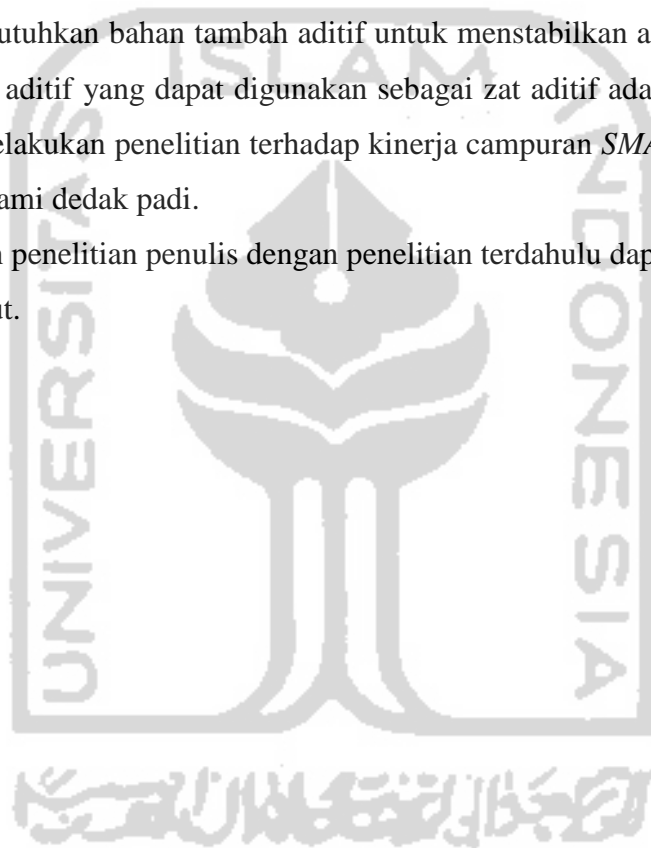
Shabrina (2019) melakukan Analisis pemanfaatan pasir Pantai Kemala sebagai bahan tambah campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* terhadap *marshall properties* dan nilai struktural. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai proporsi pasir pantai optimum, mengetahui pengaruh penggunaan

pasir pantai sebagai campuran *AC-WC* terhadap nilai struktur. Analisis *Marshall properties* pada variasi pasir pantai Kemala, Nilai stabilitas pada proporsi 0%, 10%, dan 15% memenuhi spesifikasi, sedangkan pada proporsi 30% tidak memenuhi spesifikasi, nilai *flow* semakin menurun, sedangkan nilai *VMA*, dan nilai *VITM* mengalami penurunan, nilai *VFWA* mengalami kenaikan.

2.2 Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*

Campuran *SMA* merupakan campuran yang memiliki kadar aspal yang tinggi sehingga membutuhkan bahan tambah aditif untuk menstabilkan aspal. Salah satu alternatif bahan aditif yang dapat digunakan sebagai zat aditif adalah dedak padi. Tahir (2011) melakukan penelitian terhadap kinerja campuran *SMA* menggunakan serat selulosa alami dedak padi.

Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.



Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Penulis dengan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Peneliti					
		Bestari (2013)	Arifiardi dkk (2016)	Fikri dkk (2017)	Shabrina (2019)	Tahir (2011)	Peneliti
1	Judul	Studi Penggunaan pasir pantai Bakau terhadap campuran aspal beton jenis <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i>	Pengaruh penggunaan pasir pantai Carita sebagai campuran agregat halus pada lapis permukaan aspal beton terhadap persyaratan parameter <i>Marshall</i>	Efek pemakaian pasir laut sebagai agregat halus pada campuran aspal panas (AC-BC) dengan pengujian <i>Marshall</i>	Analisis Pemanfaatan pasir Pantai Kemala sebagai bahan tambah campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Terhadap <i>Marshall Properties</i> dan nilai struktural	Kinerja campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i> yang menggunakan serat selulosa alami dedak padi	Penggunaan pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi agregat halus terhadap kinerja Campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i> .
2	Jenis campuran agregat	<i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i>	<i>AC-WC</i>	<i>AC-BC</i>	<i>AC-WC</i>	<i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	<i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>
3	Bahan yang digunakan	Pasir Pantai Bakau	Pasir Carita	Pasir laut	Pasir pantai Kemala	-	Pasir Pantai Indrayanti

Sumber : Bestari(2013), Arifiardi dkk (2016), Fikri (2015), Shabrina(2019), Tahir(2011)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu

No	Aspek	Peneliti					
		Bestari (2013)	Arifiardi dkk (2016)	Fikri dkk (2015)	Shabrina (2019)	Tahir (2011)	Peneliti
4	Penggunaan sebagai	<i>Fine aggregate</i>	Campuran agregat halus	Pengganti agregat halus	Bahan tambah Agregat Halus	Serat selulosa alami	Substitusi Agregat halus
5	Parameter yang diukur	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall, ITS, IRS, Cantabro loss</i>
6	Hasil	Pasir Pantai Bakau memberikan nilai properties <i>Marshall</i> Yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan namun untuk pasir yang diberlakukan perendaman 2 hari tidak dapat digunakan sebagai campuran <i>HRS</i> .	Penggunaan campuran sebagian agregat halus pasir pantai (50% pasir pantai dan 50% non pasir Pantai) memenuhi parameter <i>Marshall</i> , sehingga penggunaan sebagian (50%) pasir pantai Carita dapat dipakai sebagai agregat halus	Nilai karakteristik <i>Marshall</i> dan kadar aspal optimum yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.	Nilai kadar pasir pantai optimum diperoleh 14%, pada proporsi pasir pantai Kemala	Nilai stabilitas umumnya memenuhi spesifikasi, nilai <i>MQ</i> mengalami penurunan, dan jumlah kadar dedak padi yang optimum atau idela pada perkerasan <i>Split mastic asphalt</i> sebesar 7%	-

Sumber : Bestari(2013), Arifiardi dkk (2016), Fikri (2015), Shabrina(2019), Tahir(2011)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi di atas tanah dasar yang mempunyai beberapa lapisan. Menurut Sukirman (2003) fungsi dari lapisan lapisan tersebut adalah untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan bawahnya. Perkerasan lentur menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya.

3.2 Split Mastic Asphalt (SMA)

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah campuran dengan gradasi senjang (*gap graded*) yang mengandung sebagian besar agregat kasar, dan membentuk kerangka yang efisien untuk penyebaran beban. Agregat kasar di ikat bersama-sama oleh *mastic*, yang mengandung bahan pengisi (*filler*), serat (*fiber*) dan polimer dengan lapisan aspal yang cukup tebal (Affandi, 2010 dalam Mustofa, 2016). Menurut Riyanto dkk. (2015) *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah lapis permukaan bergradasi terbuka, tersusun atas *split* (agregat kasar dengan kadar tinggi $\pm 75\%$), *Mastic Asphalt* (campuran agregat sedang, *filler*, dan aspal dengan kadar yang relatif tinggi), serta bahan *additive* yang dicampur di (*Asphalt Mixing Plant*) dalam keadaan panas.

Chairusstah (2011) dalam Hadiastari (2018) menyebutkan *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* adalah campuran agregat panas bergradasi terbuka dengan bahan tambah serat selulosa. Campuran ini akan menghasilkan mutu campuran ini akan menghasilkan mutu campuran agregat aspal yang tahan terhadap oksidasi, retak, lendutan, dan gelombang yang disebabkan oleh lalu lintas berat dan keausan akibat roda kendaraan. Persyaratan dan gradasi campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Persyaratan *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

No.	Jenis Pemeriksaan	Persyaratan
1	Agregat a. Agregat < 0,09 mm (% berat) b. Agregat > 2 mm (% berat) c. Agregat > 5mm (% berat) d. Agregat > 8 mm (% berat) e. Agregat > 11,2 mm (% berat)	a. 8-13 b. 70-80 c. 50-70 d. ≥ 25 e. ≤ 10
2	Aspal a. Jenis b. Kadar (% berat)	a. AC 60/70 b. 6-7,5
3	<i>Additive</i> a. Jenis b. Kadar (% berat)	a. Serat selulosa b. 0,03 %
4	Kriteria dari <i>Marshall</i> a. Pemadatan, tumbukan b. Stabilitas min (Kg) c. Rongga terisi aspal d. Rongga dalam campuran (% campuran) e. Kelelahan/ <i>flow</i> (mm) f. <i>Marshall Quotient</i>	a. 2 x 75 b. 750 c. 76-82 d. 3-5 e. 2-4 f. 190-300
5	Tebal pengaspalan (cm)	3-5
6	Derajat kepadatan (%)	>97

Sumber : Departemen Perkembangan wilayah (1999) dalam Halim (2013)

3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur

Material penyusun perkerasan lentur yang akan digunakan dalam penelitian terdiri dari agregat halus, agregat kasar, bahan pengisi (*filler*), bahan ikat aspal penetrasi 60/70 dan juga bahan tambah lainnya menyesuaikan dengan jenis campuran penelitian.

3.3.1 Agregat

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

Agregat merupakan bagian terbesar dalam suatu campuran aspal. Berdasarkan Binamarga (2002) membagi agregat menjadi 3 sebagai berikut.

1. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan saringan no.4 (=4,75 mm)
2. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos no.4 (=4,75 mm)
3. Bahan Pengisi (*filler*), adalah agregat halus yang minimum 75% lolos pada saringan No.200 (=0,075)

Berdasarkan ketentuan Bina Marga (2010) dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 mengenai spesifikasi ketentuan agregat kasar dan spesifikasi agregat halus.

Tabel 3.2 Spesifikasi Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angles	Campuran AC	100 putaran	SNI 2417 : 2008	Maks. 6%
	Modifikasi	500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439 : 2011	Min. 95%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

Tabel 3.3 Spesifikasi Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1197	Min 50%
Berat jenis dan penyerapan air agregat halus	SNI 03-1969-1990	Berat Jenis > 2,5 %
		Penyerapan air < 3%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

3.3.2 Bahan Pengisi (*filler*)

Bina Marga (2007) menyatakan Bahan pengisi (*filler*) merupakan material pengisi yang lolos saringan no.200 yang bisa berupa debu batu, abu kapur, abu terbang, semen (*portland semen*) atau bahan non plastis lainnya yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan-bahan lain yang mengganggu. Persyaratan spesifikasi bahan pengisi(*filler*) dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini.

3.3.3 Aditif

Aditif adalah bahan tambah yang diberikan pada campuran panas agregat aspal yang berfungsi sebagai bahan stabilisasi aspal. Pada campuran *Split Mastic Asphalt*

(SMA) biasanya menggunakan bahan tambah aditif berupa serat selulosa untuk mencegah penguraian pada pencampuran, pengangkutan, penghamparan, dan pemadatan. Alternatif bahan aditif yang bisa digunakan adalah dedak padi.

Dedak padi merupakan hasil proses penggilingan padi. Dedak tersusun dari tiga bagian yang masing masing berbeda kandungan zatnya. Salah satu bagian tersebut adalah kulit gabah yang banyak mengandung serat kasar dan mineral, sehingga dengan serat ini baik digunakan untuk bahan aditif sebagai serat selulosa campuran aspal (Tahir, 2011).

3.3.4 Aspal

Menurut Sukirman (2003) aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat *termoplastis*. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material campuran perkerasan jalan.

3.4 Karakteristik Campuran Lapis Perkerasan

Karakteristik lapisan perkerasan adalah sifat-sifat yang harus dimiliki oleh suatu lapis perkerasan jalan, sifat tersebut yaitu stabil dalam menahan beban, awet atau mempunyai masa pakai yang lama, mudah di kerjakan dan sebagainya. Hal ini sejalan dengan pendapat Sukirman (2003) bahwa karakteristik lapis perkerasan sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*).
2. Keawetan (*Durability*).
3. Fleksibilitas.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue resistance*).
5. Kedap Air (*Impermeability*).
6. Ketahanan terhadap geser (*Skid resistance*).
7. Mudah dikerjakan (*Workability*).

3.5 Metode Pengujian Marshall

Metode pengujian *Marshall* dimaksudkan untuk mengetahui nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), *VITM*, *VFWA*, *density*, *VMA*, dan *Marshall Quotient*.

3.5.1 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban. Nilai stabilitas didapatkan dengan melakukan pembacaan pada alat uji *marshall* dengan membaca jarum dial.

3.5.2 Kelelahan (*flow*)

Flow merupakan keadaan dimana benda uji campuran aspal akan mengalami perubahan bentuk. Nilai *flow* diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*

3.5.3 Void In Total Mix (*VITM*)

Void In Total Mix/ rongga di dalam campuran merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat di dalam campuran aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan diperoleh dari Persamaan. Berikut adalah persamaan untuk mengetahui volme rongga udara.

$$VITM = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h}\right) \quad (3.1)$$

$$h = \frac{100}{\left[\frac{\% \text{ agregat}}{b.j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b.j \text{ aspal}}\right]} \quad (3.2)$$

Keterangan :

g = berat volume benda uji / nilai *density* (gr/cc),

h = berat jenis maksimum teoritis (gr/cc).

3.5.4 Void Filled With Asphalt (*VFWA*)

Void Filled With Asphalt (VFWA)/ Rongga terisi aspal) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi dapat diperoleh dari Persamaan 3.3

$$VFWA = \frac{100 (VMA - VITM)}{VMA} \quad (3.3)$$

Keterangan :

VFWA = rongga terisi aspal, persen *VITM*

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

$VITM$ = volume pori dalam beton aspal padat

3.5.5 Density

Density/ kepadatan *density* menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *density*, maka kepadatan semakin baik. Semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kadar aspal. Nilai *density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 :

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.4)$$

$$f = d - e \quad (3.5)$$

Keterangan :

g = nilai *Density* (gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh/SSD (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = volume / isi (cm³)

3.5.6 Voids in Mineral Agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat/*Voids in Mineral Agregat (VMA)* adalah persentase ruang di antara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif. Perhitungan *VMA* terhadap campuran total dapat diperoleh dari Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7 berikut.

1. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (3.6)$$

Keterangan :

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = berat jenis bulk agregat

G_{mb} = berat jenis bulk campuran padat

P_s = kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

2. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \quad (3.7)$$

Keterangan :

VMA = rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = berat jenis bulk agregat

G_{mb} = berat jenis bulk campuran padat

P_b = kadar aspal persen terhadap berat total campuran

3.5.7 Marshall Quotient

Marshall (Marshall Quotient) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan (*flow*). Semakin tinggi *MQ*, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.8 berikut.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (3.8)$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = nilai stabilitas toleransi (kg)

F = nilai *Flow* (mm)

3.6 Pengujian Index of Retained Strength (IRS)

Immersion test adalah pengujian yang dilakukan terhadap benda uji dengan cara memasukan benda uji kedalam *waterbath* selama 24 jam dengan suhu konstan 60°C. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai durabilitas campuran . Adapun rumus pengujian *IRS* dapat dilihat pada persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$Index\ of\ retained\ strength = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.9)$$

Keterangan :

S_1 = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

S_2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

3.7 Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{IDP (r)} = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - (S_{i+1})}{(t_{i+1}) - 1} \times 100 \quad (3.10)$$

Keterangan :

r = Indeks Penurunan Stabilitas (%)

S_i = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%)

S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)

T_i, t_{i+1} = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Nilai 'r' yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai 'r' yang bernilai negatif mengindikasikan adanya perolehan kekuatan.

3.8 Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Nilai IDK didapatkan dengan perhitungan yang menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{IDK (a)} = \frac{1}{2tn} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - (S_{i+1})) [2tn - (t_i + (t_i + 1))] \quad (3.11)$$

Keterangan :

a = Kehilangan Kekuatan Rerata Satu Hari (%)

tn = Total Waktu Perendaman (jam)

S_i = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%)

S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)

T_i, t_{i+1} = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai "a" yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai "a" yang bernilai negatif menggambarkan adanya pertambahan kekuatan. Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai $a < 100$. Oleh karena itu, memungkinkan untuk dapat menyatakan persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari (S_a). Dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$S_a = (100 - a) \quad (3.12)$$

Sa = Kekuatan Sisa Rerata Satu Hari (%)

Nilai Indeks Durabilitas Kedua juga dapat dinyatakan dalam bentuk nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan dalam (kg) sebagai berikut.

$$A = \frac{a}{100} \times S_o \quad (3.13)$$

$$SA = (S_o - A) \quad (3.14)$$

3.9 Pengujian Kuat Tarik Tak Langsung

Pengujian kuat tarik tak langsung/*Indirect Tensile Strength Test (ITS)* adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui nilai gaya tarik dari *asphalt concrete*. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan. Campuran lapisan perkerasan yang baik dapat menahan beban maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan.

Gaya tarik tidak langsung menggunakan benda uji yang berbentuk silindris yang mengalami pembebanan tekan dengan dua plat penekan yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Pengujian gaya tarik tidak langsung secara normal dilaksanakan menggunakan *Marshall* yang telah dimodifikasikan dengan pelat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.10 seperti berikut.

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h} \quad (3.15)$$

Keterangan:

ITS = kuat tarik tidak langsung (N/mm²)

P runtuh = beban puncak (N)

h = tinggi sampel (mm)

d = diameter benda uji (mm)

3.10 Pengujian *Cantabro loss*

Pengujian *cantabro loss* bertujuan untuk menggambarkan tingkat ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh beban lalu lintas yang berulang ulang yang akan menyebabkan perkerasan menjadi aus dan mengalami penurunan kekuatan. Pengujian ini menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja.

Adapun untuk mengetahui nilai pengujian *Cantabro* dapat digunakan persamaan 3.11 berikut ini :

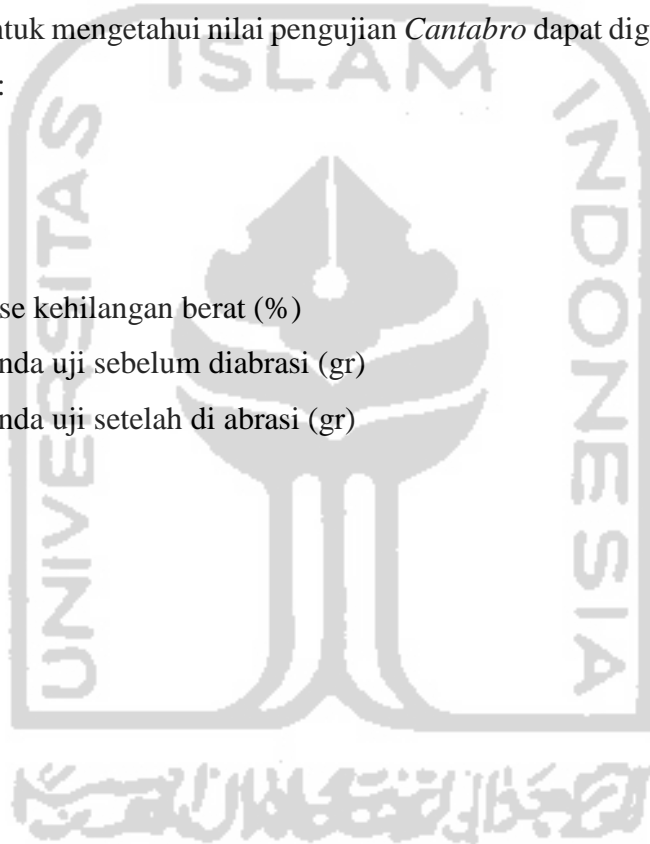
$$L = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \quad (3.16)$$

Keterangan :

L = Persentase kehilangan berat (%)

M₀ = Berat benda uji sebelum diabrasi (gr)

M₁ = Berat benda uji setelah di abrasi (gr)



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah kegiatan atau langkah-langkah yang dilakukan peneliti secara sistematis dan ter-struktur untuk mendapatkan informasi dan data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu masalah atau percobaan. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian percobaan (*experiment*) yang dilaksanakan di Laboratorium untuk mendapatkan data- data. Data yang di peroleh kemudian diolah dengan memperhatikan syarat-syarat atau spesifikasi yang sudah di tentukan. Standar spesifikasi penelitian yang digunakan mengacu pada Departemen Perkembangan Wilayah 1999, Standar Nasional Indonesia (SNI) dan spesifikasi Bina Marga 2010.

4.2 Metode Pengambilan data

Pengambilan data primer dilakukan selama pengujian dan data sekunder didapat dari penelitian-penelitian sebelumnya. Untuk mempermudah mendapatkan data, maka benda uji dikelompokan berdasarkan benda ujinya yaitu data stabilitas, kelelahan (*flow*), *VITM*, *VFWA*, *density*, *VMA*, dan *Marshall Quotient*, nilai *IRS* 24 jam, nilai *IRS* 48 jam, nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)*, dan nilai *Cantabro loss*.

4.3 Tahapan penelitian

Penelitian dilakukan di laboratoirum Jalan Raya, Fakutltas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah persiapan dan pemeriksaan material, persiapan alat, pembuatan sampel benda uji, pengujian *Marshall*, pengujian *IRS* 24 Jam, pengujian *IRS* 48 jam, pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*, pengujian *Cantabro loss* dan melakukan analisis, pembahasan, dan kesimpulan pada penelitian.

4.3.1 Pemeriksaan material

Pemeriksaan material ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan material yang digunakan sebelum pembuatan benda uji, tujuannya untuk mengetahui apakah material tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh Direktorat Jendral Bina Marga 2010. Berikut adalah pengujian untuk agregat dan aspal.

1. Pengujian agregat

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969 : 2008)
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry* (SSD) dan berat jenis semu serta penyerapan air oleh agregat kasar.
- b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970 : 2008)
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*) dan berat jenis permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry* (SSD) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat halus.
- c. Pengujian kelekatan agregat oleh aspal (SNI 06-2439-1991)
Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal adalah presentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal.
- d. Pengujian analisa saringan
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dan halus dengan menggunakan saringan.
- e. Pengujian keausan agregat (SNI 2417 : 2008)
Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin *Los Angeless*, dimana pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan.
- f. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 3423 : 2008)
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar debu, lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah/agregat halus.

2. Pengujian aspal

- a. Pengujian berat jenis aspal (SNI 06-2441-2011)
Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Besarnya berat jenis

aspal penting dalam perencanaan campuran agregat dan aspal, karena digunakan untuk menentukan kadar aspal dalam campuran.

b. Pengujian titik lembek (SNI 06-2434-2011)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan titik lembek aspal padat dengan cara *ring and ball*. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu.

c. Pengujian daktilitas (SNI 06-2432-2011)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar akan mengikat butiran agregat lebih baik namun lebih peka terhadap perubahan temperatur.

d. Pengujian penetrasi aspal (SNI 06-2456-2011)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal, dimana aspal tersebut termasuk dalam kategori keras atau lembek (*solid* atau semi *solid*). Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan jarum tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Nilai titik lembek dan penetrasi dapat menunjukkan kepekaan aspal terhadap temperatur.

e. Pengujian kelarutan dalam *karbon tetra klorida* atau *trichloroethylene* (SNI – 06-2438-1991)

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam *karbon tetra klorida*.

f. Pengujian titik nyala dan titik bakar (SNI 06-2433-1991)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan suhu saat aspal terlihat menyala singkat dipermukaannya (titik nyala) dan suhu saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

Berikut standar pengujian aspal pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Pengujian Aspal Pertamina Penetrasi 60/70

Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Aspal Pen 60/70
Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,0$
Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 - 70
Kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida (%)	SNI 06-2438-1991	≥ 99
Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-2433-1991	≥ 232

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

4.3.2 Persiapan alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian menggunakan alat yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Peralatan yang digunakan sebagai berikut.

1. Seperangkat alat uji pengujian fisik agregat, meliputi mesin *Los Angeles*, saringan standar, dan tabung *Sand Equivalent*.
2. Alat pengujian campuran metode *Marshall* yang alat nya terdiri dari cetakan benda uji (*mold*), *breaking head*, cincin dengan kapasitas 2500 kg (5000 *pound*) dengan ketelitian 12,5 kg (25 *pound*) serta arloji dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001") dan arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01"), dan juga alat penunjang kompor, pemadat (*compactor*) dengan berat 4,536 kg (10 *pound*) dengan tinggi 45,7 cm (18 inchi) dan bak perendam.
3. Alat pengujian *Indirect Tensile Strength* yang terdiri dari alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 13 mm (0,5 inch), arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm dan arloji pengukuran stabilitas.
4. Alat pengujian *Cantabro* yaitu dengan mesin abrasi *Los Angeles* dengan tanpa bola baja dan alat timbang dengan ketelitian 0,1 gr.

4.3.3 Perencanaan Campuran

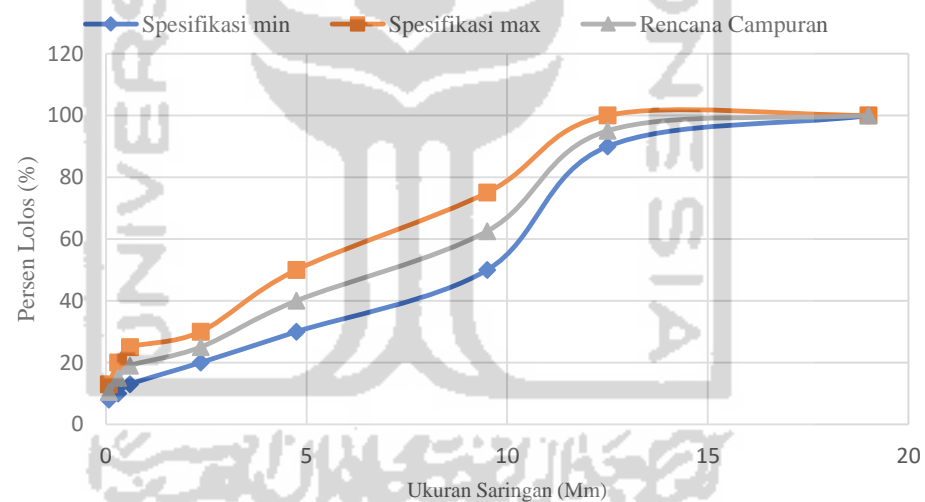
Komponen campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) 0/11 terdiri dari agregat halus, agregat kasar, abu batu (*filler*), aspal, dan bahan tambah aditif selulosa diuji terlebih dahulu. Tujuannya untuk mengetahui sifat material apakah sudah sesuai dengan syarat dan spesifikasi yang sudah ditentukan.

Setelah pengujian material selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan penyaringan agregat dengan menggunakan saringan yang telah direncanakan. Penyaringan ini dilakukan untuk mengetahui jenis agregat yang akan dimasukan ke dalam campuran. Rencana agregat yang digunakan merupakan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) 0/11 dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Spesifikasi Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (SMA) 0/11

No	Ukuran saringan (mm)	Lolos saringan (%)	Ideal (%)
1	19	100	100
2	12,5	90-100	95
3	9,5	50-75	62,5
4	4,75	30-50	40
5	2,36	20-30	25
6	0,60	13-25	19
7	0,30	10-20	15
8	0,075	8-13	10,5

Sumber : Kimbangwil (1999) dalam Perwitasari (2013)



Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) 0/11

Berdasarkan Kimbangwil (1999) dalam perwitasari (2013) syarat kadar aspal campuran SMA 0/11 adalah minimum 6%. Pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan adalah 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5% terhadap berat total campuran. Perhitungan penentuan kadar aspal sebagai berikut.

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18(\%Filler) + K \quad (4.1)$$

Keterangan :

P_b = Kadar aspal optimum rencana

CA = Persentase agregat kasar

FA = Persentase agregat halus

K = Konstanta (1 – 2)

Berdasarkan perhitungan mix design didapat nilai CA sebesar 40%, nilai FA 59% dan filler 4% serta konstanta dianggap 1, maka dengan persamaan 4.1 dapat dihitung kadar aspal optimum rencana sebagai berikut.

$$P_b = 0,035 (60\%) + 0,045 (29,5\%) + 0,18 (0,5\%) + 1$$

$$= 6,317\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas perkiraan kadar aspal optimum yang didapatkan adalah 6,317% sehingga dalam pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan adalah 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5% terhadap berat total campuran sebesar 1200 gram. Sedangkan total kebutuhan agregat tiap campuran berdasarkan berat total campuran yang dikurangi berat total aspal yang dibutuhkan. Adapun kebutuhan substitusi agregat halus variasi 0% untuk tiap-tiap kadar aspal dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 5,5%

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	max	Lolos	Tertatahan	Tertahan	Kumulatif
1	19	(3/4")	100	100	100	0	0	0
2	12,5	(1/2")	90	100	95	5	56,7	56,7
3	9,5	(3/8")	50	75	62,5	32,5	368,55	425,25
4	4,75	(No.4)	30	50	40	22,5	255,15	680,4
5	2,36	(No.8)	20	30	25	15	170,1	850,5
6	0,6	(No.30)	13	25	19	6	68,04	918,54
7	0,3	(No.50)	10	20	15	4	45,36	963,9
8	0,075	(No.200)	8	13	10,5	4,5	51,03	1014,93
	<i>Filler</i>		0	0	0	10,5	119,07	1134

Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 6%

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	max	Lolos	Tertatahan	Tertahan	Kumulatif
1	19	(3/4")	100	100	100	0	0	0
2	12,5	(1/2")	90	100	95	5	56,4	56,4
3	9,5	(3/8")	50	75	62,5	32,5	366,6	423
4	4,75	(No.4)	30	50	40	22,5	253,8	676,8
5	2,36	(No.8)	20	30	25	15	169,2	846
6	0,6	(No.30)	13	25	19	6	67,68	913,68
7	0,3	(No.50)	10	20	15	4	45,12	968,8
8	0,075	(No.200)	8	13	10,5	4,5	50,76	1009,56
	<i>Filler</i>		0	0	0	10,5	118,44	1128

Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 6,5%

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	max	Lolos	Tertatahan	Tertahan	Kumulatif
1	19	(3/4")	100	100	100	0	0	0
2	12,5	(1/2")	90	100	95	5	56,1	56,1
3	9,5	(3/8")	50	75	62,5	32,5	364,65	420,75
4	4,75	(No.4)	30	50	40	22,5	252,45	673,2
5	2,36	(No.8)	20	30	25	15	168,3	841,5
6	0,6	(No.30)	13	25	19	6	67,32	908,82
7	0,3	(No.50)	10	20	15	4	44,88	953,7
8	0,075	(No.200)	8	13	10,5	4,5	50,49	1004,19
	<i>Filler</i>		0	0	0	10,5	117,81	1122

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 7%

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	max	Lolos	Tertatahan	Tertahan	Kumulatif
1	19	(3/4")	100	100	100	0	0	0
2	12,5	(1/2")	90	100	95	5	55,8	55,8
3	9,5	(3/8")	50	75	62,5	32,5	362,7	418,5
4	4,75	(No.4)	30	50	40	22,5	251,1	669,6
5	2,36	(No.8)	20	30	25	15	167,4	837
6	0,6	(No.30)	13	25	19	6	66,96	903,96
7	0,3	(No.50)	10	20	15	4	44,64	948,6
8	0,075	(No.200)	8	13	10,5	4,5	50,22	998,82
	<i>Filler</i>		0	0	0	10,5	117,18	1116

Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat pada kadar aspal 7,5%

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	max	Lolos	Tertatahan	Tertahan	Kumulatif
1	19	(3/4")	100	100	100	0	0	0
2	12,5	(1/2")	90	100	95	5	55,8	55,5
3	9,5	(3/8")	50	75	62,5	32,5	362,7	416,25
4	4,75	(No.4)	30	50	40	22,5	251,1	610,5
5	2,36	(No.8)	20	30	25	15	167,4	837
6	0,6	(No.30)	13	25	19	6	66,96	903,96
7	0,3	(No.50)	10	20	15	4	44,64	948,6
8	0,075	(No.200)	8	13	10,5	4,5	50,22	998,82
	<i>Filler</i>		0	0	0	10,5	117,18	1116

Adapun rincian benda uji yang digunakan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.8 Kebutuhan Benda Uji KAO

Variasi Subtitusi Agregat Halus (%)	Jumlah Benda Uji Pada Tiap Kadar Aspal (buah)				
	5,5%	6%	6,5%	7%	7,5%
0	3	3	3	3	3
25	3	3	3	3	3
50	3	3	3	3	3
75	3	3	3	3	3
100	3	3	3	3	3
Jumlah	75				

Berdasarkan perhitungan persentase kadar aspal yang sudah didapatkan, maka ditentukan jumlah benda uji sebanyak 3 buah untuk masing masing persentase kebutuhan dengan kadar aspal pertamina 60/70 sebesar 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7.5% sehingga membutuhkan benda uji sebanyak 75 buah pada pengujian Kadar Aspal Optimum. Agar dapat menentukan berat volume maka perlu diketahui berat jenis masing masing agregat halus. Berat jenis dari agregat halus pasir Clereng sebesar 2,6003 gr/cm³ dan berat jenis pasir Pantai Indrayanti sebesar 2,85 gr/cm³. Hal ini untuk mengetahui perbandingan berat yang sama dengan berat asli sehingga dapat melingkupi kebutuhan yang sama. Adapun untuk subtitusi agregat halus variasi 25%, 50%, 75% dan 100% dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Variasi Subtitusi Agregat Halus

Kadar Aspal (%)	Ukuran Saringan	Variasi Kadar agregat halus Pantai Pasir Indrayanti (%)									
		0		25		50		75		100	
		PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)
5.5	No. 30	68,04	0	51,03	18,43	34,02	36,87	17,01	55,30	0	73,73
	No. 50	45,36	0	34,02	12,29	22,68	24,58	113,4	36,87	0	49,15
6	No. 30	67,68	0	50,76	16,92	33,84	36,67	50,76	55,01	0	73,34
	No. 50	45,12	0	33,84	11,28	22,56	24,45	33,84	36,67	0	48,89
6.5	No. 30	67,32	0	50,49	18,24	33,66	36,58	16,83	54,71	0	72,71
	No. 50	44,48	0	33,66	12,16	22,44	24,32	11,22	36,48	0	72,95
7	No. 30	66,96	0	50,22	18,14	33,48	36,28	16,74	54,42	0	72,56
	No. 50	44,64	0	33,48	12,09	22,32	24,19	11,16	36,38	0	48,37
7.50	No. 30	66,6	0	49,95	18,04	33,3	36,09	16,65	54,13	0	71,55
	No. 50	44,4	0	33,3	12,03	22,2	24,06	11,10	36,09	0	47,7

Keterangan :

PC = Pasir Clereng

PP = Pasir Pantai

Berdasarkan Tabel 4.9 di atas penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai agregat halus sudah dilakukan penyetaraan volume sehingga volume antara agregat halus Clereng dan volume pasir Pantai Indrayanti sudah sama.

Adapun jumlah sampel dalam pembuatan benda uji setelah mendapatkan nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Jumlah Benda Uji Total Berdasarkan Subtitusi Agregat Halus

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Variasi Subtitusi Agregat Halus (buah)				
	0%	25%	50%	75%	100%
KAO	15	15	15	15	15
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
Cantabro	3	3	3	3	3

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Variasi Substitusi Agregat Halus (buah)				
	0%	25%	50%	75%	100%
<i>IRS</i> 24 Jam	3	3	3	3	3
<i>IRS</i> 48 Jam	2	2	2	2	2
Jumlah	29	29	29	29	29
Total	145				

Berdasarkan Tabel 4.10 total benda uji setelah mendapatkan nilai KAO sebanyak 75 buah. Sedangkan pembuatan benda uji setelah mendapatkan nilai KAO adalah sebanyak 70 buah. Total pembuatan benda uji dalam penelitian ini sebanyak 145 buah benda uji.

4.4 Pengujian *Marshall*

Uji *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan terhadap kelelahan plastis dari campuran aspal. Adapun cara pengujianya sebagai berikut.

1. Setelah dilakukan pembuatan benda uji, benda uji di timbang didalam air untuk mendapatkan berat isi.
2. Benda uji dikeringkan dengan kain lap yang lembab sampai kering permukaan jenuh (SSD).
3. Benda uji ditimbang dalam kondisi SSD
4. Benda uji aspal panas direndam dalam bak perendam selama 30 menit pada suhu $60\pm 1^{\circ}\text{C}$, atau dipanaskan dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap $60\pm 1^{\circ}\text{C}$.
5. Sebelum melakukan pengujian bersihkan batang penuntun dan permukaan dalam dari penekan dibersihkan.
6. Benda uji dikerluarkan dari bak perendam dan letakan kedalam segmen bawah kepala penekan. Pasang segmen atas di atas benda uji dan letakan seluruhnya kedalam mesin penguji.
7. Arloji kelelahan dipasang pada penunjuk angka nol, sementara selubung tangkai arloji dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan. Tekan selubung tangkai arloji selama pembebanan berlangsung.
8. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikan sehingga menyentuh alas cincin penguji. Atur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.

9. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm permenit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan arloji tekan dan catat pembebanan maksimum yang tercapai (stabilitas) dan pada saat yang sama catat pula angka arloji kelelahan.
10. Selubung tangkai arloji kelelahan dilepas setelah nilai kelelahan dicatat.
11. Analisis dan pembahasan dilakukan setelah semua tahap selesai dilakukan.

4.5 Pengujian *Index of Retained Strength (IRS)*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai durabilitas pada campuran. Pengujian *IRS* pada perendaman dilakukan di dalam *water bath* selama 24 jam. Dan 48 jam Berikut adalah langkah langkah pengujian *IRS* sebagai berikut.

1. Merendam benda uji yang telah diangkat dari rendaman air selama 24 jam pada suhu ruang, agar benda uji dalam keadaan jenuh air.
2. Menimbang benda uji dalam keadaan jenuh air.
3. Mengeringkan benda uji dengan cara mengelap, kemudian benda uji ditimbang didalam air.
4. Merendam benda uji dalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 24 jam dan.
5. Melakukan pengujian *Marshall*.

Lakukan langkah yang sama pada pengujian *IRS* 48 jam

4.6 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Pengujian *Indirect Tensile Strength* dimaksudkan untuk mengetahui kuat tarik dari campuran perkerasan. Adapun metode pengujiannya dapat dilihat sebagai berikut.

1. Benda uji diukur pada 4 sisinya dan ambil tebal rerata, lalu hitung koreksi tebal dan diameter benda uji.
2. Benda uji diletakan kedalam alat uji.
3. Benda uji diberi pembebanan hingga mencapai beban maksimum yang ditandai arloji pembebanan berhenti dan berbalik arah dan lakukan pencatatan.
4. Nilai kuat tarik terkoreksi dan dilakukan analisis serta pembahasan.

4.7 Pengujian *Cantabro*

Pengujian *Cantabro* dimaksudkan untuk mengetahui tingkat ketahanan campuran terhadap disintegrasi. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut.

1. Benda uji dimasukan kedalam mesin *Los Angeles* dengan tanpa bola baja
2. Benda uji dikeluarkan dan timbang kemudian dilakukan analisis serta pembahasan.

4.8 Analisis Data

Berikut ini adalah analisis data yang akan dilakukan setelah melakukan pengujian.

1. Analisis Karakteristik *Marshall*

Nilai karakteristik *Marshall* didapat dengan cara menganalisis data-data yang diperoleh dari hasil percobaan Laboratorium, didapatkan data sebagai berikut.

- a. Berat benda uji sebelum direndam (gram),
- b. Berat benda uji di dalam air (gram),
- c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram),
- d. Tebal benda uji (mm),
- e. Pembacaan arloji stabilitas (kg),
- f. Pembacaan arloji kelelahan *flow* (mm).

Nilai-nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung menggunakan rumus-rumus berikut ini.

- a. Berat jenis Aspal

$$BJ \text{ Aspal} = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \quad (4.1)$$

Keterangan :

- A = Berat piknometer dengan penutup (gr)
- B = Berat piknometer berisi air (gr)
- C = Berat piknometer berisi aspal (gr)
- D = Berat piknometer berisi aspal dan air (gr)

- b. Berat jenis Agregat

$$BJ \text{ Agregat} = \frac{(F1 \times A) + (F2 \times B)}{100} \quad (4.2)$$

Keterangan :

- F1 = Persentase agregat kasar
- F2 = Persentase agregat halus
- A = Berat jenis agregat kasar

B = Berat jenis agregat halus

c. Berat Jenis *Filler*

$$BJ \text{ Filler} = \frac{Bk}{B+200-Bt} \quad (4.3)$$

Keterangan :

Bk = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat piknometer berisi air (gr)

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

200 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (gr)

- d. Kelelehan (*flow*), dibaca dari pembacaan arloji kelelehan menggunakan persamaan
 - e. *VITM* (*Void in Total Mix*) menggunakan Persamaan 3.1 dan 3.2
 - f. *VFWA* (*Volume of Void Filled With Asphalt*) menggunakan Persamaan 3.3
 - g. *Density* Menggunakan persamaan 3.4 dan 3.4
 - h. *VMA* (*Void in Mineral Agregate*) menggunakan Persamaan 3.6
 - i. *MQ* (*Marshall Quotient*) menggunakan Persamaan 3.8
2. Analisis uji *Index of Retained Strength*
 Nilai *Index of Retained Strength* dapat dihitung dengan persamaan 3.9
 3. Analisis Uji *Indirect Tensile Strength*
Indirect Tensile Strength dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.15 .
 4. Analisis Uji *Cantabro*
 Nilai uji *cantabro* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16 .
 5. Analisis Statik

Hasil data yang diperoleh dari perhitungan uji *Marshall*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Test*, dan *Cantabro* dilakukan analisis menggunakan *anova* satu arah. Secara umum analisis *anova* adalah sebagai berikut.

a. Merumuskan hipotesis (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1)

Uji hipotesis bertujuan untuk melihat pengaruh masing-masing faktor variabel.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 = \dots \neq \mu_k$$

b. Menentukan nilai α atau tingkat signifikan.

c. Mencari nilai *df* atau derajat kebebasan .

d. Penggunaan tabel distribusi F

Nilai F-tabel bergantung dari nilai α dan df.

e. Penentuan daerah penolakan dan kritis

Daerah penolakan dan penerimaan dibatasi oleh nilai α dan nilai F-hitung.

f. Perumusan keputusan H_0 dan H_1

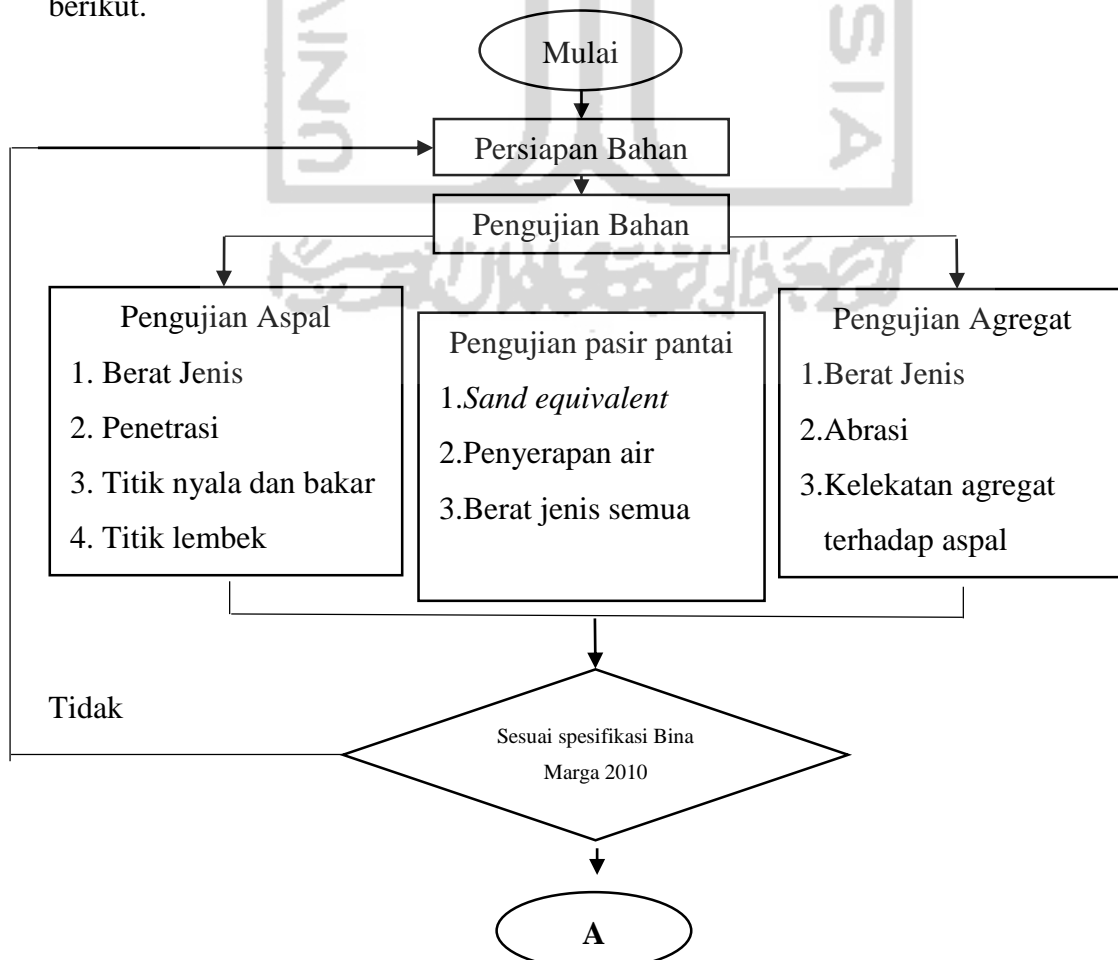
H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan pengaruh penggunaan pasir Pantai sebagai substitusi agregat halus terhadap campuran SMA grading 0/11 yang berbahan ikat Pertamina Pen 60/70.

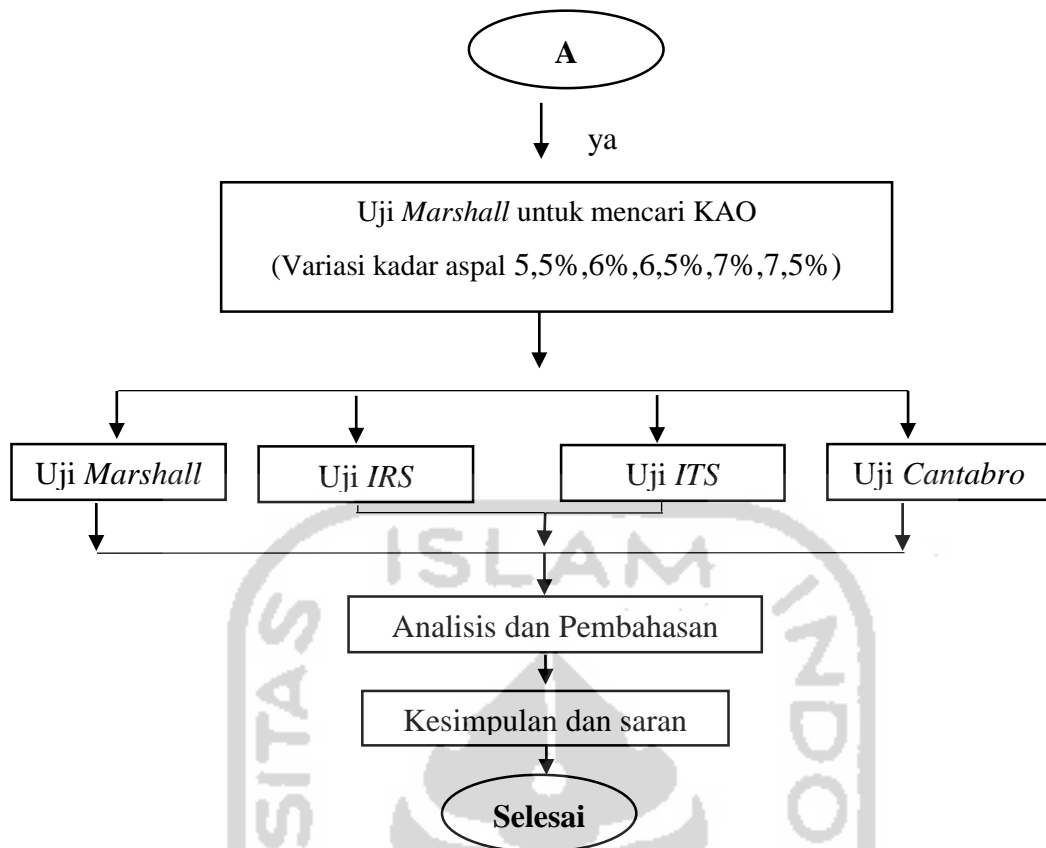
H_1 : Ada perbedaan signifikan pengaruh penggunaan pasir Pantai sebagai substitusi agregat halus terhadap campuran SMA grading 0/11.

Jika nilai rasio uji berada di daerah penerimaan maka H_0 diterima, sedangkan jika nilai rasio berada di daerah penolakan maka H_1 diterima.

4.9 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir proses penelitian adalah penjelasan singkat tahapan-tahapan penelitian. Adapun bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.





Gambar 4.2 Bagan Alir penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Bahan Dan Campuran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil dari tiap-tiap pengujian yang dilakukan sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Karakteristik Aspal

Pengujian dilakukan pada aspal dengan menggunakan aspal pertamina pen 60/70. Pengujian mengacu pada standar spesifikasi Bina Marga 2010, pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Data hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,023	Memenuhi
2.	Penetrasi (mm)	60/70	62,3	Memenuhi
3.	Daktalitas (cm)	≥ 100	164	Memenuhi
4.	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48	Memenuhi
5.	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	332	Memenuhi
6.	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	345	Memenuhi
7.	Kelarutan pada TCE (%)	≥ 99	99,03	Memenuhi

Hasil pengujian Aspal telah memenuhi semua standar yang sudah ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2010.

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian terhadap agregat meliputi agregat kasar, agregat halus, dan *filler* atau abu batu. Agregat yang digunakan pada penelitian ini menggunakan agregat yang berasal dari Clereng, Kulon progo. Pengujian karakteristik agregat ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan

Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian karakteristik agregat dapat dilihat pada Table 5.2 sampai 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat jenis	$\geq 2,5$	2,6643	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	1,687	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	≥ 95	97,5	Memenuhi
4	Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	≤ 40	13,07	Memenuhi

Hasil pengujian pada agregat kasar telah memenuhi semua standar yang sudah ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2010.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,60	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	2,25	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	≥ 50	91,987	Memenuhi

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus pasir Pantai Indriyanti

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,85	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	0,99	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	≥ 50	81	Memenuhi

Hasil pengujian pada agregat halus dari Clereng maupun pasir Pantai Indrayanti telah memenuhi semua standar yang sudah ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2010. Dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4 hasil pengujian dari agregat halus Clereng maupun pasir Pantai Indrayanti.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler*

No	<i>Filler</i>	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≤ 8	2,553	Memenuhi

Hasil pengujian berat jenis pada abu batu atau *filler* telah memenuhi semua standar yang sudah ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2010

5.1.3 Hasil Pengujian Campuran SMA 0/11 Untuk Menentukan Kadar Aspal

Optimum

Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum yang diperoleh dari karakteristik *marshall* yaitu nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *VITM* (*Void In The Mix*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VMA* (*Void Mineral Agregat*), *MQ* (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*density*).

Hasil pengujian dengan variasi substitusi agregat halus pasir Pantai 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dapat dilihat pada Tabel 5.6 samapai dengan Tabel 5.10

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Substitusi Pasir Pantai Indriyanti 0%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (Kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (%)
5,5	684,97	3,23	212,88	9,71	54,67	21,39	2,17
6	774,71	3,40	230,48	8,14	61,27	21,01	2,19
6,5	874,45	3,33	262,90	6,48	68,55	20,57	2,22
7	986,96	3,70	267,37	4,31	78,16	19,73	2,25
7,5	794,52	3,87	207,12	3,80	81,32	20,29	2,25
Spesifikasi	750	>2-4	>250	>3,0-5,0	>76	>15	>2

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Substitusi Pasir Pantai Indriyanti 25%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (Kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (%)
5,5	640,33	3,25	197,53	8,90	57,26	20,78	2,21
6	763,47	3,30	231,67	7,88	62,51	20,89	2,22
6,5	814,78	3,62	226,44	6,02	70,40	20,30	2,25

Lanjutan Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Substitusi Pasir Pantai Indriyanti 25%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
7	920,04	3,73	249,69	5,34	74,39	20,72	2,25
7,5	862,90	3,93	218,18	3,93	80,86	20,54	2,26
Spesifikasi	750	>2-4	>250	>3,0-5,0	>76	>15	>2

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Substitusi Pasir Pantai Indriyanti 50%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
5,5	733,85	3,30	223,74	9,66	55,09	21,51	2,20
6	766,80	3,63	211,57	7,90	62,42	20,91	2,22
6,5	793,74	3,68	215,56	7,53	65,10	21,58	2,21
7	778,86	3,87	201,44	5,90	72,15	21,19	2,23
7,5	753,32	3,85	195,84	4,52	78,49	21,03	2,25
Spesifikasi	750	>2-4	>250	>3,0-5,0	>76	>15	>2

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Substitusi Pasir Pantai Indriyanti 75%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
5,5	675,05	3,03	221,63	10,83	52,23	22,45	2,16
6	797,04	3,60	220,73	8,45	60,59	21,37	2,20
6,5	831,17	3,88	213,19	7,68	64,72	21,70	2,21
7	773,81	3,95	195,21	6,75	69,17	21,89	2,21
7,5	759,74	4,00	190,08	4,76	77,63	21,21	2,24
Spesifikasi	750	>2-4	>250	>3,0-5,0	>76	>15	>2

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Substitusi Pasir Pantai Indriyanti 100%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
5,5	655,44	3,33	196,77	8,80	58,06	20,96	2,26
6	696,15	3,53	197,25	8,00	62,40	21,27	2,26
6,5	763,76	3,57	214,48	7,10	67,00	21,51	2,26
7	791,78	3,60	220,44	6,68	69,92	22,15	2,26
7,5	762,29	3,87	198,73	4,42	79,26	21,28	2,29
Spesifikasi	750	>2-4	>250	>3,0-5,0	>76	>15	>2

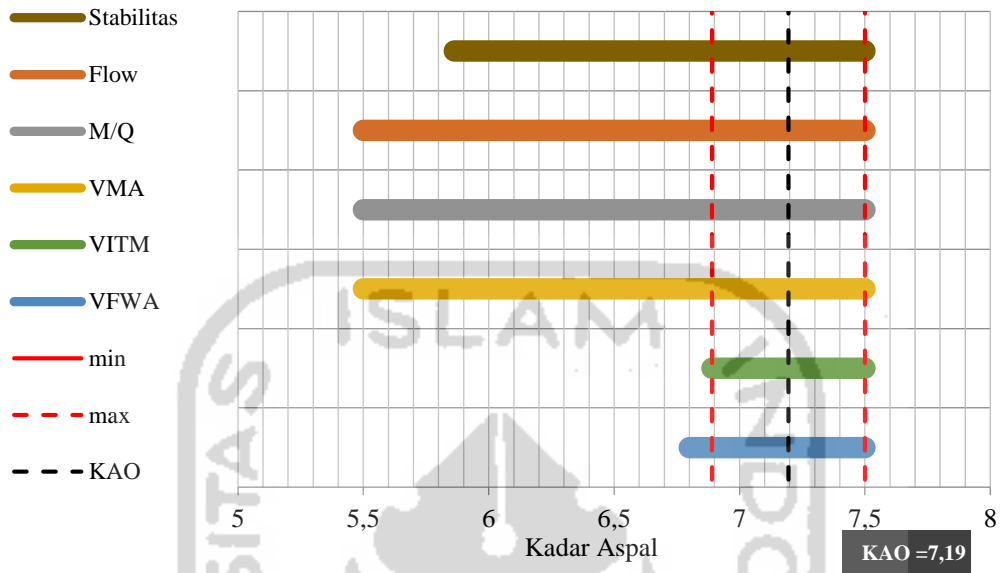
Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum

Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Penetrasi pen 60/70				
		Variasi Substitusi Pasir Pantai(%)				
		0	25	50	75	100
Stabilitas (kg)	5,5	684,97	640,33	733,85	675,05	655,44
	6	774,71	763,47	766,80	797,04	696,15
	6,5	874,45	814,78	793,74	831,17	763,15
	7	986,96	920,04	778,86	773,81	791,78
	7,5	794,52	862,90	753,32	759,74	762,29
<i>Flow</i> (mm)	5,5	3,23	3,25	3,30	3,93	3,33
	6	3,40	3,30	3,63	3,50	3,53
	6,5	3,33	3,62	3,68	3,88	3,57
	7	3,70	3,73	3,87	3,95	3,60
	7,5	3,87	3,93	3,85	4,00	3,87
<i>MQ</i> (kg/mm)	5,5	212,88	197,53	223,74	201,32	196,77
	6	230,48	231,67	211,57	208,75	197,25
	6,5	262,90	226,44	215,56	213,19	214,48
	7	267,37	249,69	201,44	195,21	220,44
	7,5	207,12	218,18	195,84	190,08	198,73
<i>VITM</i> (%)	5,5	9,71	8,90	9,20	10,83	8,80
	6	8,14	7,88	7,90	8,45	8,00
	6,5	6,48	6,02	7,53	7,68	2,10
	7	4,31	5,34	5,90	6,75	6,68
	7,5	3,80	3,93	4,52	4,76	4,42

Lanjutan Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum

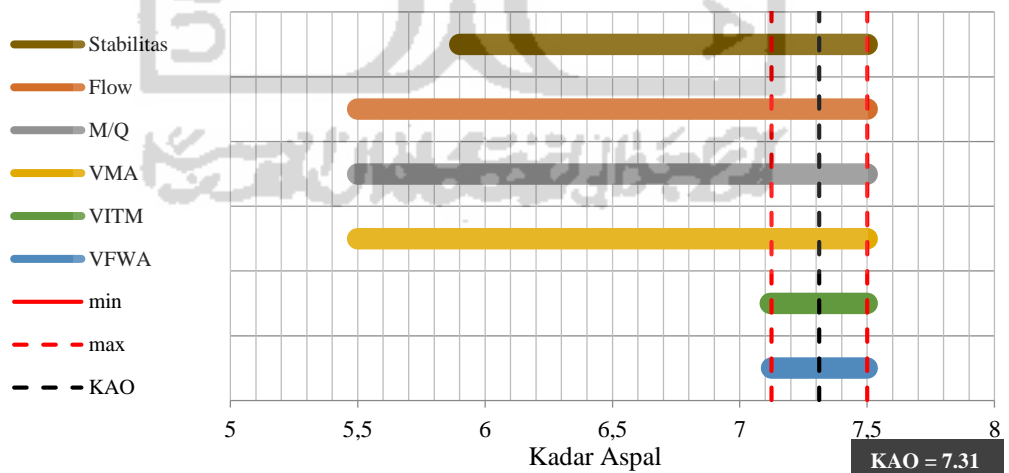
Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Penetrasi pen 60/70				
		Variasi Substitusi Pasir Pantai (%)				
		0	25	50	75	100
VFWA (%)	5,5	54,67	57,26	56,30	52,23	20,96
	6	61,27	62,51	62,42	60,59	21,27
	6,5	68,55	70,40	65,10	64,72	21,51
	7	78,16	74,39	72,15	69,17	22,15
	7,5	81,32	80,86	78,49	77,63	21,28
VMA (%)	5,5	21,39	20,78	21,04	22,45	20,96
	6	21,01	20,89	20,91	21,37	21,27
	6,5	20,57	20,30	21,58	21,70	21,51
	7	19,73	20,72	21,19	21,89	22,15
	7,5	20,29	20,54	21,03	21,21	21,28
Density (%)	5,5	2,172	2,210	2,203	2,161	2,260
	6	1,194	2,219	2,218	2,203	2,263
	6,5	2,218	2,247	2,211	2,206	2,268
	7	2,253	2,248	2,234	2,212	2,262
	7,5	2,249	2,265	2,251	2,244	2,300

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia didapatkan nilai kadar aspal optimum campuran SMA 0/11 dengan dilakukan perhitungan secara grafis, nilai Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai Gambar 5.5 sebagai berikut.



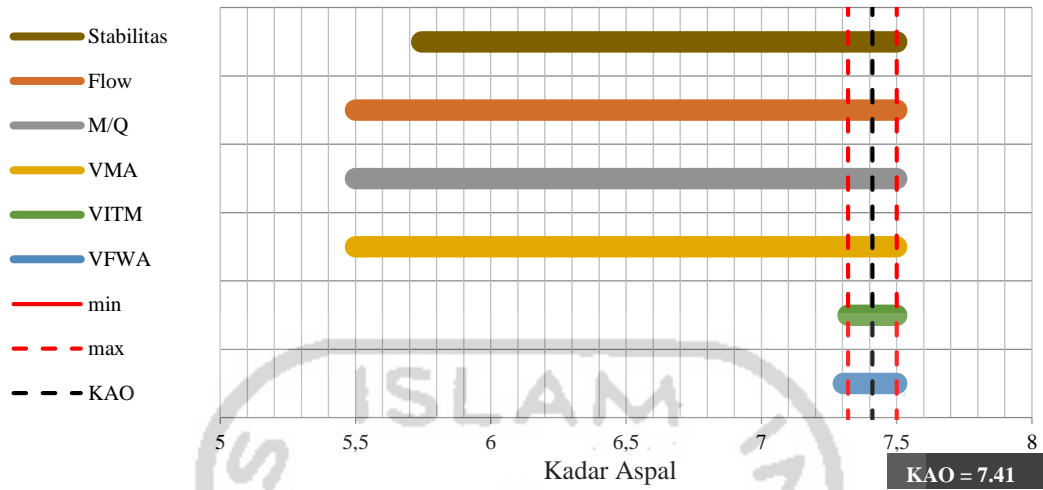
Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 0%

Berdasarkan Gambar 5.1 dengan variasi substitusi agregat halus pasir Pantai Indriyanti 0% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7.19%.



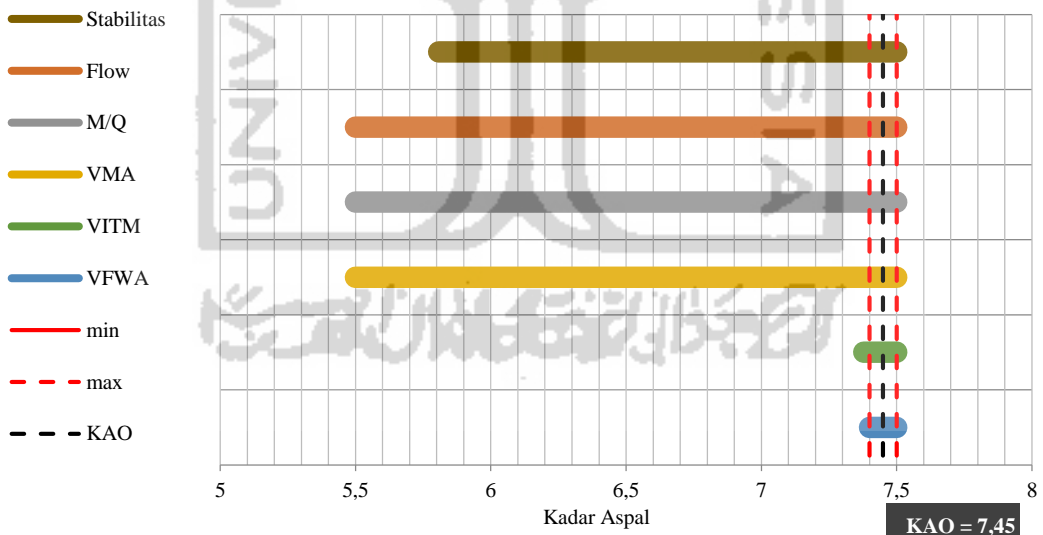
Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 25%

Berdasarkan Gambar 5.2 dengan substitusi agregat halus pasir Pantai Indriyanti 25% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7.31%.



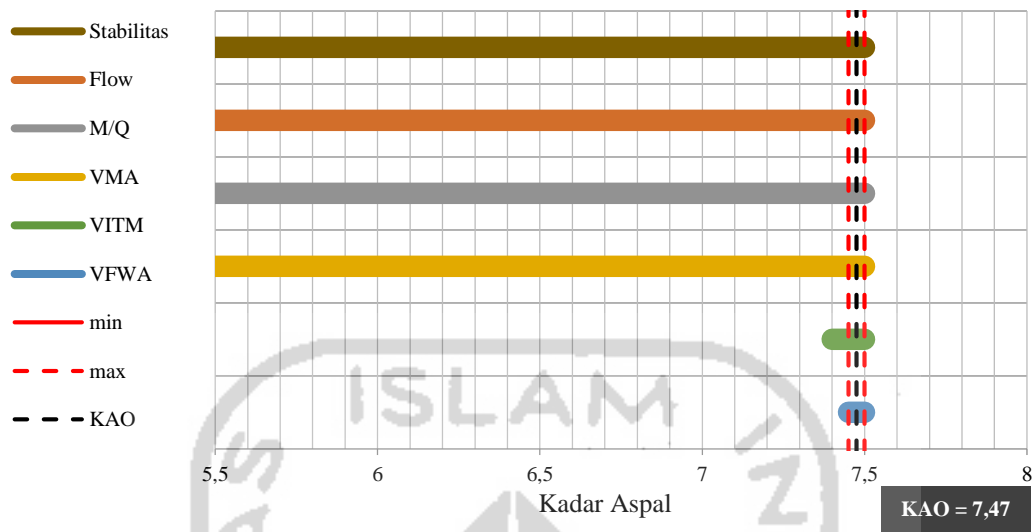
Gambar 5.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 50%

Berdasarkan Gambar 5.3 dengan substitusi agregat halus pasir Pantai Indriyanti 50% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7.41%.



Gambar 5.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 75%

Berdasarkan Gambar 5.4 dengan substitusi agregat halus pasir Pantai Indriyanti 75% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7.45%.



Gambar 5.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Indriyanti 100%

Berdasarkan Gambar 5.5 dengan substitusi agregat halus pasir pantai Indriyanti 100% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7.47%.

Rekapitulasi hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran *Split Asphalt Mastic* dengan substitusi agregat halus pasir Pantai Indriyanti dapat dilihat pada Tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum

Variasi Substitusi Pasir Pantai Indriyanti (%)	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
0	6,89	7,5	7,19
25	7,12	7,5	7,31
50	7,32	7,5	7,41
75	7,40	7,5	7,45
100	7,45	7,5	7,47

Berdasarkan Tabel 5.12, dapat disimpulkan bahwa semakin besar proporsi substitusi agregat halus pasir Pantai Indriyanti, semakin besar pula kadar aspal yang akan digunakan. Hal ini disebabkan karena berat jenis pasir Pantai Indriyanti dengan

nilai 2,8561 lebih besar dari berat jenis agregat halus Clereng dengan nilai 2,6005. Penyerapan air pasir pantai lebih besar daripada penyerapan air dari agregat halus Clereng yang mengakibatkan kebutuhan kadar aspal meningkat.

5.1.4 Kebutuhan Material Agregat pada Kadar Aspal Optimum

Adapun kebutuhan agregat pada Kadar Aspal Optimum pada masing masing proporsi campuran dapat dilihat pada Tabel 5.13 sampai Tabel 5.17

Tabel 5.13 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 0% Pasir Pantai Indrayanti Kadar Aspal Optimum 7,19%

No	Ukuran Saringan		spesifikasi		Tertahan ideal	Berat Tertahan Clereng	Persen Pasir Pantai	Lolos (%)
		mm	max	min				
1	(3/4")	19	100	100	0	0	0	100
2	(1/2")	12,5	100	90	5	55,68	0	95
3	(3/8")	9,5	75	50	37,5	361,93	0	62,5
4	(No.4)	4,75	50	30	60	250,573	0	40
5	(No.8)	2,36	30	20	75	167,04	0	25
6	(No.30)	0,6	25	13	81	66,81	0	19
7	(No.50)	0,3	20	10	85	44,54	0	15
8	(No.200)	0,075	13	8	89,5	50,11	0	10,5
9	<i>Filler</i>				100	116,93	0	0
Jumlah						1113,66	0	

Tabel 5.14 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 25% Pasir Pantai Indrayanti Kadar Aspal Optimum 7,31%

No	Ukuran Saringan		Lolos Saringan (%)		Berat Tertahan Clereng (gr)	Berat Tertahan Pasir Pantai (gr)	Berat Tertahan Pasir Pantai pada Volume Sama (gr)	Berat Tertahan Kumulatif (g)
		(mm)	Max	Min				
1	(3/4")	19	100	100	0,00	0,00	0,00	0,00
2	(1/2")	12,5	100	90	55,61	0,00	0,00	55,61
3	(3/8")	9,5	75	50	361,48	0,00	0,00	417,10
4	(No.4)	4,75	50	30	250,26	0,00	0,00	667,35
5	(No.8)	2,36	30	20	166,84	0,00	0,00	834,19
6	(No.30)	0,6	25	13	50,05	16,68	18,08	902,32
7	(No.50)	0,3	20	10	33,37	11,12	12,05	947,74
8	(No.200)	0,075	13	8	50,05	0,00	0,00	997,80
<i>Filler</i>					116,79	0,00	0,00	1,114,58

**Tabel 5.15 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 50% Pasir Pantai Indrayanti
Kadar Aspal Optimum 7,41%**

No	Ukuran Saringan		Lolos Saringan (%)		Berat Tertahan Clereng (gr)	Berat Tertahan Pasir Pantai (gr)	Berat Tertahan Pasir Pantai pada Volume Sama (gr)	Berat Tertahan Kumulatif (g)
			Max	Min				
		(mm)						
1	(3/4")	19	100	100	0,00	0,00	0,00	0,00
2	(1/2")	12,5	100	90	55,56	0,00	0,00	55,56
3	(3/8")	9,5	75	50	361,14	0,00	0,00	416,70
4	(No.4)	4,75	50	30	250,02	0,00	0,00	666,72
5	(No.8)	2,36	30	20	166,68	0,00	0,00	833,40
6	(No.30)	0,6	25	13	33,34	33,34	36,12	902,86
7	(No.50)	0,3	20	10	22,22	22,22	24,08	949,17
8	(No.200)	0,075	13	8	50,00	0,00	0,00	999,17
<i>Filler</i>					116,68	0,00	0,00	1,115,85
Jumlah (gr)								1,115,85

**Tabel 5.16 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 75% Pasir Pantai Indrayanti
Kadar Aspal Optimum 7,45%**

No	Ukuran Saringan		Lolos Saringan (%)		Berat Tertahan Clereng (gr)	Berat Tertahan Pasir Pantai (gr)	Berat Tertahan Pasir Pantai pada Volume Sama (gr)	Berat Tertahan Kumulatif (gr)
			Max	Min				
		(mm)						
1	(3/4")	19	100	100	0,00	0,00	0,00	0,00
2	(1/2")	12,5	100	90	55,53	0,00	0,00	55,53
3	(3/8")	9,5	75	50	360,95	0,00	0,00	416,48
4	(No.4)	4,75	50	30	249,89	0,00	0,00	666,36
5	(No.8)	2,36	30	20	166,59	0,00	0,00	832,95
6	(No.30)	0,6	25	13	16,66	49,98	54,16	903,77
7	(No.50)	0,3	20	10	11,11	33,32	36,11	950,98
8	(No.200)	0,075	13	8	49,98	0,00	0,00	1,000,95
<i>Filler</i>					116,61	0,00	0,00	1,117,57
Jumlah (gr)								1,117,57

**Tabel 5.17 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 100% Pasir Pantai
Indrayanti Kadar Aspal Optimum 7.47%**

No	Ukuran Saringan		Lolos Saringan (%)		Berat Tertahan Clereng (gr)	Berat Tertahan Pasir Pantai (gr)	Berat Tertahan Pasir Pantai pada Volume Sama (gr)	Berat Tertahan Kumulatif (gr)
			Max	Min				
		(mm)						
1	(3/4")	19	100	100	0,00	0,00	0,00	0,00
2	(1/2")	12,5	100	90	55,52	0,00	0,00	55,52
3	(3/8")	9,5	75	50	360,85	0,00	0,00	416,36
4	(No.4)	4,75	50	30	249,82	0,00	0,00	666,18
5	(No.8)	2,36	30	20	166,55	0,00	0,00	832,73
6	(No.30)	0,6	25	13	0,00	66,62	72,19	904,92
7	(No.50)	0,3	20	10	0,00	44,41	48,13	953,04
8	(No.200)	0,075	13	8	49,96	0,00	0,00	1,003.01
<i>Filler</i>					116,58	0,00	0,00	1,119.59
Jumlah (gr)								1,119.59

Pada Tabel 5.13 sampai pada Tabel 5.17 total kebutuhan agregat tiap variasi substitusi agregat halus pada campuran berdasarkan berat total campuran yang dikurangi berat total aspal yang dibutuhkan.

5.1.5 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt* pada Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Pasir Pantai sebagai pengganti agregat halus

Hasil pengujian campuran *Split Mastic Asphalt* pada Kadar Aspal Optimum dengan substitusi pasir Pantai Indrayanti sebagai pengganti agregat halus dengan uji *Marshall Standard*, uji *Index of Retained Strength*, uji *Indirect Tensile Strength*, dan uji *Cantabro* dapat dilihat pada Tabel 5.18 sampai Tabel 5.23

1. Pasir Pantai Indrayanti sebagai Substitusi Agregat Halus pada Pengujian *Marshall*
Hasil pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum pada setiap variasi substitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Variasi Substitusi Agregat Halus (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
0	932,48	3,63	256,82	3,65	81,47	19,67	2,278
25	887,82	3,70	240,78	3,76	81,22	20,02	2,275

Lanjutkan Tabel 5.19 Rekapitulasi Pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Variasi Substitusi Agregat Halus (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
50	835,59	3,77	222,70	4,51	78,48	20,96	2,271
75	756,58	3,83	199,25	4,67	77,80	21,04	2,247
100	756,40	3,80	199,18	4,99	77,13	21,79	2,299
Spesifikasi	≥ 750	190-300	190-300	3-5	76-82	>15	>2

Dari tabel 5.18 dapat diketahui bahwa nilai pada pengujian *Marshall* memenuhi semua spesifikasi yang ditetapkan oleh Departemen perkembangan Wilayah (1999).

2. Pasir Pantai Indrayanti sebagai Substitusi Agregat Halus pada Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength* pada kadar aspal optimum pada setiap variasi substitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Pengujian *Indirect Tensile Strength* pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Variasi Substitusi Pasir Pantai (%)	<i>ITS</i> (Kg/Cm ²)
0	10,682
25	11,224
50	10,334
75	9,716
100	8,682

Dari hasil pada Tabel 5.19 di atas dapat dilihat bahwa setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai mengalami kenaikan nilai.

3. Pasir Pantai Indrayanti sebagai Substitusi Agregat Halus pada Pengujian *Cantabro*

Hasil pengujian *Cantabro* pada kadar aspal optimum pada setiap variasi substitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Pengujian *Cantabro* pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Variasi Substitusi Pasir Pantai (%)	Kehilangan Berat (%)
0	1,916
25	2,284
50	2,487
75	5,886
100	6,649

Dapat dilihat pada Tabel 5.20 di atas setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai terjadi peningkatan persentase kehilangan berat pada campuran.

4. Pasir Pantai Indrayanti sebagai Substitusi Agregat Halus pada Pengujian *Index of Retained Strength*

Hasil pengujian *Index of Retained Strength* pada kadar aspal optimum pada setiap variasi substitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Pengujian *Index of Retained Strength* pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Substitusi Pasir Pantai (%)	Nilai IRS (%)		IDP (%)		IDK (%)	
	24 Jam	48 Jam	24 Jam	48 Jam	24 jam	48 Jam
0	96,086	67,256	0,167	1,368	1,915	16,201
25	96,379	67,197	0,154	1,370	1,848	16,231
50	94,600	63,101	0,230	1,542	2,756	18,257
75	94,223	59,073	0,246	1,951	2,949	20,250
100	93,840	58,312	0,262	1,999	2,756	20,627

Data hasil karakteristik *Marshall Standard*, *Indirect Tensile Strength*, *Cantabro loss Test*, dan *Index of Retained Strength* pada campuran *Split Mastic Asphalt* dengan penggunaan pasir pantai sebagai substitusi agregat halus dianalisis dengan menggunakan *Anova* satu arah. Hasil analisis menggunakan statistik *Anova* satu arah dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan Tabel 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Data Uji Statistik *Anova* pada Pengujian *Marshall*

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	H ₁ diterima	Signifikan
<i>Flow</i>	H ₀ diterima	Tidak Signifikan
<i>MQ</i>	H ₁ diterima	Signifikan
<i>VITM</i>	H ₁ diterima	Signifikan
<i>VFWA</i>	H ₁ diterima	Signifikan
<i>VMA</i>	H ₁ diterima	Signifikan
<i>Density</i>	H ₀ diterima	Tidak Signifikan

Tabel 5.24 Rekapitulasi Data Uji Statistik *Anova* pada Pengujian *ITS*, *Cantabro*, dan *IRS*

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
<i>ITS</i>	H ₁ diterima	Signifikan
<i>Cantabro</i>	H ₁ diterima	Signifikan
<i>IRS 24 jam</i>	H ₀ diterima	Tidak Signifikan
<i>IRS 48 Jam</i>	H ₁ diterima	Signifikan

Keterangan :

H₀ Diterima : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus campuran *Split Mastic Asphalt*.

H₁ Diterima : Terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus campuran *Split Mastic Asphalt*.

5.2 Pembahasan

Berikut merupakan pembahasan hasil pengujian karakteristik bahan susun campuran yang sudah dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia sebagai berikut.

5.2.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian menggunakan aspal dengan jenis Pertamina Pen 60/70 pengujian ini mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010. Berikut merupakan hasil pengujian karakteristik aspal tdpapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis Aspal

Nilai berat jenis aspal didapatkan dari perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama dengan temperatur tertentu. Pada pengujian ini didapatkan hasil berat jenis aspal sebesar 1.023 hasil tersebut memenuhi spesifikasi syarat dari Bina Marga tahun 2010 yaitu $> 1,00$.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai penetrasi pada aspal sehingga dapat diketahui mutu dan tingkat kekerasan aspal. Hasil pengujian penetrasi aspal Pertamina Pen 60/70 didapatkan nilai penetrasi sebesar 62,3 nilai tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu antara 60-70 mm.

3. Pengujian Daktilitas

Pengujian Daktilitas bertujuan untuk mengetahui keelastisitasan aspal dan sifat kohesi pada aspal . Hasil pengujian daktilitas sebesar 164 cm nilai tersebut sesuai dengan spesifikasi Bina Marga minimal 100 cm.

4. Titik Lembek

Pengujian bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur, pada pengujian ini didapatkan nilai sebesar 48°C . Nilai tersebut sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 48^{\circ}\text{C}$.

5. Titik Nyala

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal mulai menyala dan aspal mulai memercikan api. Hasil pengujian ini diperoleh titik nyala pada aspal sebesar 332°C . Hasil tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga sebesar $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

6. Titik Bakar

Pengujian titik bakar bertujuan untuk menunjukkan batas temperatur dimana aspal menimbulkan api. Pada pengujian ini didapatkan titik bakar sebesar 345 °C. Nilai tersebut sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

7. Kelarutan pada TCE (*Trichloroethylene*)

Pengujian TCE (*Trichloroethylene*) ini bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral lain yang ada dalam aspal. Mineral lain yang terkandung dalam aspal dapat mengganggu ikatan aspal antar agregat. Semakin besar nilai presentase kelarutannya berarti kandungan mineral lainnya dalam aspal semakin kecil. Pada pengujian ini didapatkan hasil sebesar 99,0. Nilai tersebut sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 99\%$.

5.2.2 Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat kasar. Agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon progo, berikut karakteristik dari agregat kasar.

1. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat volume agregat dan volume air pada temperature tertentu. Nilai berat jenis agregat dalam suatu campuran menentukan banyaknya pori, jika material agregat memiliki nilai berat jenis yang besar maka memiliki pori yang kecil sehingga menyebabkan kebutuhan aspal akan semakin sedikit begitu juga sebaliknya. Hasil dari pengujian agregat kasar sebesar 2,6643. Hasil dari pengujian ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 2,5$.

2. Pengujian Penyerapan Agregat Terhadap Air

Penyerapan agregat terhadap air bertujuan untuk mengetahui kemampuan agregat untuk menyerap air yang masuk melalui pori atau rongga yang terdapat dalam agregat, dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh. Agregat dengan kadar pori yang besar memiliki penyerapan yang besar dan lebih banyak membutuhkan aspal untuk mengisi pori agregat begitu juga sebaliknya. Hasil

dari pengujian sebesar 1,687. Hasil dari pengujian ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≤ 3 .

3. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian kelekatan Agregat terhadap aspal bertujuan untuk menentukan persentase luas permukaan agregat yang terselimuti aspal terhadap permukaan agregat. Hasil dari pengujian agregat kasar sebesar 97,5. Hasil dari pengujian ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 95 .

4. Pengujian Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap penghancuran (degradasi). Hasil dari pengujian sebesar 13,07. Hasil dari pengujian ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≤ 40 .

5.2.3 Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat halus. Agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon progo dan juga pasir Pantai Indrayanti yang digunakan sebagai substitusi agregat halus, berikut karakteristik dari agregat halus.

1. Pengujian Berat Jenis Agregat halus

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat satuan volume dari suatu material terhadap berat air pada volume yang sama. Hasil dari pengujian ini didapatkan nilai berat jenis agregat halus Clereng sebesar 2,6005 dan berat jenis pasir Pantai Indrayanti sebesar 2,85. Hasil pengujian kedua agregat halus tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 2,5$. Fungsi dari berat jenis mengetahui perbandingan berat yang sama dengan berat asli sehingga dapat melingkupi kebutuhan yang sama.

2. Penyerapan Agregat Terhadap Air

Penyerapan agregat terhadap air bertujuan untuk mengetahui kemampuan agregat untuk menyerap air yang masuk melalui pori atau rongga yang terdapat dalam agregat, dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh. Hasil dari pengujian ini didapatkan nilai penyerapan agregat halus Clereng terhadap air sebesar

2,25 % sedangkan penyerapan pasir Pantai Indrayanti sebesar 0,99%. Hasil pengujian kedua agregat halus tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≤ 3 . Penyerapan air pasir Pantai Indrayanti lebih kecil daripada penyerapan air agregat yang berasal dari Clereng yang menyebabkan pasir Pantai Indrayanti membutuhkan lebih banyak aspal agar bisa terselimuti.

3. Pengujian *Sand Equivalent*

Pengujian *sand equivalent* bertujuan untuk mengetahui tingkat kebersihan agregat terhadap adanya lumpur, debu ataupun kotoran lainnya yang masih ada dalam agregat. Hasil dari pengujian ini didapatkan nilai *sand equivalent* agregat halus Clereng sebesar 91,98 % sedangkan nilai *sand equivalent* pasir Pantai Indrayanti sebesar 81%. Hasil pengujian kedua agregat halus tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 50 .

5.2.4 Karakteristik Bahan Pengisi (*filler*)

Pengujian karakteristik bahan pengisi (*filler*) bertujuan untuk mengetahui karakteristik bahan pengisi (*filler*). Berikut pembahasan dari pengujian bahan pengisi.

1. Pengujian Berat Jenis Bahan Pengisi (*filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material berupa agregat halus yang lolos saringan no.200. Hasil dari pengujian berat jenis bahan pengisi (*filler*) sebesar 2,553. Hasil pengujian ini sesuai dengan spesifikasi Bina Marga ≤ 8 .

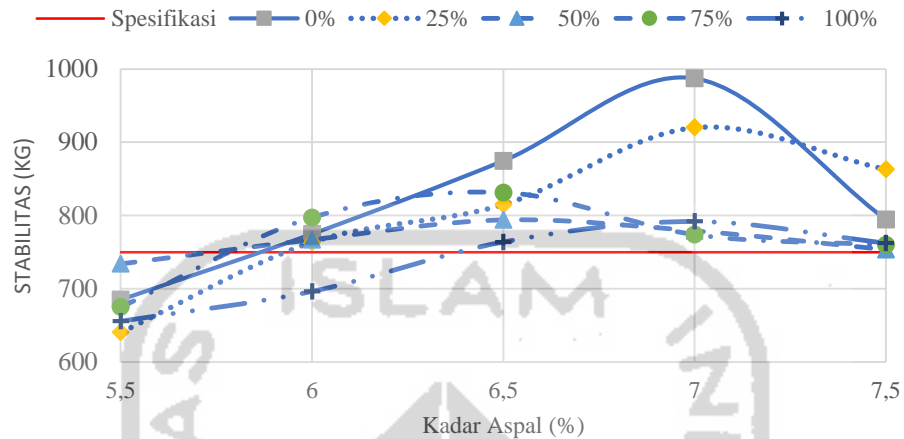
5.2.5 Hasil Peninjauan Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum (KAO) pada campuran SMA 0/11 didapatkan dengan melihat kriteria parameter pada *Marshall Standard* yaitu nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VFWA*, *VMA*, dan *VITM*. Hasil dari pengujian untuk mencari nilai KAO dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan dari suatu perkerasan untuk menahan perubahan atau deformasi akibat menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan. Faktor- faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabilitas adalah

terkstur permukaan agregat, gradasi agregat, kepadatan campuran dan kadar aspal. Hasil pengujian stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

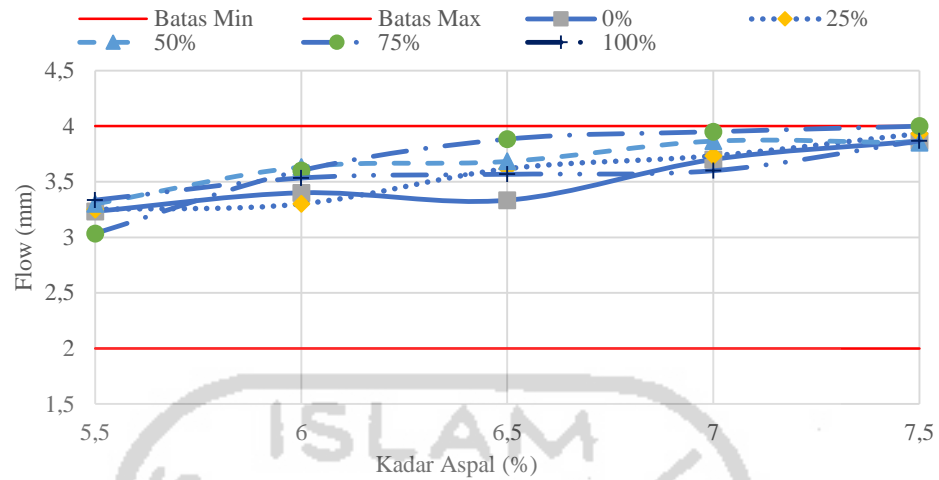


Gambar 5.6 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.6 diatas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran SMA 0/11 meningkat seiring bertambahnya kadar aspal, namun saat sudah mencapai kondisi optimum, nilai stabilitas akan menurun. Hal ini terjadi akibat semakin banyak kadar aspal menyebabkan selimut aspal menjadi tebal dan mengakibatkan gesekan antar butiran berkurang, dan juga nilai kohesi menjadi menurun antara aspal dan agregat.

2. Pengaruh Kadar Aspal *Flow*

Flow atau kelelahan merupakan indikator terhadap suatu campuran aspal dimana besarnya deformasi yang terjadi saat awal pembebanan sampai pada kondisi stabilitas menurun. Nilai *flow* yang rendah mengindikasikan campuran tersebut memiliki rongga yang tidak terisi oleh aspal sehingga durabilitasnya menurun, begitu juga sebaliknya. Nilai *flow* dipengaruhi oleh viskositas aspal, suhu, gradasi agregat, dan tingkat kepadatan campuran. Nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.

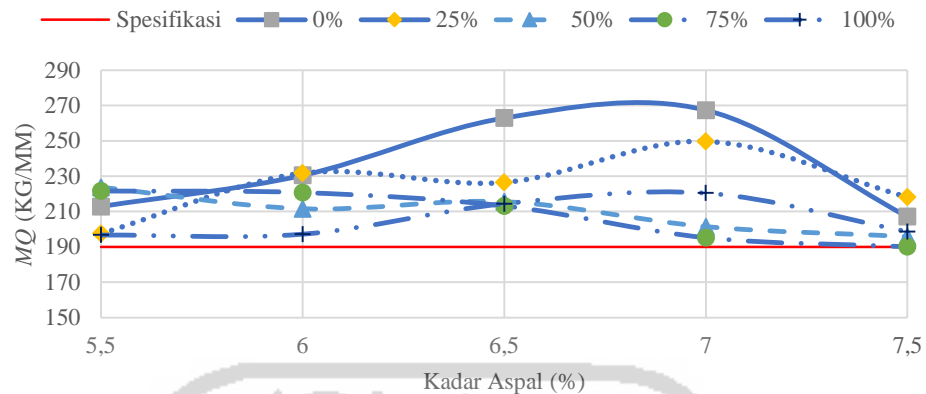


Gambar 5.7 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *flow*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.7 bahwa semakin banyak kadar aspal yang digunakan, nilai *flow* akan semakin meningkat karena dengan bertambahnya kadar aspal maka campuran akan semakin bersifat plastis, sehingga akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk saat terkena beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kadar substitusi pasir Pantai 0% memiliki nilai paling rendah, kemudian mengalami peningkatan pada kadar substitusi pasir Pantai 100%.

3. *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow* (kelelahan). Nilai *MQ* yang rendah menunjukkan campuran bersifat lentur, sedangkan nilai *MQ* yang tinggi menunjukkan jika campuran bersifat kaku. Nilai *MQ* dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.

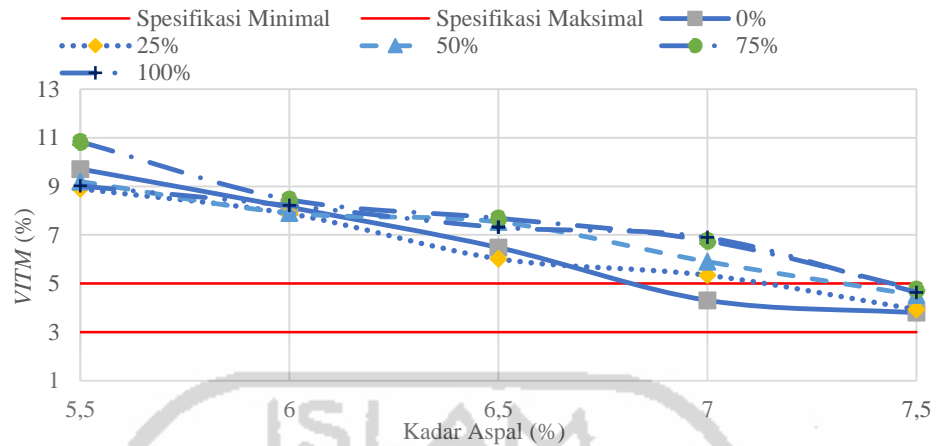


Gambar 5.8 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Marshall Quotient*

Berdasarkan grafik Gambar 5.8 secara umum nilai *MQ* mengalami kenaikan kemudian menurun. Hal ini disebabkan nilai stabilitas tinggi kemudian mengalami penurunan sedangkan nilai *flow* mengalami kenaikan setiap penambahan kadar aspal pada gambar di atas dapat dilihat bahwa campuran bersifat lentur.

4. *Void in The Mix (VITM)*

VITM adalah persentase rongga udara atau *void* yang tersisa setelah campuran dipadatkan. *VITM* dalam campuran berfungsi sebagai tempat bergesernya agregat ketika terkena beban lalu lintas dan juga untuk meloloskan air. Nilai *VITM* yang besar dapat menyebabkan campuran kedap air, sehingga dapat menyebabkan menurunkan sifat durabilitas campuran. Apabila nilai *VITM* terlalu kecil maka dapat menyebabkan *bleeding* terhadap campuran. Nilai *VITM* dapat dilihat pada Gambar 5.9 sebagai berikut.

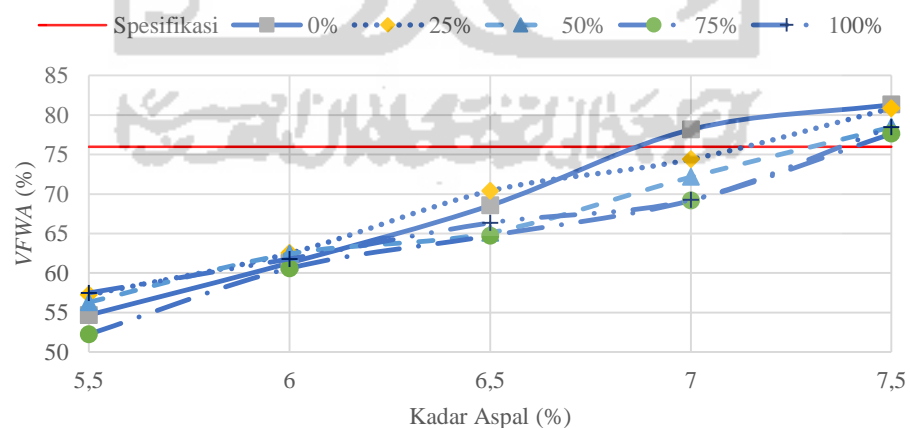


Gambar 5.9 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Void In The Mix

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.9 dapat dilihat bahwasannya dengan bertambahnya kadar aspal nilai *VITM* akan semakin menurun ini disebabkan terisinya rongga- rongga atau *void* dalam campuran oleh aspal.

5. *Void Filled with Asphalt (VFWA)*

Void Filled with Asphalt (VFWA) adalah persentase rongga – rongga atau *void* yang dapat terisi oleh aspal. Nilai *VFWA* yang semakin tinggi menyebabkan campuran semakin kedap air dan udara disebabkan oleh selimut aspal yang tebal. Nilai *VFWA* dapat dilihat pada grafik Gambar 5.10 sebagai berikut.

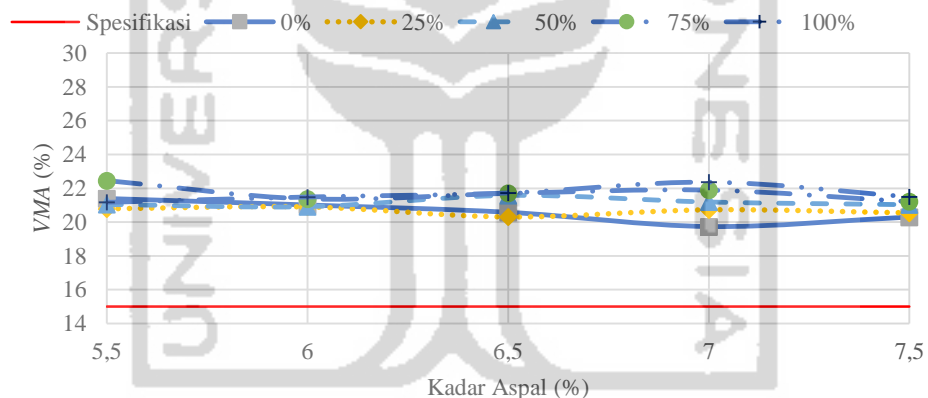


Gambar 5.10 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Void Filled With Asphalt

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar aspal nilai *VFWA* semakin meningkat karena rongga atau *void* dalam campuran terisi oleh aspal, campuran semakin kedap air dan menjadi lebih fleksibel.

6. *Void Mineral Aggregate (VMA)*

Void Mineral Agregate (VMA) atau rongga di antara mineral agregat adalah persentase rongga udara yang ada di antara butiran agregat dalam campuran yang sudah dipadatkan. Fungsi *VMA* dalam campuran sebagai ruang untuk menampung aspal dan rongga udara yang dibutuhkan dalam campuran. Nilai *VMA* akan semakin naik beriringan dengan bertambah banyaknya kadar aspal, dan semakin tinggi nilai *VMA* maka campuran akan semakin kedap terhadap air. Nilai *VMA* dapat dilihat pada grafik Gambar 5.11 sebagai berikut.



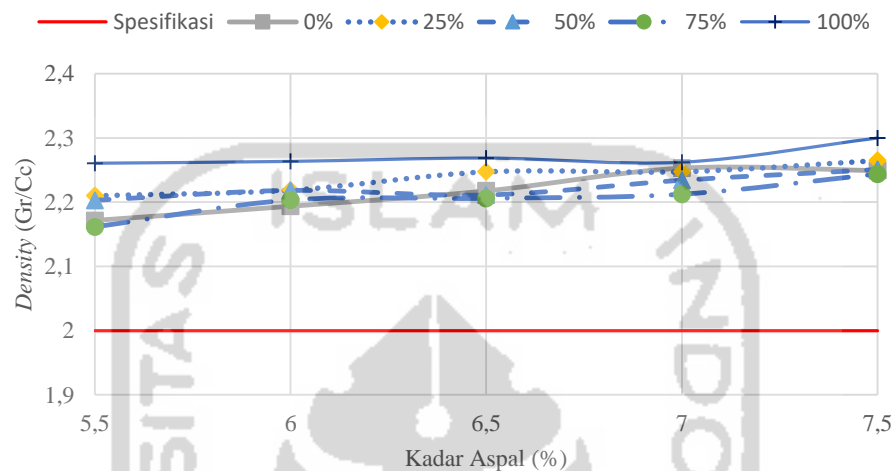
Gambar 5.11 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Void Mineral Aggregate*

Berdasarkan grafik Gambar 5.11 di atas dapat dilihat bahwa secara umum nilai *VMA* mengalami penurunan sampai pada kondisi optimum disebabkan oleh aspal mengisi rongga yang ada. Kemudian mengalami peningkatan nilai *VMA* yang diakibatkan oleh selimut aspal menjadi lebih tebal sehingga jarak rongga antara agregat semakin besar. Nilai *VMA* memenuhi spesifikasi Bina Marga yang sudah ditentukan.

7. *Density* (kepadatan)

Density merupakan nilai kepadatan campuran pada satuan volume, semakin banyak kadar aspal yang digunakan semakin padat dan rapat. Nilai *density*

dipengaruhi beberapa faktor seperti gradasi bahan, temperature pemadatan, jumlah pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. Berikut Nilai *density* pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.12 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Density*

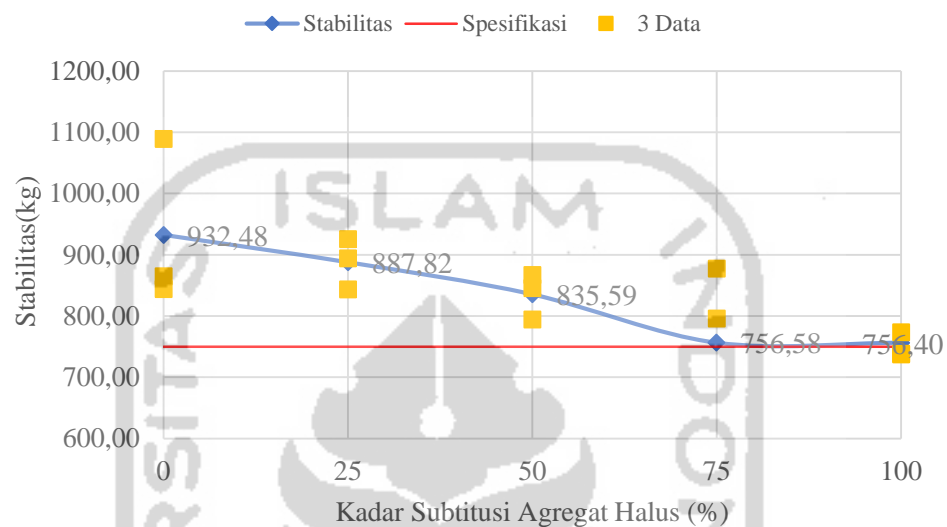
Nilai *density* pada grafik Gambar 5.12 umumnya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Meningkatnya nilai *density* menunjukkan campuran memiliki kepadatan yang baik sehingga mampu melayani beban dengan baik.

5.2.6 Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum Campuran *Split Mastic Asphalt 0/11* dengan Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* pada campuran SMA 0/11 dengan substitusi pasir Pantai Indrayanti. Berdasarkan pengujian berat jenis nilai berat jenis pasir Pantai lebih besar daripada nilai berat jenis agregat Clereng, hal ini akan berpengaruh terhadap campuran aspal.

Berikut adalah hasil pengujian pengaruh penggunaan pasir Pantai Indrayanti sebagai substitusi agregat halus dengan nilai KAO yang sudah didapatkan sebagai berikut.

1. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus terhadap Nilai Stabilitas
Hasil dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai stabilitas dari pasir pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran SMA 0/11 pada Gambar 5.13 sebagai berikut.



Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Stabilitas

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.13 di atas bahwa nilai stabilitas pada campuran SMA 0/11 mengalami penurunan setiap kali ada penambahan variasi substitusi pasir pantai, ini dikarenakan aspal kurang menyelimuti agregat. Penurunan nilai stabilitas pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai disebabkan permukaan agregat pasir pantai lebih halus sehingga ikatan antara pasir pantai dan aspal lebih rendah dibandingkan dengan agregat halus yang berasal dari Clereng yang memiliki tekstur permukaan yang lebih kasar. Besarnya penambahan variasi substitusi pasir pantai menyebabkan nilai stabilitasnya semakin rendah.

Hal ini sejalan dengan penelitian Arifiardi, dkk (2016) yang menggunakan pasir pantai Carita sebagai agregat halus dengan campuran AC-WC. Penurunan nilai stabilitas disebabkan oleh tekstur pasir pantai carita yang cenderung bulat sehingga tidak saling mengunci antar agregat. Hal ini sejalan dengan penelitian Priyowardono (2004) yang menggunakan pasir pantai Parangtritis sebagai

agregat halus. Penurunan nilai stabilitas sebesar 18,88% yang dihitung dari substitusi 0% hingga 100% dan pengujian menggunakan statistik *Anova* menunjukkan signifikan. Gambar tekstur permukaan pasir pantai dan agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15

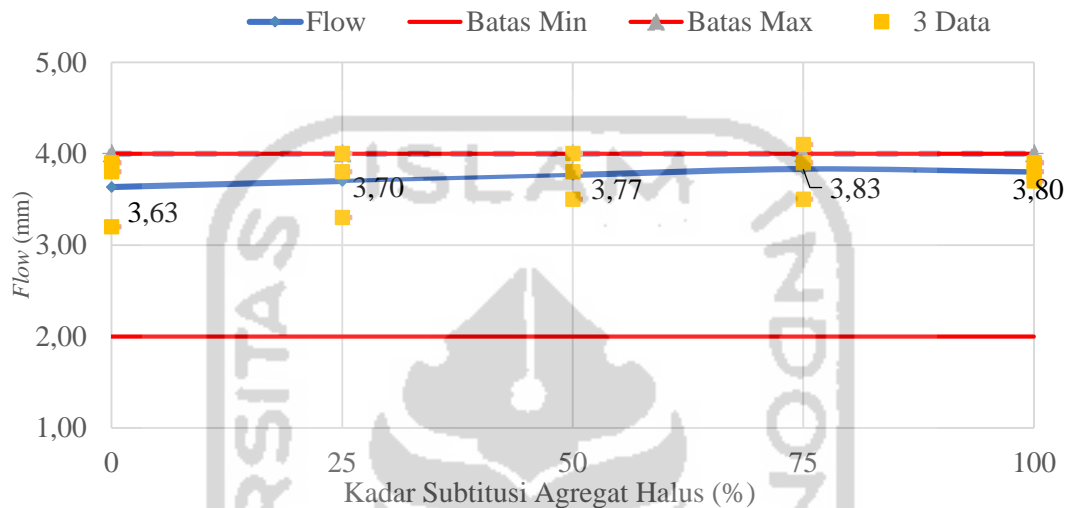


Gambar 5.14 Tekstur Permukaan Pasir Pantai



Gambar 5.15 Tekstur Permukaan Agregat Halus Clereng, Kulon Prgo

2. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus terhadap Nilai *Flow*
- Hasil dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai *flow* dari pasir Pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran SMA 0/11 pada Gambar 5.16 sebagai berikut.

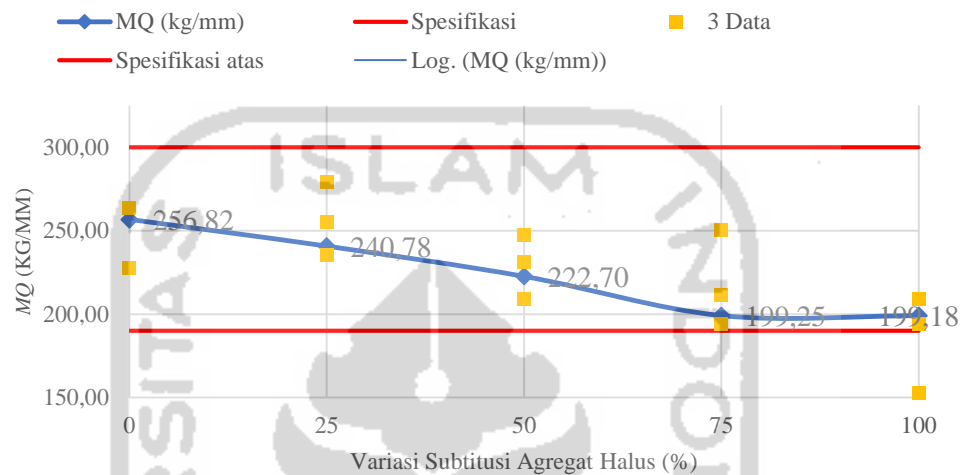


Gambar 5.16 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai *Flow*

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.14 diatas bahwa nilai *flow* pada campuran SMA 0/11 umumnya mengalami kenaikan setiap penambahan variasi substitusi agregat halus dikarenakan setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai kadar aspal yang digunakan juga semakin tinggi, penggunaan kadar aspal yang tinggi disebabkan permukaan agregat pasir pantai yang cenderung lebih halus daripada agregat halus Clereng sehingga dibutuhkan kadar aspal yang tinggi untuk menyelimuti akan tetapi dengan penggunaan kadar aspal yang tinggi bisa mengakibatkan mudah terjadinya *bleeding*. Campuran dengan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan campuran lebih plastis dan cenderung mudah mengalami deformasi. Hal ini sejalan dengan penelitian pataras, dkk (2017) yang menggunakan pasir pantaidan Kusharto (2004), Peningkatan nilai *flow* menunjukkan jika campuran SMA 0/11 lentur dan plastis. Perubahan nilai dengan statistik *Anova* menunjukkan tidak signifikan.

3. Analisis Pengaruh Variasi Subtitusi Agregat Halus terhadap Nilai *Marshall Quotient (MQ)*

Hasil dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai *MQ* dari pasir pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran SMA 0/11 pada Gambar 5.17 sebagai berikut.

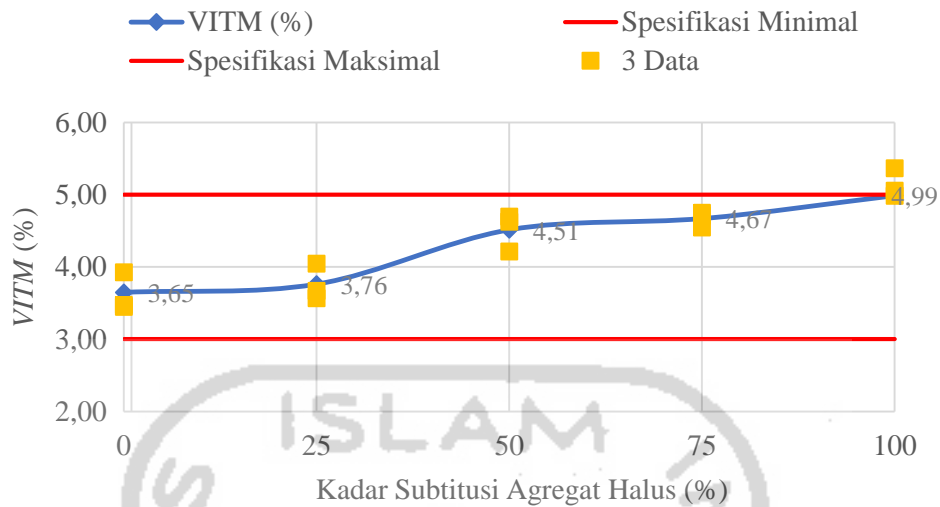


Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Subtitusi Agregat Halus Terhadap Nilai *MQ*

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.17 dapat dilihat nilai *MQ* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir Pantai sebagai agregat halus mengalami penurunan namun tetap masuk dalam spesifikasi yang disyaratkan. Hal ini berbeda dengan penelitian Arifiardi (2016) dengan penambahan variasi pasir pantai pada campuran AC- WC nilai *MQ* pada substitusi 0% dan 50% masih memenuhi spesifikasi sedangkan pada substitusi 100% tidak masuk dalam spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga. Penurunan nilai stabilitas sebesar 22,44% yang dihitung dari substitusi 0% hingga 100% Perubahan nilai dengan statistik *Anova* menunjukkan signifikan.

4. Analisis Pengaruh Kadar Subtitusi Agregat Halus terhadap Nilai *Void In The Mix (VITM)*

Hasil dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai *VITM* dari pasir Pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran SMA 0/11 pada Gambar 5.18 sebagai berikut.

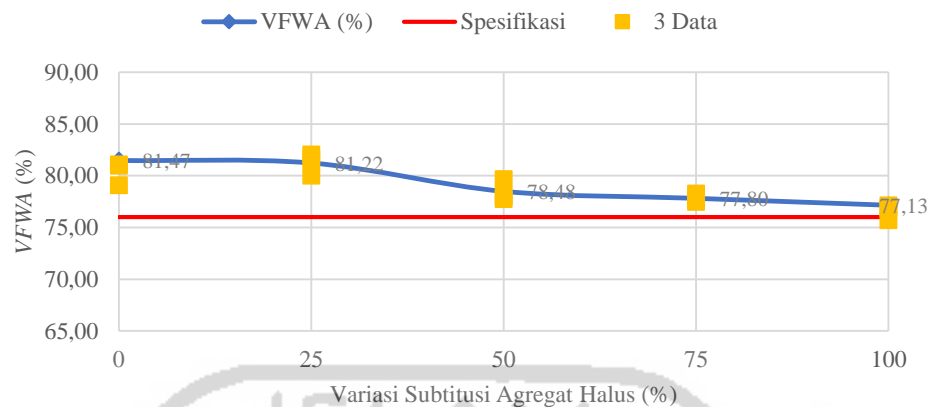


Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai *VITM*

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.18 dapat dilihat nilai *VITM* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus mengalami kenaikan yang menunjukkan bahwa rongga dalam campuran semakin besar setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai. Hal ini dikarenakan aspal kurang menyelimuti pasir pantai dan juga pasir pantai sulit mengisi rongga yang ada akibat bentuk pasir pantai yang cenderung bulat dan halus. Nilai *VITM* yang besar, mengindikasikan nilai porositas yang terdapat dalam campuran juga besar yang menyebabkan campuran mudah dilalui oleh air. Hal ini sejalan dengan penelitian Arifiardi, dkk (2016) bahwa nilai *VITM* pada variasi substitusi agregat 0%, 50%, dan 100% mengalami kenaikan yang disebabkan campuran pasir pantai karena tekstur pasir pantai cenderung bulat. Pada variasi substitusi 50% terjadi kenaikan nilai *VITM* sebesar 26,85% dan hasil uji dengan statistik *Anova* menunjukkan signifikan.

5. Analisis Pengaruh Kadar Substitusi Agregat Halus terhadap Nilai *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Hasil dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai *VFWA* dari pasir pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran *SMA 0/11* pada Gambar 5.19 sebagai berikut.

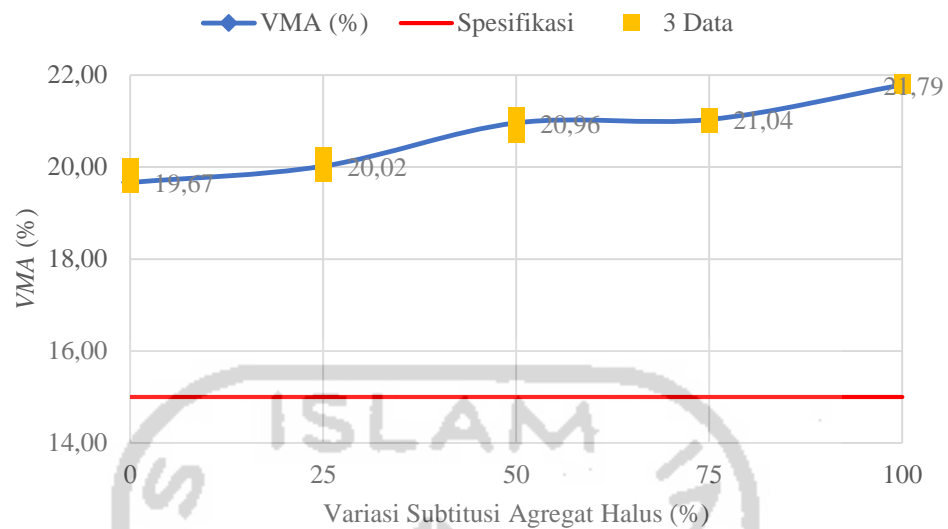


Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai VFVA

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.19 dapat dilihat nilai VFVA pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus mengalami penurunan setiap penambahan variasi substitusi pasir Pantai Indrayanti, dikarenakan aspal yang menyelimuti agregat semakin tipis dalam penambahan variasi substitusi pasir pantai dikarenakan kandungan garam yang terdapat pada pasir Pantai Indrayanti dalam campuran menyerap air. Nilai VFVA yang rendah akan menyebabkan kedepannya terhadap air semakin berkurang dan dapat mengakibatkan daya tahan pada campuran berkurang. Hal ini sesuai dengan penelitian Priyowardano (2004) yang menggunakan pasir pantai Parangtritis dan penelitian Arifriadi (2016) yang menggunakan pasir Pantai Carita. Hasil uji dengan statistik *Anova* menunjukkan signifikan.

6. Analisis Pengaruh variasi substitusi Agregat Halus terhadap Nilai *Void Mineral Aggregate (VMA)*

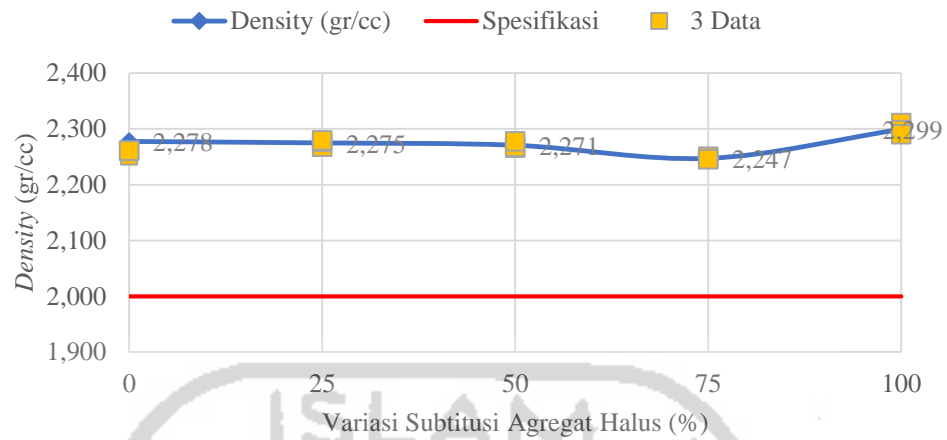
Hasil dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai VMA dari pasir pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran SMA 0/11 pada Gambar 5.20 sebagai berikut.



Gambar 5.20 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai VMA

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.20 dapat dilihat nilai *VMA* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir Pantai Indrayanti sebagai agregat halus mengalami Kenaikan, hal ini dikarenakan pasir pantai tidak mengisi rongga rongga yang ada sehingga mengakibatkan kemampuan *interlocking* pada campuran berkurang. Hal ini sesuai dengan penelitian Arifriardi (2016) dan Pataras, dkk (2017) bahwa nilai *VMA* pada variasi substitusi agregat 0%, 50%, dan 100% mengalami kenaikan namun tetap masuk dalam spesifikasi yang sudah ditentukan. Peningkatan nilai *VMA* terjadi sebesar 10,77% dan analisis statistik *Anova* menunjukkan hasil signifikan.

- Analisis Pengaruh Kadar Substitusi Agregat Halus terhadap Nilai *Density*
Hasil dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai *Density* dari pasir pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran SMA 0/11 pada Gambar 5.21 sebagai berikut.



Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai *Density*

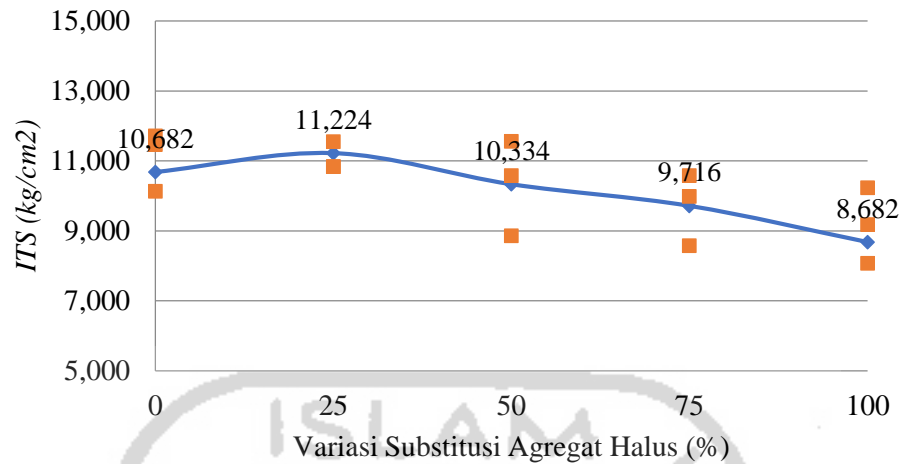
Berdasarkan grafik dari Gambar 5.21 dapat dilihat nilai *Density* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus mengalami Kenaikan, yang artinya semakin padatnya campuran penelitian ini sejalan dengan penelitian Kusharto (2004) bahwa nilai *Density* pada mengalami kenaikan namun tetap masuk dalam spesifikasi yang sudah ditentukan. Perubahan nilai dengan statistik *Anova* menunjukkan signifikan.

Hasil dari pengujian *Marshall* pada Tabel 5.18 dapat diketahui bahwa nilai pada pengujian *Marshall* memenuhi semua spesifikasi yang ditetapkan oleh Departemen perkembangan Wilayah (1999).

5.2.7 Karakteristik pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* pada Kadar Aspal

Optimum Campuran *Split Mastic Asphalt 0/11* dengan Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Indirect Tensile Strength (ITS) merupakan pengujian yang tujuannya untuk mengetahui nilai gaya Tarik dari campuran beraspal akibat beban lalu lintas. Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* terhadap variasi substitusi pasir Pantai dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut.

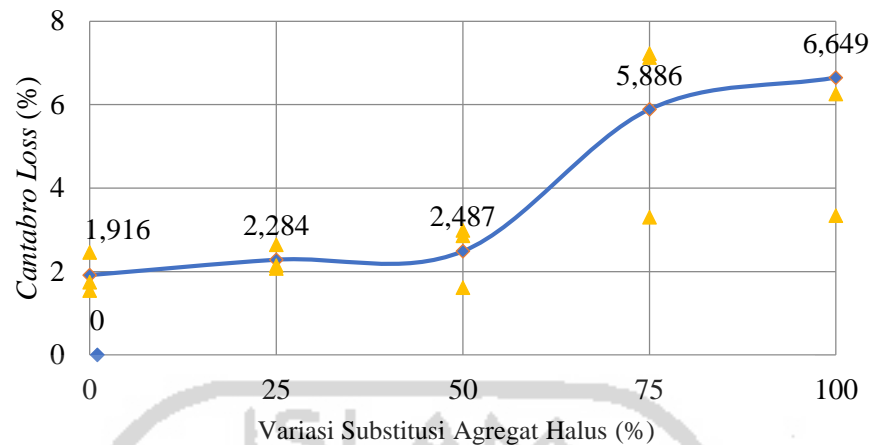


Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Terhadap Nilai *Indirect Tensile Strength* (ITS)

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.22 dapat dilihat nilai pengujian *ITS* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir Pantai Indrayanti sebagai agregat halus mengalami penurunan kinerja, hal ini dikarenakan aspal yang menyelimuti agregat tipis sehingga mempengaruhi campuran yang menyebabkan campuran menjadi mudah retak. Tekstur permukaan pasir pantai yang lebih halus menyebabkan campuran mudah lepas karena tarik dikarenakan ikatan antar agregat dan aspal menurun. Hal ini sejalan dengan penelitian Sunarjono dan Samantha (2012) yang melakukan analisis menggunakan campuran *SMA 0/11* dengan hasil nilai *ITS* yang terus meningkat kemudian nilai *ITS* menurun. Hasil uji menggunakan *anova* menunjukkan hasil signifikan.

5.2.8 Karakteristik pengujian *Cantabro loss* pada Kadar Aspal Optimum Campuran *Split Mastic Asphalt 0/11* dengan Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Cantabro loss merupakan pengujian yang tujuannya untuk mengetahui nilai gaya Tarik dari campuran beraspal akibat beban lalu lintas. Hasil pengujian *Cantabro* terhadap variasi substitusi pasir Pantai dapat dilihat pada Gambar 5.23 berikut.



Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Terhadap Nilai *Cantabro loss*

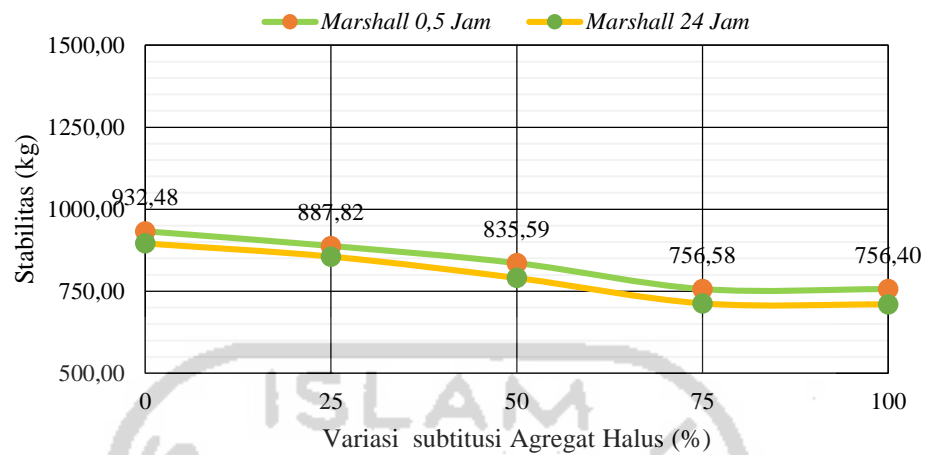
Berdasarkan grafik dari Gambar 5.23 dapat dilihat nilai pengujian *Cantabro loss* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir Pantai Indrayanti sebagai agregat halus mengalami kenaikan, yang berarti semakin besar penambahan variasi pasir pantai ketahanan terhadap disintegrasi kurang baik yang menyebabkan kehilangan berat yang meningkat. Tekstur permukaan pasir pantai yang lebih halus menyebabkan campuran mudah lepas karena benturan dikarenakan ikatan antar agregat dan aspal menurun. Hasil signifikansi dengan statistik *Anova* disimpulkan penggunaan pasir pantai sebagai substitusi agregat halus signifikan terhadap nilai *cantabro*.

5.2.9 Karakteristik pengujian *Immersion Test* pada Kadar Aspal Optimum Campuran *Split Mastic Asphalt 0/11* dengan Substitusi Pasir Pantai Indrayanti

Pengujian rendaman (*Immersion Test*) bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Hasil dari pengujian *immersion* sebagai berikut.

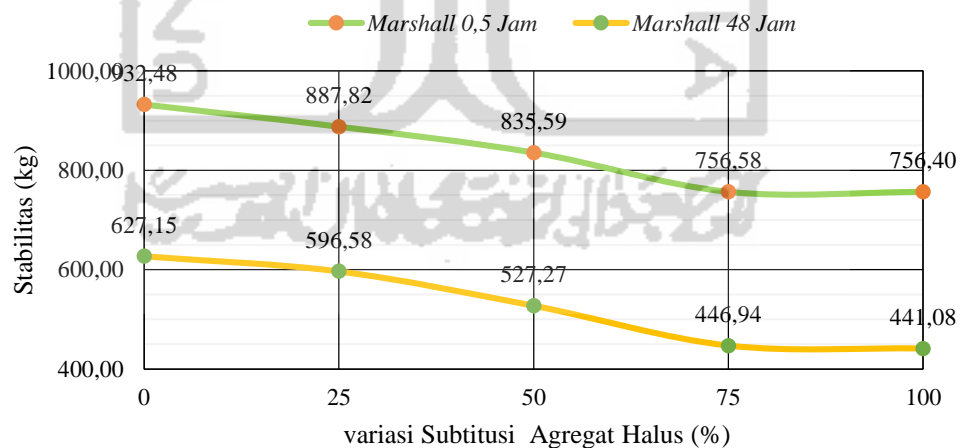
1. Stabilitas Rendaman

Stabilitas rendaman adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat adanya perubahan air, suhu, dan cuaca. perendaman dibedakan menjadi 3 jenis yaitu, perendaman di *waterbath* selama 0,5 jam, 24 jam, dan 48 jam dengan masing masing suhu sebesar 60°C. Berikut adalah hasil pengujian rendaman dilihat pada Gambar 5.24 sampai Gambar 5.25 berikut.



Gambar 5.24 Grafik Pengaruh Subtitusi pasir Terhadap Nilai Stabilitas Perendaman 24 Jam

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.24 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada *marshall* rendaman 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan *Marshall* standar (0,5 jam). Hal ini dikarenakan proses perendaman yang selamawaktu 24 jam menyebabkan air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.



Gambar 5.25 Grafik Pengaruh Subtitusi pasir Terhadap Nilai Stabilitas Perendaman 24 Jam

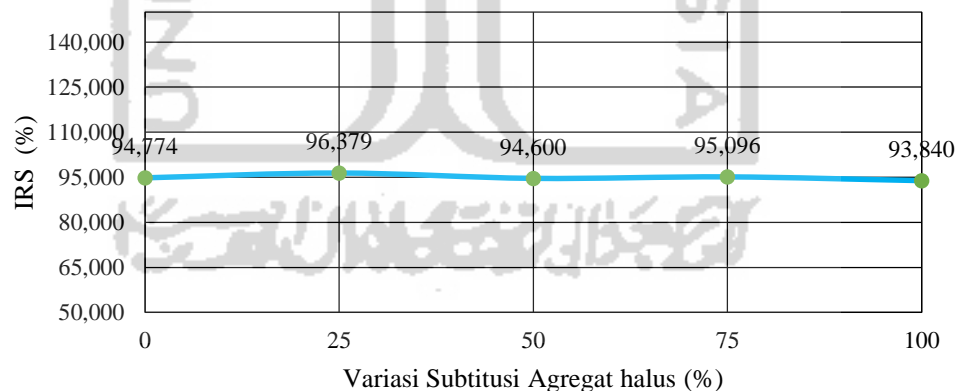
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.25 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada *Marshall* rendaman 48 jam jauh lebih rendah dibandingkan dengan *Marshall*

standar (0,5 jam) dan juga 24jam., dan juga nilai rendaman 48 jam tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga yang sudah ditentukan. Hal ini dikarenakan proses perendaman yang selama waktu 48 jam menyebabkan air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

Dapat disimpulkan bahwa lama waktu rendaman mempengaruhi nilai stabilitas yang terdapat dalam campuran SMA 0/11 dengan substitusi pasir pantai sebagai agregat halus.

2. *Indirect of Retained Strength (IRS)*

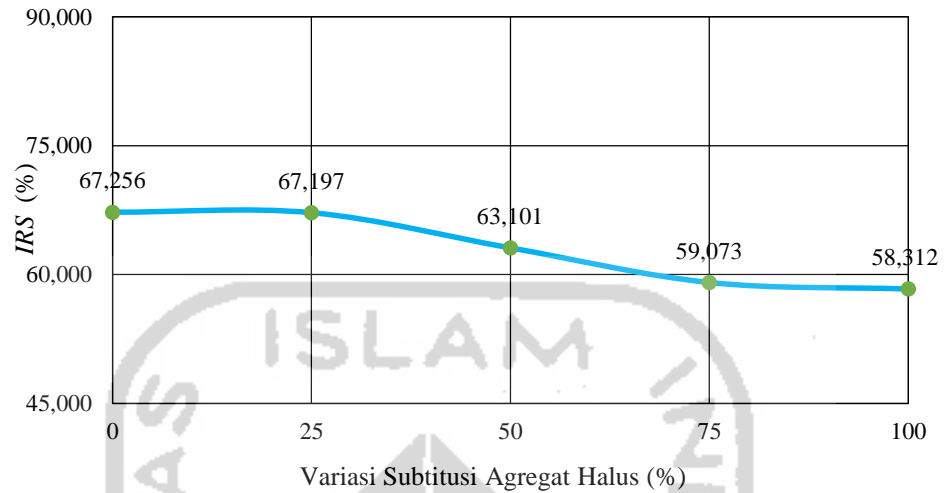
Indirect of Retainde Strength (IRS) adalah angka untuk mengevaluasi keawetan suatu campuran dan mengetahui nilai Indeks durabilitas pertama (IDP) dan indeks durabilitas kedua (IDK) dengan membandingkan kekuatan tekan benda uji yang direndam dengan air selama 0,5 jam terhadap perendaman 24 jam serta perendaman 0,5 jam terhadap 48 jam pada suhu 60°C. Grafik nilai *IRS* akibat pengaruh variasi substitusi pasir Pantai dilihat pada Gambar 5.26 sampai Gambar 5.25



Gambar 5.26 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Terhadap Nilai *IRS* Perendaman 24 Jam

Dari grafik Gambar 5.26 nilai *IRS* perendaman 0,5 jam dibandingkan 24 jam mendapatkan nilai *IRS* pada setiap variasi Substitusi substitusi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% sebesar 94.77%, 96,37%, 94,60%, 95,09%, dan 93.84 dimana nilai tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 90%.

Perubahan nilai dengan statistik *Anova* menunjukkan tidak signifikan.

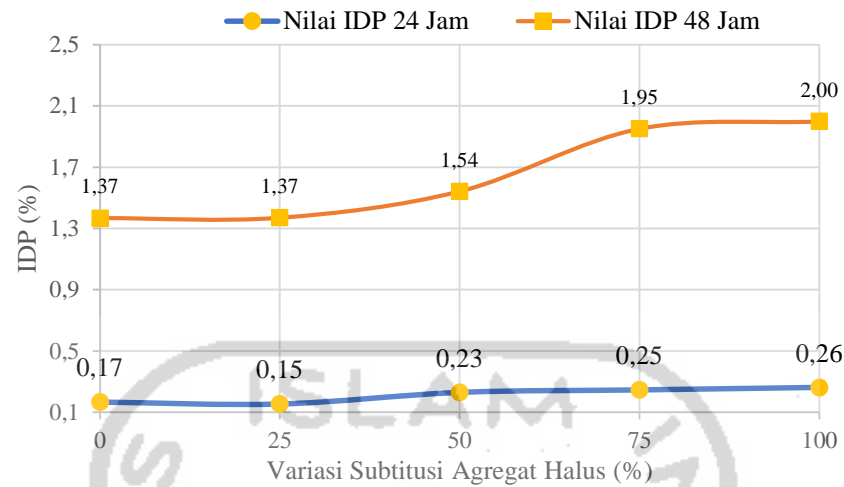


Gambar 5.27 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Terhadap Nilai IRS Perendaman 48 Jam

Dari grafik Gambar 5.27 nilai *IRS* perendaman 0,5 jam dibandingkan 48 jam mendapatkan nilai *IRS* pada setiap variasi Substitusi substitusi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% sebesar 67.256%, 67,197%, 63,101%, 59,073%, dan 58,312 Hal ini menunjukkan bahwa waktu rendaman sangat mempengaruhi kualitas campuran terhadap durabilitasnya. Analisis dengan statistik *Anova* menunjukkan signifikan.

3. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks durabilitas pertama (IDP) menunjukkan hilangnya presentase kekuatan selama perendaman, berikut adalah grafik hasil dari IDP selama 24 jam, dan 48 jam pada Gambar 5.28 .

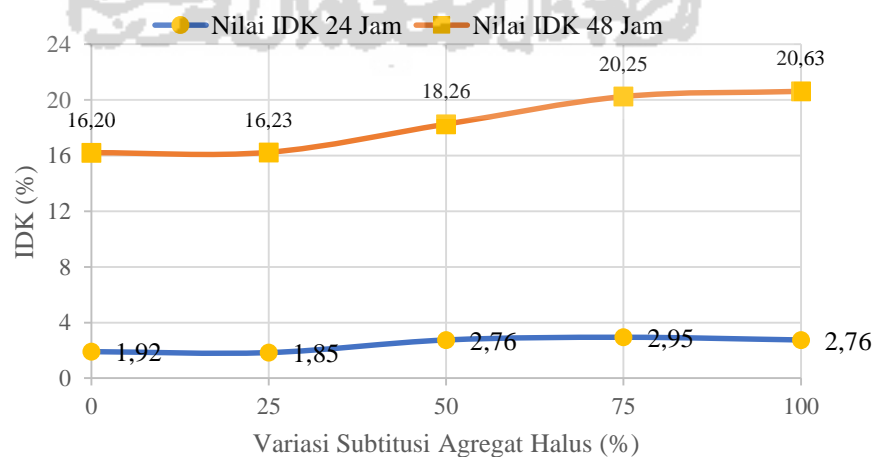


Gambar 5.28 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Pantai Terhadap Nilai indeks Durabilitas Pertama

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.28 di atas dapat dilihat nilai IDP 24 jama pada perendaman mengalami kenaikan yang mengindikasikan hilangnya kekuatan pada penambahan variasi substitusi agregat halus, begitu juga Pada nilai IDP 48 jam terjadi kenaikan nilai IDP.

4. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks durabilitas kedua merupakan indikator lain yang dapat digunakan untuk melihat tingkat durabilitas campuran aspal selain nilai *IRS* dan IDP. Berikut adalah hasil grafik dari nilai IDK pada Gambar 5.29 berikut ini.



Gambar 5.29 Grafik Pengaruh Substitusi pasir Pantai Terhadap Nilai indeks Durabilitas Kedua

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.29 di atas dapat dilihat nilai IDK sebesar pada perendaman mengalami kenaikan yang mengindikasikan hilangnya kekuatan pada penambahan variasi substitusi agregat halus. Pada nilai IDK 48 jam terjadi kenaikan nilai IDK.

5.3 Tinjauan Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* dengan Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan mendapatkan kesimpulan berupa berat jenis agregat halus pasir Pantai Indrayanti yang lebih besar dari berat jenis agregat halus dari Clereng, penyerapan air dari pasir Pantai yang lebih kecil dari penyerapan air agregat halus Clereng yang menyebabkan penurunan kinerja pada pengujian *Marshall*, pengujian *IRS*, pengujian *ITS*, pengujian *Cantabro* seiring dengan penambahan variasi substitusi agregat halus. Berikut merupakan hasil rekapitulasi hasil pengujian pengujian pada penggunaan pasir Pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran *Split Mastic Asphalt* dapat dilihat pada Tabel 5.24 di bawah ini.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pasir Pantai Indrayanti sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran *Split Mastic Asphalt*

Parameter	Kadar Pasir Pantai (%)					Statistik <i>Anova</i>	Spesifikasi
	0	25	50	75	100		
Stabilitas (Kg)	932,48	887,82	835,59	756,58	756,40	Signifikan	Memenuhi
<i>Flow</i> (mm)	3,63	3,70	3,77	3,83	3,80	Tidak Signifikan	Memenuhi
<i>MQ</i> (kg/mm)	256,82	240,78	222,70	199,25	199,18	Signifikan	Memenuhi
<i>VITM</i> (%)	3,65	3,76	4,51	4,67	4,99	Signifikan	Memenuhi
<i>VFWA</i> (%)	81,47	81,22	78,48	77,80	77,13	Signifikan	Memenuhi
<i>VMA</i> (%)	19,67	20,02	77,80	21,04	21,79	Signifikan	Memenuhi
<i>Densiy</i> (gr/cc)	2,27	2,275	77,13	2,24	2,29	Signifikan	Memenuhi

**Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pasir Pantai
Indrayanti sebagai Subtitusi Agregat Halus pada Campuran *Split Mastic*
*Asphalt***

Parameter	Kadar Pasir Pantai (%)					Statistik <i>Anova</i>	Spesifikasi
	0	25	50	75	100		
<i>ITS</i> (Kg/cm ²)	10,68	11,22	10,33	9,71	8,68	Signifikan	-
<i>Cantabro loss</i> (%)	1,91	2,28	2,48	5,88	6,64	Signifikan	Memenuhi
<i>IRS 24 Jam</i> (%)	96,08	96,37	94,60	94,22	93,84	Tidak Signifikan	Memenuhi
<i>IRS 48 Jam</i> (%)	67,25	67,19	63,10	59,07	58,31	Signifikan	-

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt* 0/11 substitusi pasir Pantai sebagai agregat halus dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari Pengujian sifat fisik pasir dari Pantai Indrayanti menunjukkan bahwa nilai berat jenis pasir Pantai Indrayanti 2,85, nilai penyerapan air pada pasir pantai Indrayanti sebesar 0,99% dan nilai pada pengujian *sand equivalent* pada pasir Pantai Indrayanti sebesar 81%. Hasil dari sifat fisik pasir Pantai Indrayanti memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan Bina Marga 2010 sehingga dapat digunakan sebagai pengganti dalam campuran aspal.
2. Nilai Stabilitas, *flow*, *MQ*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *density* pada karakteristik Marshall memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Semakin bertambahnya nilai variasi pasir pantai sebagai substitusi agregat halus, Nilai Stabilitas dan *MQ* mengalami penurunan setiap penambahan variasi pasir pantai dari 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai *low* mengalami kenaikan seiring dengan penambahan variasi substitusi pasir pantai. Nilai *VFWA* mengalami penurunan setiap penambahan variasi pasir pantai dari 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai *VITM* dan nilai *VMA* mengalami kenaikan seiring bertambahnya variasi substitusi pasir Pantai. Semakin bertambahnya kadar variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus, kinerja campuran aspal mengalami penurunan.
3. Nilai kuat tarik tak langsung pada uji *Indirect Tensile Strength (ITS)* dengan semakin bertambahnya variasi substitusi pasir Pantai Indrayanti mengalami penurunan yang mengindikasikan bahwa campuran mudah mengalami retak. Hal ini disebabkan aspal yang menyelimuti agregat tipis sehingga menyebabkan campuran menjadi mudah retak. permukaan pasir pantai

yang lebih halus menyebabkan campuran mudah lepas karena tarik dikarenakan ikatan antar agregat dan aspal menurun.

4. Ketahanan campuran pada disintegrasi pada uji *Cantabro* dengan Semakin bertambahnya variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus kinerja campuran aspal mengalami kenaikan, yang mengindikasikan bahwa campuran semakin mengalami disintegrasi. Disebabkan oleh permukaan pasir pantai yang lebih halus menyebabkan campuran mudah lepas karena benturan dikarenakan ikatan antar agregat dan aspal menurun. Nilai *Cantabro loss* pada semua variasi substitusi pasir Pantai Indrayanti memenuhi spesifikasi yang sudah syaratkan Bina Marga 2010 < 20
5. Nilai durabilitas pada uji *IRS* dengan semakin bertambahnya variasi substitusi pasir Pantai Indrayanti mengalami kenaikan untuk nilai durabilitas pada perendaman 24 jam masuk dalam spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010. Berbeda dengan perendaman campuran dengan durasi 48 jam pada semua variasi substitusi pasir pantai mengalami penurunan nilai durabilitas artinya lama rendaman mempengaruhi nilai durabilitas pada campuran.

6.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan, maka diperoleh beberapa saran sebagai berikut.

1. Penggunaan pasir pantai bisa digunakan sebagai alternatif pengganti agregat halus Clereng sampai pada variasi substitusi 100%.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait kandungan mineral yang terdapat pada pasir Pantai Indrayanti.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait penggunaan pasir Pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F., Husnan, F., & Abudi, R. K. (2013). Kajian Penggunaan Pasir Gunung Donggala Sebagai Agregat Halus Pada Lapis Pondasi Bawah Jalan Raya. *The 16th FSTPT International Symposium, UMS Surakarta, 1-3 Nov.*
- Arifiardi, I., Hadi, W., & Purnomo, A. (2016). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapis Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter Marshall. *Jurnal Menara jurusan Teknik Sipil FT.UNJ*, 112-127.
- Bestari, A. (2013). Studi Penggunaan Pasir Pantai Bakau Sebagai Campuran Aspal Beton Jenis Hot Rolled Sheet (HRS). *Anterior Jurnal*, 2, 13-22.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum 2010 divisi 6*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Hadiastari, I. G. (2018). Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11 Dengan Filler Abu Sekam Padi Akibat Lama Rendaman Air Laut. *Universitas Islam Indonesia*.
- Halim, A. K. (2013). *Perancangan Laboratorium Dengan Menggunakan BNA Blend 75:25:10 R Pada Campuran Split Mastic Asphalt*. Yogyakarta: (Tidak Diterbitkan) Universitas Gadjah Mada.
- Kusharto, H. (2004). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Terhadap Sifat Marshall Dalam Campuran Beton Aspal. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 91-99.
- Lake, A. G., Djakfar, L., & Zaika, Y. (2010). Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt Dengan Beberapa Material Dari Kalimantan. *Jurnal Rekayasa Sipil/Volume, 4 No.3-2010 ISSN 1978-5658*, 175-184.

- Pataras, M., Astira, I. F., Rankuti, P., & Roynaldo, B. (2017). Analisis Penggunaan Pasir Pantai, Darat, Dan Sungai Terhadap Kinerja Laston dan Lataston Wearing Course. *Prosing simposium II UNIID*, 479-487.
- Perwitasari, K. (2013). *Perancangan Laboratorium Campuran Split Mastic Asphalt Dengan Menggunakan Buton Natural Asphalt Blend 75 : 25*. Yogyakarta: (Tidak Diterbitkan) Universitas Gadjah Mada.
- Priowardono, O. Y. (2004). *Pengaruh Waktu Terhadap Daya Tahan Lapis Perkerasan yang Menggunakan Bahan Susun Pasir Pantai*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Razali, M. R. (April 2014). Pengaruh Dust Proportion Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Split Mastic Asphalt. *Inersia*, 6 no.1 (ISSN 20860 9045).
- Refi, A. (2015). Efek Pemakaian Pair Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknik Sipil ITP Vol.2 No.1 Januari 2015 ISSN: 2354-8452*, 5-12.
- Riyanto, A., & Wahyono, T. (2015). Pengaruh Penambahan Filler Semen Dan Lama Rendaman Terhadap Sifat Durabilitas Dan Nilai Struktural Split Mastic Asphalt (SMA). *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)3 2015 ISSN: 2339-028X*, S-90.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). *Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Beraspal SNI 03-6723-2002*. Badan Standar Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *Cara Uji Sifat Kekekalan agregat dengan cara perendaman menggunakan larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat*. Badan Standar Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *Detail cara Uji Agregat dengan Mesin abrasi Los Angeles SNI 2417- 2008*. Badan Standar Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). *Detail Cara uji Penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat aspal*. Badan Standar Nasional.

Sukirman, S. (2003). *Beton Campuran Panas*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

Sunarjono, S., & Samantha, R. (2012). Analisis Kekuatan Tarik Mataerial Campuran SMA (Split Mastic Asphalt) Grading 0/11 Menggunakan Sistem Pengujian Indirect Tensile Strength. *Seminat Nasional Teknik Sipil UMS 2012*, 57-64.

Tahir, A. (januari 2011). Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yang menggunakan serat selulosa alami dedak padi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi Volume 1*, 21-41.



LAMPIRAN



Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

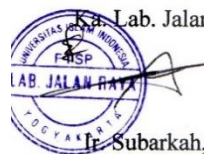
Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2019

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat piknometer kosong (gr)	20,57	20,68
2	Berat piknometer + aquades (gr)	43,53	43,65
3	Berat aquadest (gr)	22,96	22,97
4	Berat piknometer + aspal (gr)	22,81	22,38
5	Berat aspal (gr)	2,24	1,7
6	Berat piknometer + aspal + aquadest (gr)	43,55	43,71
7	Berat aquadest (gr)	20,74	21,33
8	Volume aspal (gr)	2,22	1,64
9	Berat jenis aspal	1,009	1,037
10	Rata-rata BJ Aspal	1,023	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Dr. Subarkah, M.T

Peneliti

Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan

PENERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4/TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu (°C)
1	Penimbangan	Mulai	10.30	27
2	Pelarutan	Mulai	10.40	27
3	Penyaringan	Mulai	10.43	27
		Selesai	10.55	27
4	Di Oven	Mulai	10.55	110
5	Penimbangan	Selesai	11.16	27

HASIL PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat erlen mayer kosong (gr)	68,87	73,49
2	Berat erlen mayer kosong + aspal (gr)	69,74	74,76
3	Berat aspal (gr)	0,87	1,27
4	berat kertas saring bersih (gr)	0,61	0,62
5	berat kertas saring bersih + mineral (gr)	0,62	0,63
6	Berat Mineral (gr)	0,01	0,01
7	Prosentase Mineral (%)	1,15	0,79
8	Aspal yang larut (%)	98,85	99,21
9	Rata-rata aspal yang larut (%)	99,03	

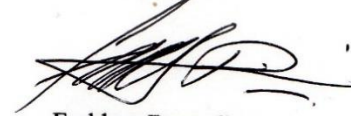
Mengetahui,

Lab. Jalan Raya



I. Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 3 Form Penmeriksaan Daktilitas

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan Benda Uji	Aspal Dipanaskan	15 Menit	Suhu Pemanasan $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2	Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan Pada Suhu Ruang	60 Menit	Suhu Ruang $\pm 26^{\circ}\text{C}$
3	Perendaman Benda Uji	Direndam Dalam Waterbath Pada Suhu 25°C	60 Menit	Suhu Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4	Pemeriksaan	Diuji Daktilitas Pada Suhu 25°C , Kecepatan 5 Cm Per Menit	20 Menit	Suhu Alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	164 cm	Tidak putus
2	Sampel 2	164 cm	Tidak putus

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



H. Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 4 Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

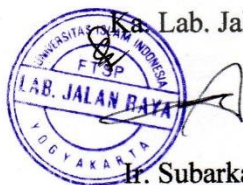
No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.00
	Selesai	145 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	145 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.20
3	Diperiksa		
	Mulai	35 °C	12.20
	Selesai	345 °C	12.45

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	332 °C	345 °C

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

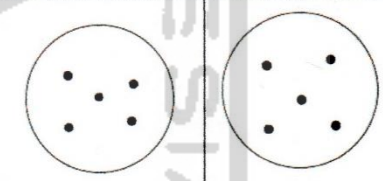
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25°C	09.00
	Selesai	130°C	09.30
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130°C	09.30
	Selesai	25°C	11.00
3	Diperiksa		
	Mulai	25°C	11.00
	Selesai	25°C	12.30

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji		Sket Pengujian	
	1 (mm)	2 (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	62	62		
2	62	63		
3	64	62		
4	61	62		
5	62	63		
Rata2	62,2	62,4		
Rerata	62,3			

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.10
	Selesai	50 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	50 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	5 °C	12.50
	Selesai	50 °C	10.34

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	5 °C	333,15	333,15		
2	10 °C	292,51	292,51		
3	15 °C	182,13	182,13		
4	20 °C	170,41	170,41		
5	25 °C	113,90	113,90		
6	30 °C	148,57	148,57		
7	35 °C	146,27	146,27		
8	40 °C	149,45	149,45		
9	45 °C	134,26	134,26		
10	50 °C	125,65	125,65	48	48

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Agregat ukuran (1/4") dan (3/8")

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.10
	Selesai	150 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	150 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	12.50
	Selesai	25 °C	10.34

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1	Benda Uji 1	97%	memenuhi
2	Benda Uji 2	98%	memenuhi
3	Rata-Rata	97,5%	memenuhi

Mengetahui,

Lab. Jalan Raya



I. Subarkah, M.T

Peneliti

Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Agregata Kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	1603,18	1619,27	1611,23
2	Berat Benda Uji Dalam Air (BA)	996,91	1001,46	999,185
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	1570,60	1591,42	1581,01
5	Berat Jenis ($Bulk$) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,591	2,576	2,583
6	Berat Jenis (SSD) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,644	2,621	2,633
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,738	2,698	2,718
8	Penyerapan Air = $\frac{BK}{BK-BA} \times 100\%$	2,074	1,750	1,912

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Subarkah, M.T

Peneliti

Farkhan Ramadhan
1511191

Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	500	500	500
2	Berat <i>Piknometer</i> + Air (B)	690,4	658,71	674,555
3	Berat <i>Piknometer</i> + Air + Benda Uji (BT)	992,3	969,21	980,755
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	489,21	488,83	489,02
5	Berat Jenis (<i>Bulk</i>) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,47	2,58	2,52
6	Berat Jenis (<i>SSD</i>) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,52	2,64	2,58
7	Berat Jenis (<i>Semu</i>) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,61	2,74	2,68
8	Penyerapan Air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	2,21	2,29	2,25
9	Berat Jenis Efektif = (BJ <i>Bulk</i> + BJ <i>Semu</i>) / 2	2,54	2,66	
10	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,6003		

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Subarkah, M.T

Peneliti

Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Pantai Indrayanti

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	500,04	500,04	500,04
2	Berat Piknometer + Air (B)	648,37	636,63	642,5
3	Berat Piknometer + Air + Benda Uji (BT)	974,51	963,79	969,15
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	495,47	495,08	496,27
5	Berat Jenis (<i>Bulk</i>) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,84	2,86	2,85
6	Berat Jenis (<i>SSD</i>) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,87	2,89	2,88
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,92	2,947	2,93
8	Penyerapan Air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	0,91	0,99	0,95
9	Berat Jenis Efektif = (BJ <i>Bulk</i> + BJ Semu) / 2	2,88	2,9	
10	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,89		

Mengetahui,



Koordinator
Lab. Jalan Raya
Ir. Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng

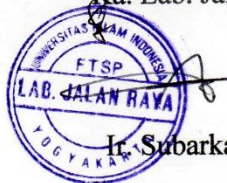
PEMERIKSAAN BERAT *FILLER* CLERENG

Material : *Filler* Clereng
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat piknometer kosong (gr)	12,04	11,84
2	Berat piknometer + aquades (gr)	29,24	29,22
3	Berat aquadest (gr)	17,2	17,38
4	Berat piknometer + Debu Batu (gr)	13,09	13,24
5	Berat Debu Batu (gr)	1,05	1,4
6	Berat piknometer + Debu Batu + aquadest (gr)	29,88	30,07
7	Berat aquadest (gr)	16,79	16,83
8	Volume Debu Batu (gr)	0,41	0,55
9	Berat jenis Debu Batu	2,561	2,545
10	Rata-rata BJ Debu Batu	2,553	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



I. Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 12 Pemeriksaan *Sand Equivalent*

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
			1	2
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan CaCl ₂ selama (± 10 menit)	Mulai	12.22	12.22
		Selesai	12.32	12.32
2	Waktu Pengendapan (Benda Uji setelah di gojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	12.32	12.32
		Selesai	12.35	12.35
3	<i>Clay Reading</i> (Pembacaan Lumpur) Inchi		3,9	3,6
4	<i>Sand Reading</i> (Pembacaan Pasir)		3,6	3,3
5	$Sand\ Equivalent = \frac{Sand\ reading}{Clay\ reading} \times 100$		92,3076	91,6667
6	Rata-rata <i>Sand Equivalent</i> (%)		91,9871	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 13 Pemeriksaan *Sand Equivalent* Pasir Pantai Indrayanti

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Material : Pasir Pantai Indrayanti

Sumber : Clereng, Kulonprogo

Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan CaCl ₂ selama (± 10 menit)	Mulai	12.22	12.22
		Selesai	12.32	12.32
2	Waktu Pengendapan (Benda Uji setelah di gojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	12.32	12.32
		Selesai	12.35	12.35
3	<i>Clay Reading</i> (Pembacaan Lumpur) Inchi		3,4	2,8
4	<i>Sand Reading</i> (Pembacaan Pasir)		4,1	3,5
5	$Sand\ Equivalent = \frac{Sand\ reading}{Clay\ reading} \times 100$		82	80
6	Rata-rata <i>Sand Equivalent</i> (%)		81%	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



H. Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalirang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 899444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No.	Jenis Gradasi		Seragam (<i>AC-WC</i>)	
	Saringan		Benda Uji	
	Lolos	Tertahan	1	2
1	25,4 mm 1 "	19 mm 3/4 "	2500	2500
2	19 mm 3/4 "	12,5 mm 1/2 "	2500	2500
3	Jumlah Benda Uji (A) (gr)		5000	5000
4	Jumlah Tertahan Di <i>Sieve</i> 12(B) (gr)		4411	4282
5	Keausan = $(A-B)/A \times 100\%$ (%)		11,78	14,36
6	Rata-rata Keausan (%)		13,07	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Dr. Subarkah, M.T

Peneliti

Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 14 Hasil Pengujian Marshall Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 0%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KADAR ASPAL OPTIMUM VARIASI SUBTITUSI PASIR PANTAI 0%

Tanggal Pengujian : 2019

Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11

Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan

Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VPWA (%)	VITM (%)	Meas		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5.5A	70.61	5.82	5.5	1164	1172.55	643.14	529.41	2.198	2.422	11.817	78.941	9.242	21.06	56.11	9.24	42	896.08	0.84	755.31	3.4	222.15
5.5B	69.81	5.82	5.5	1167	1187.18	644.79	542.39	2.151	2.422	11.566	77.266	11.167	22.73	50.88	11.17	30	640.06	0.86	551.57	3.3	167.14
5.5C	69.02	5.82	5.5	1167	1185.92	647.14	538.78	2.165	2.422	11.641	77.767	10.592	22.23	52.36	10.59	40	853.41	0.88	748.01	3	249.34
								2.172					22.01	53.12	10.33				684.97	3.23	212.88
6A	67.65	6.38	6	1176	1193.92	660.57	533.35	2.204	2.404	12.929	78.753	8.318	21.25	60.85	8.32	46	981.42	0.91	889.50	3.20	277.97
6B	69.39	6.38	6	1178	1195.99	658.55	537.44	2.192	2.404	12.859	78.324	8.817	21.68	59.32	8.82	35	746.73	0.87	649.29	3.70	175.48
6C	71.07	6.38	6	1173	1193.05	656.16	536.89	2.184	2.404	12.811	78.033	9.155	21.97	58.32	9.16	44	938.75	0.84	785.36	3.30	237.99
								2.194					21.63	59.50	8.76				774.71	3.40	230.48
6.5A	67.17	6.95	6.5	1168	1181.51	654.97	526.54	2.219	2.387	14.099	78.853	7.047	21.15	66.67	7.05	42	896.08	0.92	822.83	3.00	274.28
6.5B	68.21	6.95	6.5	1172	1190.28	657.62	532.66	2.200	2.387	13.978	78.175	7.847	21.83	64.05	7.85	43	917.42	0.89	818.64	3.50	233.90
6.5C	67.08	6.95	6.5	1173	1184.08	659.17	524.91	2.234	2.387	14.193	79.379	6.427	20.62	68.83	6.43	50	1066.76	0.92	981.87	3.50	280.53
								2.218					21.20	66.52	7.11				874.45	3.33	262.90
7A	66.15	7.53	7	1163	1172.8	657.84	514.96	2.259	2.370	15.457	79.843	4.700	20.16	76.69	4.70	55	1173.44	0.94	1103.33	3.60	306.48
7B	66.53	7.53	7	1174	1183.45	661.02	522.43	2.246	2.370	15.371	79.398	5.230	20.60	74.61	5.23	48	1024.09	0.93	955.74	3.70	258.31
7C	67.93	7.53	7	1169	1176.15	657.77	518.38	2.254	2.370	15.425	79.674	4.901	20.33	75.89	4.90	47	1002.76	0.90	901.81	3.80	237.32
								2.253					20.36	75.73	4.94				986.96	3.70	267.37
7.5A	64.48	8.11	7.5	1157	1182.1	663.86	518.24	2.233	2.354	16.374	78.516	5.109	21.48	76.22	5.11	36	768.07	0.98	749.25	4.30	174.24
7.5B	64.59	8.11	7.5	1162	1169.54	654.66	514.88	2.257	2.354	16.548	79.35	4.102	20.65	80.13	4.10	44	938.75	0.97	913.25	3.70	246.82
7.5C	69.55	8.11	7.5	1177	1167.31	646.06	521.25	2.258	2.354	16.553	79.374	4.073	20.63	80.25	4.07	39	832.08	0.87	721.05	3.60	200.29
								2.249					20.92	78.87	4.43				794.52	3.87	207.12

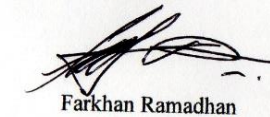
Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.P.

Peneliti



Farkhan Ramadhan

15511191

Lampiran 15 Hasil Pengujian *Marshall* Sebelum KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti 25%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KADAR ASPAL OPTIMUM VARIASI SUBSTITUSI PASIR PANTAI 25%

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFVA (%)	VITM (%)	Mcas		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5.5A	70.16	5.82	5.5	1178.3	1206.6	667.13	539.42	2.184	2.438	11.744	77.838	10.418	22.16	52.99	10.42	35	746.73	0.85	638.26	3.30	193.41
5.5B	68.33	5.82	5.5	1178.3	1192.3	662.23	530.02	2.223	2.438	11.952	79.216	8.832	20.78	57.51	8.83	32	682.73	0.89	606.78	3.35	181.13
5.5C	68.83	5.82	5.5	1173.3	1191	663.21	527.81	2.223	2.438	11.952	79.212	8.837	20.79	57.49	8.84	36	768.07	0.88	675.95	3.10	218.05
								2.210					21.25	56.00	9.36				640.33	3.25	197.53
6A	67.24	6.38	6	1140.2	1162.2	642.56	519.59	2.194	2.421	12.870	77.778	9.352	22.22	57.92	9.35	37	789.41	0.92	723.56	3.45	209.73
6B	69.25	6.38	6	1165	1183.7	654.47	529.23	2.201	2.421	12.911	78.021	9.068	21.98	58.74	9.07	39	832.08	0.87	725.73	3.15	230.39
6C	68.06	6.38	6	1157.4	1164.4	652.45	511.9	2.261	2.421	13.261	80.138	6.601	19.86	66.76	6.60	44	938.75	0.90	841.12	3.30	254.89
								2.219					21.35	61.14	8.34				763.47	3.30	231.67
6.5A	68.51	6.95	6.5	1180.9	1188	666.2	521.75	2.263	2.403	14.380	79.793	5.827	20.21	71.16	5.83	40	853.41	0.89	756.12	3.25	232.65
6.5B	67.20	6.95	6.5	1167.8	1176.4	657.04	519.34	2.249	2.403	14.287	79.276	6.436	20.72	68.94	6.44	41	874.75	0.92	802.58	4.00	200.64
6.5C	67.80	6.95	6.5	1157.8	1173.2	654.1	519.1	2.230	2.403	14.171	78.63	7.199	21.37	66.31	7.20	46	981.42	0.90	885.65	3.60	246.01
								2.247					20.77	68.81	6.49				814.78	3.62	226.44
7A	65.02	7.53	7	1165	1172.1	648.37	523.77	2.224	2.386	15.219	77.995	6.785	22.00	69.16	6.79	36	768.07	0.96	738.82	4.00	184.70
7B	65.86	7.53	7	1166.3	1176.9	665.44	511.43	2.280	2.386	15.604	79.968	4.428	20.03	77.89	4.43	58	1237.45	0.95	1170.39	3.50	334.40
7C	66.80	7.53	7	1166.4	1172.3	651.1	521.16	2.238	2.386	15.314	78.482	6.204	21.52	71.17	6.20	43	917.42	0.93	850.90	3.70	229.97
								2.248					21.18	72.74	5.81				920.04	3.73	249.69
7.5A	63.87	8.11	7.5	1147.5	1153.8	647.31	506.53	2.265	2.369	16.609	79.014	4.377	20.99	79.14	4.38	39	832.08	0.99	824.45	3.80	216.96
7.5B	67.60	8.11	7.5	1163.8	1169.3	655.7	513.57	2.266	2.369	16.614	79.041	4.345	20.96	79.27	4.35	30	640.06	0.91	580.85	3.90	148.94
7.5C	65.25	8.11	7.5	1155.1	1160.2	649.83	510.38	2.263	2.369	16.592	78.937	4.471	21.06	78.77	4.47	58	1237.45	0.96	1183.41	4.10	288.64
								2.265					21.00	79.06	4.40				862.90	3.93	218.18

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah,



Peneliti



Farkhan Ramadhan

15511191

Lampiran 16 Hasil Pengujian Marshall Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 50%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari Kadar ASPAL OPTIMUM VARIASI SUBTITUSI PASIR PANTAI 50%

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11

Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VITM (%)	O Meas	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
5.5A	69.59	5.82	5.5	1181.45	1203.9	669.97	533.93	2.213	2.438	11.896	78.846	9.258	21.15	56.24	9.26	31	661.39	0.87	572.64	3.60	159.07
5.5B	69.54	5.82	5.5	1182.93	1200	659.76	540.19	2.190	2.438	11.773	78.03	10.197	21.97	53.59	10.20	34	725.40	0.87	628.79	2.60	241.84
5.5C	67.83	5.82	5.5	1161.69	1175.6	649.02	526.6	2.206	2.438	11.860	78.606	9.534	21.39	55.44	9.53	52	1109.43	0.90	1000.12	3.70	270.30
								2.203					21.51	55.09	9.66				733.85	3.30	223.74
6A	71.76	6.38	6	1181.62	1203.5	661.13	542.35	2.179	2.421	12.778	77.222	10.000	22.78	56.10	10.00	39	832.08	0.83	686.84	3.60	190.79
6B	68.25	6.38	6	1174.44	1191.9	663.9	527.98	2.224	2.421	13.046	78.842	8.112	21.16	61.66	8.11	45	960.09	0.89	855.60	3.50	244.46
6C	68.48	6.38	6	1143.8	1123.3	615.28	507.97	2.252	2.421	13.206	79.81	6.984	20.19	65.41	6.98	41	874.75	0.87	757.97	3.80	199.47
								2.218					21.38	61.06	8.37				766.80	3.63	211.57
6.5A	67.29	6.95	6.5	1176.5	1195.8	664.58	531.23	2.215	2.403	14.072	78.079	7.849	21.92	64.19	7.85	42	896.08	0.92	820.21	3.70	221.68
6.5B	67.06	6.95	6.5	1179.38	1196.8	664.2	532.62	2.214	2.403	14.069	78.066	7.864	21.93	64.14	7.86	39	832.08	0.92	766.41	3.55	215.89
6.5C	67.32	6.95	6.5	1161.56	1173.1	646.17	526.9	2.205	2.403	14.007	77.721	8.272	22.28	62.87	8.27	41	874.75	0.91	794.60	3.80	209.10
								2.211					22.04	63.74	8.00				793.74	3.68	215.56
7A	67.85	7.53	7	1172.53	1191.1	665.78	525.27	2.232	2.386	15.274	78.278	6.448	21.72	70.32	6.45	40	853.41	0.90	769.21	3.80	202.42
7B	70.08	7.53	7	1181.59	1197.6	668.88	528.76	2.235	2.386	15.291	78.362	6.347	21.64	70.67	6.35	41	874.75	0.86	749.19	3.90	192.10
7C	68.23	7.53	7	1153.29	1164	648.2	515.82	2.236	2.386	15.299	78.404	6.297	21.60	70.84	6.30	43	917.42	0.89	818.18	3.90	209.79
								2.234					21.65	70.61	6.36				778.86	3.87	201.44
7.5A	69.28	8.11	7.5	1159.32	1167.8	651.86	515.9	2.247	2.369	16.475	78.378	5.147	21.62	76.20	5.15	42	896.08	0.87	781.10	3.70	211.11
7.5B	63.53	8.11	7.5	1153.55	1160.2	647.93	512.31	2.252	2.369	16.508	78.534	4.958	21.47	76.90	4.96	40	853.41	1.00	852.70	3.95	215.87
7.5C	73.90	8.11	7.5	1186.2	1199.6	673.35	526.26	2.254	2.369	16.525	78.617	4.858	21.38	77.28	4.86	37	789.41	0.79	626.15	3.90	160.55
								2.251					21.49	76.79	4.99				753.32	3.85	195.84

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T



Peneliti

Farkhan Ramadhan

15511191

Lampiran 17 Hasil Pengujian Marshall Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 75%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari Kadar ASPAL OPTIMUM VARIASI SUBTITUSI PASIR PANTAI 75%

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11

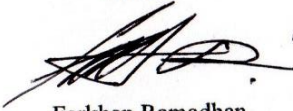
Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q Koreksi	R	S	T
													VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas			Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5.5A	70.91	5.82	5.5	1181.38	1202.88	669.14	533.74	2.213	2.437	11.900	78.9422	9.158	21.06	56.51	9.16	35.5	757.40	0.84	636.12	2.90	219.35
5.5B	69.95	5.82	5.5	1172.15	1201.01	664.29	536.72	2.184	2.437	11.741	77.8905	10.368	22.11	53.11	10.37	30	640.06	0.86	549.85	3.00	183.28
5.5C	71.06	5.82	5.5	1161.69	1190.62	634.02	556.6	2.087	2.437	11.221	74.4383	14.341	25.56	43.90	14.34	47	1002.76	0.84	839.17	3.20	262.24
								2.161					22.91	51.17	11.29				675.05	3.03	221.63
6A	69.58	6.38	6	1188.72	1200.19	668.42	531.77	2.235	2.419	13.111	79.3051	7.584	20.69	63.35	7.58	40	853.41	0.87	739.00	3.50	211.14
6B	69.47	6.38	6	1174.68	1192.43	657.8	534.63	2.197	2.419	12.887	77.9492	9.164	22.05	58.44	9.16	39	832.08	0.87	722.24	3.50	206.35
6C	72.01	6.38	6	1153.8	1173.25	643.28	529.97	2.177	2.419	12.769	77.2369	9.994	22.76	56.09	9.99	53	1130.77	0.82	929.87	3.80	244.70
								2.203					21.84	59.30	8.91				797.04	3.60	220.73
6.5A	71.11	6.95	6.5	1168.17	1186.53	648.54	537.99	2.171	2.401	13.797	76.6233	9.580	23.38	59.02	9.58	33	704.06	0.78	547.06	3.95	138.50
6.5B	67.83	6.95	6.5	1165.53	1178.15	653.52	524.63	2.222	2.401	14.116	78.397	7.487	21.60	65.34	7.49	32	682.73	0.90	615.59	3.75	164.16
6.5C	68.91	6.95	6.5	1156.56	1161.07	641.17	519.9	2.225	2.401	14.135	78.5014	7.364	21.50	65.75	7.36	71	1514.80	0.88	1330.85	3.95	336.92
								2.206					22.16	63.37	8.14				831.17	3.88	213.19
7A	70.05	7.53	7	1169.31	1179.77	652.23	527.54	2.217	2.384	15.167	77.7991	7.034	22.20	68.32	7.03	38	810.74	0.86	694.86	3.75	185.30
7B	68.85	7.53	7	1162.21	1173.99	650.18	523.81	2.219	2.384	15.182	77.8774	6.940	22.12	68.63	6.94	38	810.74	0.88	713.25	3.90	182.88
7C	68.23	7.53	7	1153.29	1164.02	640.2	523.82	2.202	2.384	15.065	77.2782	7.656	22.72	66.30	7.66	48	1024.09	0.89	913.32	4.20	217.46
								2.212					22.35	67.75	7.21				773.81	3.95	195.21
7.5A	68.45	8.11	7.5	1166.02	1174.1	653.34	520.76	2.239	2.367	16.415	78.1678	5.417	21.83	75.19	5.42	38	810.74	0.89	719.28	4.00	179.82
7.5B	68.05	8.11	7.5	1165.18	1174.5	651.55	522.95	2.228	2.367	16.335	77.7843	5.881	22.22	73.53	5.88	40	853.41	0.90	764.80	4.10	186.54
7.5C	65.33	8.11	7.5	1142.45	1149.83	645.22	504.61	2.264	2.367	16.598	79.0389	4.363	20.96	79.19	4.36	39	832.08	0.96	795.15	3.90	203.89
								2.244					21.67	75.97	5.22				759.74	4.00	190.08

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya
Ir. Subarkah, M.T




Peneliti
Farkhan Ramadhan
15511191



Lampiran 18 Hasil Pengujian Marshall Sebelum KAO Variasi Subtitusi Pasir Pantai Indrayanti 100%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari Kadar ASPAL OPTIMUM VARIASI SUBTITUSI PASIR PANTAI 100%

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11


Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density													
5.5A	67.51	5.82	5.5	1183.8	1198.51	675.23	523.28	2.262	2.484	12.163	78.891649	8.946	21.11	57.62	8.95	32	682.73	0.91	621.11	3.10	200.36
5.5B	68.67	5.82	5.5	1173.1	1191.94	667.51	524.43	2.237	2.484	12.026	78.00912	9.964	21.99	54.69	9.96	36	768.07	0.88	678.25	3.50	193.79
5.5C	67.12	5.82	5.5	1190.5	1201.98	680.3	521.68	2.282	2.484	12.269	79.585505	8.145	20.41	60.10	8.14	34	725.40	0.92	666.94	3.40	196.16
								2.260					21.17	57.47	9.02				655.44	3.33	196.77
6A	66.14	6.38	6	1169.5	1179.81	662.92	516.89	2.263	2.466	13.270	78.484678	8.245	21.52	61.68	8.25	33	704.06	0.94	662.17	3.30	200.66
6B	67.02	6.38	6	1173.5	1181.88	664.29	517.59	2.267	2.466	13.297	78.644603	8.058	21.36	62.27	8.06	38	810.74	0.92	747.44	3.60	207.62
6C	66.39	6.38	6	1175.9	1184.6	664.33	520.27	2.260	2.466	13.256	78.404178	8.339	21.60	61.38	8.34	34	725.40	0.94	678.84	3.70	183.47
								2.263					21.49	61.78	8.21				696.15	3.53	197.25
6.5A	66.60	6.95	6.5	1172.1	1181.04	663.58	517.46	2.265	2.447	14.393	78.157916	7.450	21.84	65.89	7.45	40	853.41	0.93	795.22	3.30	240.98
6.5B	66.48	6.95	6.5	1184.8	1192.99	670.04	522.95	2.266	2.447	14.396	78.176012	7.428	21.82	65.96	7.43	45	960.09	0.93	896.84	3.80	236.01
6.5C	66.37	6.95	6.5	1175.2	1183.84	667.16	516.68	2.275	2.447	14.452	78.481591	7.066	21.52	67.16	7.07	30	640.06	0.94	599.21	3.60	166.45
								2.268					21.73	66.34	7.31				763.76	3.57	214.48
7A	66.61	7.53	7	1177	1183.67	664.95	518.72	2.269	2.429	15.526	77.874659	6.599	22.13	70.18	6.60	40	853.41	0.93	795.11	3.40	233.86
7B	68.45	7.53	7	1183.6	1190.92	670.96	519.96	2.276	2.429	15.576	78.124575	6.299	21.88	71.20	6.30	42	896.08	0.89	794.99	3.60	220.83
7C	67.99	7.53	7	1180.1	1187.28	660.62	526.66	2.241	2.429	15.332	76.899363	7.769	23.10	66.37	7.77	41	874.75	0.90	785.23	3.80	206.64
								2.262					22.37	69.25	6.89				791.78	3.60	220.44
7.5A	63.99	8.11	7.5	1166.9	1172.91	663.65	509.26	2.291	2.412	16.798	78.214451	4.987	21.79	77.11	4.99	36	768.07	0.99	758.66	4.30	176.43
7.5B	65.80	8.11	7.5	1164.9	1173.99	665.3	508.69	2.290	2.412	16.789	78.169897	5.041	21.83	76.91	5.04	31	661.39	0.95	629.92	3.70	170.25
7.5C	66.40	8.11	7.5	1174.6	1184.67	677.89	506.78	2.318	2.412	16.993	79.119224	3.888	20.88	81.38	3.89	45	960.09	0.94	898.28	3.60	249.52
								2.300					21.50	78.46	4.64				762.29	3.87	198.73

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya
Ir. Subarkah, M.T




Peneliti
Farkhan Ramadhan
15511191



Lampiran 19 Hasil terhadap Pengujian Marshall 0,5 Jam dengan KAO

PENGUJIAN MARSHALL DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11

Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I*	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VTM (%)	O Meas	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
0A	69.78	7.75	7.195	1167.5	1170.0	658.76	511.25	2.284	2.364	16.062	80.548	3.390	19.45	82.57	3.39	47	1002.76	0.86	864.63	3.8	227.53
0B	67.95	7.75	7.195	1174.9	1180.2	662.42	517.76	2.269	2.364	15.960	80.039	4.000	19.96	79.96	4.00	44	938.75	0.90	843.78	3.2	263.68
0C	67.44	7.75	7.195	1162.4	1170.1	660.27	509.84	2.280	2.364	16.035	80.414	3.551	19.59	81.87	3.55	56	1194.78	0.91	1089.04	3.9	279.24
								2.278					19.67	81.47	3.65				932.48	3.63	256.82
25A	65.79	7.89	7.312	1175.7	1188.92	670.57	518.35	2.268	2.364	16.212	79.741	4.047	20.26	80.02	4.05	44	938.75	0.95	894.40	3.80	235.37
25B	66.74	7.89	7.312	1178.3	1190.99	673.55	517.44	2.277	2.364	16.276	80.055	3.669	19.95	81.60	3.67	43	917.42	0.92	843.34	3.30	255.56
25C	72.31	7.89	7.312	1173.6	1183.37	668.52	514.85	2.280	2.364	16.293	80.139	3.568	19.86	82.04	3.57	53	1130.77	0.82	925.72	4.00	231.43
								2.275					20.02	81.22	3.76				887.82	3.70	240.78
50A	66.66	8.00	7.41	1168.4	1174.51	658.97	515.54	2.266	2.378	16.416	78.886	4.698	21.11	77.75	4.70	40	853.41	0.93	794.53	3.80	209.09
50B	66.97	8.00	7.41	1171.8	1178.28	661.62	516.66	2.268	2.378	16.429	78.945	4.627	21.06	78.03	4.63	44	938.75	0.92	866.70	3.50	247.63
50C	68.80	8.00	7.41	1157.5	1162.63	654.46	508.17	2.278	2.378	16.500	79.286	4.214	20.71	79.65	4.21	45	960.09	0.88	845.54	4.00	211.38
								2.271					20.96	78.48	4.51				835.59	3.77	222.70
75A	66.89	8.05	7.45	1163.3	1174.8	657.84	516.96	2.250	2.357	16.387	79.066	4.547	20.93	78.28	4.55	45	960.09	0.91	877.40	3.50	250.69
75B	68.11	8.05	7.45	1173.6	1183.45	661.02	522.43	2.246	2.357	16.359	78.931	4.710	21.07	77.64	4.71	41	874.75	0.91	795.64	4.10	194.06
75C	66.65	8.05	7.45	1151.1	1159.03	646.39	512.64	2.245	2.357	16.352	78.896	4.751	21.10	77.49	4.75	30	640.06	0.93	596.69	3.90	153.00
								2.247					21.04	77.80	4.67				756.58	3.83	199.25
100A	63.94	8.08	7.475	1157.5	1162.1	661.1	501	2.310	2.420	16.881	78.583	4.536	21.42	78.82	4.54	35	746.73	0.99	738.52	3.80	194.35
100B	65.35	8.08	7.475	1162.2	1169.54	663.76	505.78	2.298	2.420	16.790	78.156	5.054	21.84	76.86	5.05	38	810.74	0.95	773.24	3.70	208.98
100C	66.53	8.08	7.475	1153	1162.22	658.8	503.42	2.290	2.420	16.735	77.9	5.365	22.10	75.72	5.37	38	810.74	0.93	757.43	3.90	194.21
								2.299					21.79	77.13	4.99				756.40	3.80	199.18

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya


 Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti



Farkhan Ramadhan

15511191

Lampiran 20 Hasil terhadap Pengujian IRS 24 Jam dengan KAO

PENGUJIAN MARSHALL DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11

Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (K g/mm)
0-1	69.92	7.75	7.195	1170.03	1180.1	661.18	518.94	2.255	2.348	15.858	80.158	3.985	19.84	79.92	3.98	45	960.09	0.86	825.36	2.20	375.16
0-2	70.50	7.75	7.195	1174.89	1185.3	664.36	520.9	2.256	2.348	15.863	80.188	3.949	19.81	80.07	3.95	48	1024.09	0.85	868.50	3.00	289.50
0-3	68.88	7.75	7.195	1180.83	1191.6	669.37	522.23	2.261	2.348	15.903	80.388	3.709	19.61	81.09	3.71	53	1130.77	0.88	994.09	2.25	441.82
								2.257					19.76	80.36	3.88				895.98	2.48	368.83
25-1	67.74	7.89	7.312	1182.42	1191.6	665.25	526.35	2.246	2.364	16.057	78.976	4.968	21.02	76.37	4.97	42	896.08	0.90	809.98	2.60	311.53
25-2	67.93	7.89	7.312	1167.5	1175.7	657.59	518.13	2.253	2.364	16.106	79.216	4.678	20.78	77.49	4.68	45	960.09	0.90	863.28	2.70	319.73
25-3	67.47	7.89	7.312	1183.56	1186.4	666.12	520.28	2.275	2.364	16.260	79.974	3.766	20.03	81.19	3.77	46	981.42	0.91	893.75	2.50	357.50
								2.258					20.61	78.35	4.47				855.67	2.60	329.59
50-1	68.50	8.00	7.41	1176.81	1182.5	665.63	516.86	2.277	2.378	16.492	79.25	4.258	20.75	79.48	4.26	45	960.09	0.89	850.82	2.80	303.86
50-2	66.43	8.00	7.41	1174.32	1181.1	663.5	517.64	2.269	2.378	16.432	78.963	4.604	21.04	78.11	4.60	41	874.75	0.94	818.00	2.60	314.61
50-3	66.12	8.00	7.41	1183.69	1187.9	668.02	519.88	2.277	2.378	16.492	79.25	4.258	20.75	79.48	4.26	35	746.73	0.94	702.58	3.00	234.19
								2.274					20.85	79.02	4.37				790.47	2.80	284.22
75-1	67.89	8.05	7.45	1179.39	1188.8	665.77	523.02	2.255	2.357	16.422	79.232	4.346	20.77	79.07	4.35	39	832.08	0.90	749.08	2.40	312.12
75-2	67.62	8.05	7.45	1171.99	1179.2	648.3	530.86	2.208	2.357	16.078	77.572	6.350	22.43	71.69	6.35	37	789.41	0.91	716.06	3.20	223.77
75-3	66.76	8.05	7.45	1179.97	1182.4	666.22	516.2	2.286	2.357	16.647	80.318	3.035	19.68	84.58	3.03	34	725.40	0.93	673.47	3.10	217.25
								2.250					20.96	78.45	4.58				712.87	2.90	251.04
100-1	65.13	8.08	7.475	1169.1	1174.9	661.09	513.76	2.276	2.420	16.627	77.402	5.971	22.60	73.58	5.97	35	746.73	0.96	716.49	3.25	220.46
100-2	63.66	8.08	7.475	1177.76	1172.6	659.77	512.86	2.296	2.420	16.780	78.112	5.108	21.89	76.66	5.11	35	746.73	1.00	743.75	2.90	256.46
100-3	65.61	8.08	7.475	1179.43	1182.9	668.48	514.45	2.293	2.420	16.752	77.981	5.267	22.02	76.08	5.27	33	704.06	0.95	669.17	2.30	290.94
								2.288					22.17	75.44	5.45				709.80	2.82	255.96

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T



Peneliti

Farkhan Ramadhan

15511191



Lampiran 21 Hasil Pengujian IRS 48 Jam dengan KAO

PENGUJIAN MARSHALL DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11

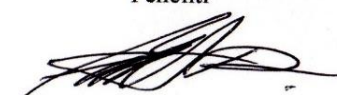
Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density													
0-1	65.80	7.75	7.195	1162.63	1172	656.07	515.92	2.254	2.348	15.849	80.1168	4.034	19.88	79.71	4.03	51	741.71	0.86	637.62	2.20	289.83
0-2	66.92	7.75	7.195	1174.89	1185.3	664.36	520.9	2.256	2.348	15.863	80.1876	3.949	19.81	80.07	3.95	50	727.16	0.85	616.68	3.00	205.56
0-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
								2.255					19.85	79.89	3.99				627.15	2.60	247.69
25-1	68.63	7.89	7.312	1161.34	1166.2	650.13	516.06	2.250	2.364	16.085	79.1143	4.801	20.89	77.01	4.80	46	668.99	0.90	604.71	2.60	232.58
25-2	69.04	7.89	7.312	1167.5	1175.7	659.59	516.13	2.262	2.364	16.168	79.5231	4.309	20.48	78.96	4.31	45	654.45	0.90	588.46	2.70	217.95
25-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
								2.256					20.68	77.99	4.55				596.58	2.65	225.26
50-1	67.33	8.00	7.41	1176.08	1181.9	663.4	518.54	2.268	2.378	16.428	78.9443	4.627	21.06	78.02	4.63	47	683.53	0.89	605.74	2.80	216.34
50-2	65.77	8.00	7.41	1174.32	1181.1	663.5	517.64	2.269	2.378	16.432	78.9632	4.604	21.04	78.11	4.60	33	479.93	0.94	448.79	2.60	172.61
50-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
								2.268					21.05	78.07	4.62				527.27	2.70	194.47
75-1	66.80	8.05	7.45	1174.37	1179.1	664.6	514.52	2.282	2.357	16.622	80.198	3.180	19.80	83.94	3.18	32	465.38	0.90	418.96	2.40	174.57
75-2	67.37	8.05	7.45	1171.99	1179.2	648.3	530.86	2.208	2.357	16.078	77.5719	6.350	22.43	71.69	6.35	36	523.56	0.91	474.91	3.20	148.41
75-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
								2.245					21.12	77.81	4.77				446.94	2.80	161.49
100-1	62.87	8.08	7.475	1142.96	1146.3	649.38	496.89	2.300	2.420	16.808	78.24	4.952	21.76	77.24	4.95	30	436.30	0.96	418.63	3.25	128.81
100-2	63.66	8.08	7.475	1167.74	1172.6	659.77	512.86	2.277	2.420	16.637	77.4472	5.916	22.55	73.77	5.92	32	465.38	1.00	463.52	2.90	159.84
100-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
								2.289					22.16	75.51	5.43				441.08	3.08	144.32

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya
Ir. Subarkah, M.T




Peneliti
Farkhan Ramadhan
15511191



Lampiran 22 Pengujian Indirect Tensile Strength dari Hasil KAO

PENGUJIAN INDIRECT TENSILE STRENGTH DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11

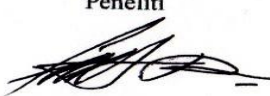
Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Variasi Substitusi (%)	KAO (%)	Sampel	Diameter (cm)	Tebal (mm)			Tebal Rata-rata			Stabilitas			A0	ITS (kg/cm ²)
				t1	t2	t3	mm	cm	Angka koreksi	Arloji Stab.	Stab. * Kalibrasi	Stabilitas (kg)		
0	7.195	1	10	68.05	67.21	67.27	67.51	6.751	0.910	24	477.245	434.173	0.159	10.195
		2	10	68.82	68.83	68.36	68.67	6.867	0.883	25	497.130	438.997	0.159	10.134
		3	10	68.55	69.09	68.48	68.71	6.871	0.912	28	556.786	507.904	0.159	11.718
25	7.312	1	10	71.21	70.82	70.63	70.89	7.089	0.840	29	576.671	484.557	0.159	10.836
		2	10	67.37	67.12	66.58	67.02	6.702	0.922	25	497.130	458.312	0.159	10.840
		3	10	66.98	66.33	65.86	66.39	6.639	0.936	27	536.900	502.438	0.159	11.997
50	7.41	1	10	66.41	67.04	66.36	66.60	6.660	0.932	24	477.245	444.703	0.159	10.584
		2	10	66.82	66.33	66.29	66.48	6.648	0.934	20	397.704	371.505	0.159	8.858
		3	10	66.34	66.18	66.59	66.37	6.637	0.936	26	517.015	484.023	0.159	11.561
75	7.45	1	10	65.12	64.98	69.73	66.61	6.661	0.932	24	477.245	444.643	0.159	10.582
		2	10	68.98	68.28	68.09	68.45	6.845	0.887	21	417.589	370.480	0.159	8.580
		3	10	68.38	68.11	67.49	67.99	6.799	0.898	24	477.245	428.407	0.159	9.988
100	7.475	1	10	64.78	63.65	63.54	63.99	6.399	0.981	16	318.163	312.058	0.159	7.730
		2	10	66.04	65.71	65.66	65.80	6.580	0.937	18	357.934	335.317	0.159	8.078
		3	10	66.61	66.45	66.14	66.40	6.640	0.938	23	457.360	428.775	0.159	10.236
											358.717		8.682	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya
Ir. Subarkah, M.T.




Peneliti
Farkhan Ramadhan
15511191



Lampiran 23 Pengujian *Cantabro* dari Hasil KAO

PENGUJIAN CANTABRO DARI HASIL KAO

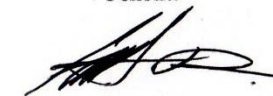
Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

Dikerjakan Oleh : Farkhan Ramadhan
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Variasi Substitusi (%)	Sampel	Berat Benda Uji (gram)		Berat Sebelum Di Abrasi (gram)	Kehilangan Berat (%)	Rata-rata Kehilangan Berat (%)
		Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	
0	1	1174.9	1146.03	28.87	2.4572	1.9158
	2	1181.11	1162.89	18.22	1.5426	
	3	1184.51	1163.81	20.7	1.7476	
25	1	1180.68	1156.2	24.48	2.0734	2.2843
	2	1177.75	1152.55	25.2	2.1397	
	3	1180.32	1149.16	31.16	2.6400	
50	1	1177.36	1143.72	33.64	2.8572	2.4870
	2	1178.45	1143.25	35.2	2.9870	
	3	1177.55	1158.51	19.04	1.6169	
75	1	1166.77	1083.57	83.2	7.1308	5.8857
	2	1180.36	1141.38	38.98	3.3024	
	3	1175.26	1090.36	84.9	7.2239	
100	1	1189.31	1149.63	39.68	3.3364	6.6495
	2	1178.87	1056.82	122.05	10.3531	
	3	1176.89	1103.23	73.66	6.2589	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya
Ir. Subarkah, M.T.



Peneliti

Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 24 Pengujian durabilitas 24 Jam pada Campuran SMA dengan substitusi agregat Halus Pasir Pantai

**PENGUJIAN DURABILITAS 24 JAM PADA CAMPURAN SPLIT
MASTIC ASPHALT DENGAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PASIR
PANTAI**

Tahun Pengujian : 2019

Dikerjakan Oleh: Farkhan Ramadhan

Campuran : Split Mastic Asphalt

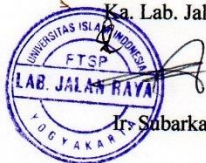
Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah, S.T., M.T., Ph.D

Variasi Substitusi (%)	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
0	0.5	100	0.167
	24	96.09	
25	0.5	100	0.154
	24	96.38	
50	0.5	100	0.230
	24	94.60	
75	0.5	100	0.246
	24	94.22	
100	0.5	100	0.262
	24	93.84	

Variasi Substitusi (%)	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK (%)	Sa (%)
0	0.5	100	3.91	24.5	1.916	98.084
	24	96.09				
25	0.5	100	3.62	24.5	1.848	98.152
	24	96.38				
50	0.5	100	5.40	24.5	2.756	97.244
	24	94.60				
75	0.5	100	5.78	24.5	2.949	97.051
	24	94.22				
100	0.5	100	6.16	24.5	3.144	96.856
	24	93.84				

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Irfan Subarkah, M.T

Peneliti



Farkhan Ramadhan
15511191

Lampiran 25 Pengujian durabilitas 48 Jam pada Campuran SMA dengan substitusi agregat Halus Pasir Pantai

**PENGUJIAN DURABILITAS 48 JAM PADA CAMPURAN SPLIT
MASTIC ASPHALT DENGAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PASIR
PANTAI**

Tahun Pengujian : 2019

Dikerjakan Oleh: Farkhan Ramadhan

Campuran : Split Mastic Asphalt

Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah, S.T., M.T., Ph.D

Variasi Substitusi	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
0	24	96.08552956	1.368
	48	67.26	
25	24	96.37897623	1.370
	48	67.20	
50	24	94.59993415	1.542
	48	63.10	
75	24	100	1.951
	48	59.07	
100	24	100	1.999
	48	58.31	

Variasi Substitusi	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK/A (%)	Sa (%)
0	0.5	100	32.74	48.5	16.201	83.799
	48	67.26				
25	0.5	100	32.80	48.5	16.231	83.769
	48	67.20				
50	0.5	100	36.90	48.5	18.257	81.743
	48	63.10				
75	0.5	100	40.93	48.5	20.250	79.750
	48	59.07				
100	0.5	100	41.69	48.5	20.627	79.373
	48	58.31				


Mengetahui,

Lab. Jalan Raya



M. Subarkah, M.T

Peneliti


Farkhan Ramadhan
15511191



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uui.ac.id

