

**TUGAS AKHIR**

**PEMANFAATAN PASIR PANTAI GLAGAH  
KABUPATEN KULON PROGO DALAM CAMPURAN  
PERKERASAN ASPAL *HOT ROLLED SHEET (HRS)*  
(*UTILIZATION OF BEACH GLAGAH SAND IN KULON  
PROGO DISTRICT IN HOT ROLLED SHEET (HRS)  
ASPHALT PAVEMENT MIXTURE*)**

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



**DAFFA REYHAN MUHAMMAD  
20511261**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2024**

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN PASIR PANTAI GLAGAH  
KABUPATEN KULON PROGO DALAM CAMPURAN  
PERKERASAN ASPAL *HOT ROLLED SHEET (HRS)*  
(*UTILIZATION OF BEACH GLAGAH SAND IN KULON  
PROGO DISTRICT IN HOT ROLLED SHEET (HRS)  
ASPHALT PAVEMENT MIXTURE*)

Disusun Oleh :

**DAFFA REYHAN MUHAMMAD**  
20511261

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

Diuji pada tanggal 10 Desember 2024

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

Penguji 1

Penguji 2

Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.  
NIK: 215111307

Prayogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc.  
NIK: 205111303

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK: 145110101



Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM  
NIK : 095110101

## 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 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, 25 November 2024

Yang membuat pernyataan,



Daffa Reyhan Muhammad

(20511261)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayahnya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pemanfaatan Pasir Pantai Glagah Kabupaten Kulon Progo dalam Campuran Perkerasan Aspal *Hot Rolled Sheet (HRS)* 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 proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat doa, dukungan, saran, masukan serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan dan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan, saran kepada penulis
3. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan, saran kepada penulis
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T.,M.T.,Ph.D.(Eng)., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sukamto HM, Bapak Pranoto dan Mas Giri Widhiatmoko, selaku laboran Laboratorium Jalan Raya, jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
6. Bapak, Ibu dan kakak selaku keluarga penulis yang selalu memberikan support, do'a dan dukungan yang tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
7. Teman teman satu penelitian dalam menyelesaikan Tugas Akhir, dan

8. Seluruh pihak yang telah mendukung terselesainya Tugas Akhir ini.

Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 10 Desember 2024

Penulis

Daffa Reyhan Muhammad

(20511261)

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Studi Pustaka	6
2.2 Campuran <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i>	6
2.3 Pemakaian Agregat Halus Pengganti Pada Campuran Perkerasan Jalan	7
2.4 Perbandingan Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Perkerasan Jalan	11
3.2 <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i>	11
3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur	12

3.3.1	Agregat	12
3.3.2	Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> )	14
3.3.3	Aspal	14
3.4	Karakteristik Pengujian <i>Marshall</i>	15
3.4.1	Stabilitas	15
3.4.2	Kelelehan ( <i>Flow</i> )	15
3.4.3	<i>Voids In Total Mix (VITM)</i>	16
3.4.4	<i>Void Filled With Asphalt (VFWA)</i>	16
3.4.5	<i>Density</i>	16
3.4.6	<i>Voids in Mineral Agregat (VMA)</i>	17
3.4.7	<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	18
3.5	<i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	18
3.6	<i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	18
3.7	<i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i>	19
3.8	Cantabro Loss (CL)	19
3.9	Analisis Statistik	20
BAB IV METODE PENELITIAN		23
4.1	Metode Penelitian	23
4.1.1	Pemeriksaan Campuran Aspal	23
4.1.2	Bahan Penelitian	23
4.1.3	Alat Penelitian	24
4.2	Metode Pengambilan Data	25
4.3	Tahapan Penelitian	26

4.3.1	Pengambilan Agregat	26
4.3.2	Pemeriksaan Material	26
4.3.3	Persiapan Alat	29
4.3.4	Perencanaan Campuran	29
4.4	Perencanaan Gradasi dengan Variasi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah dengan Clereng	35
4.5	Pengujian <i>Marshall</i>	46
4.6	Pengujian <i>IRS</i>	47
4.7	Pengujian <i>ITS</i>	47
4.9	Pengujian <i>CL</i>	48
4.10	Analisis <i>Anova</i>	48
4.12	Bagan Alir Penelitian	52
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>		<b>55</b>
5.1	Hasil Pengujian Bahan dan Campuran	55
5.1.1	Hasil Karakteristik Aspal	55
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	56
5.1.3	Hasil Pengujian Campuran <i>Hot Rolled Asphalt</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	57
5.1.4	Kebutuhan Material Agregat pada Kadar Aspal Optimum	65
5.1.5	Hasil Pengujian Campuran <i>Hot Rolled Sheet</i> pada Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Pasir Pantai Glagah Sebagai Pengganti Agregat Halus	68
5.2	Pembahasan	72
5.2.1	Karakteristik Aspal	73

5.2.2	Karakteristik Agregat Kasar	74
5.2.3	Karakteristik Agregat Halus Clereng	76
5.2.4	Karakteristik Agregat Halus Pantai Glagah	77
5.2.5	Karakteristik <i>Filler</i> Clereng	78
5.2.6	Hasil Peninjauan Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	79
5.2.7	Karakteristik <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum Campuran <i>HRS</i> Menggunakan Subtitusi Pasir Pantai Glagah	88
5.2.8	Karakteristik Pengujian <i>IRS</i> pada KAO Campuran <i>HRS</i> Menggunakan Subtitusi Pasir Pantai Glagah.	98
5.2.9	Karakteristik Pengujian <i>ITS</i> pada KAO Campuran <i>HRS</i> Menggunakan Subtitusi Pasir Pantai Glagah	99
5.2.10	Karakteristik Pengujian <i>TSR</i> pada KAO Campuran <i>HRS</i> Menggunakan Subtitusi Pasir Pantai Glagah	101
5.2.11	Karakteristik Pengujian <i>CL</i> pada KAO Campuran <i>HRS</i> Menggunakan Subtitusi Pasir Pantai Glagah	102
5.3	<i>Tinjauan Karakteristik campuran HRS dengan Pasir Pantai Glagah sebagai Subtitusi Agregat Halus</i>	104
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		108
6.1	<i>Kesimpulan</i>	108
6.2	<i>Saran</i>	109
DAFTAR PUSTAKA		111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i>	31
Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian	53
Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Subtitusi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah 0%	62
Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Subtitusi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah 25%	63
Gambar 5.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Subtitusi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah 50%	63
Gambar 5.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Subtitusi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah 75%	64
Gambar 5.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Subtitusi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah 100%	64
Gambar 5.6 Agregat Halus Clereng	77
Gambar 5.7 Agregat Halus Pantai Glagah	78
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i>	84
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i>	86
Gambar 5.10 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i>	87
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	80
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	81
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	82
Gambar 5. 14 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Marshall Quotient</i>	83
Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>VITM</i>	94
Gambar 5.16 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>VFWA</i>	95

Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>VMA</i>	97
Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>Density</i>	88
Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap Stabilitas	90
Gambar 5.20 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>Flow</i>	91
Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>MQ</i>	92
Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>IRS</i>	98
Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>ITS</i>	100
Gambar 5.24 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>TSR</i>	101
Gambar 5.25 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap <i>CL</i>	103

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya	10
Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lataston ( <i>HRS</i> )	12
Tabel 3.2 Spesifikasi Agregat Kasar	13
Tabel 3.3 Spesifikasi Agregat Halus	14
Tabel 3.4 Spesifikasi Ketentuan Aspal Pen 60/70	15
Tabel 4.1 Spesifikasi Gradasi Agregat <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i>	30
Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%	32
Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%	32
Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%	33
Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%	33
Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7,5%	34
Tabel 4.7 Kebutuhan Benda Uji Tiap Kadar Aspal	34
Tabel 4.8 Kebutuhan Benda Uji Setiap Pengujian	35
Tabel 4.9 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 5,5%	36
Tabel 4.10 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 5,5%	36
Tabel 4.11 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 5,5%	36
Tabel 4.12 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 5,5%	37
Tabel 4.13 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 5,5%	37
Tabel 4.14 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 6%	38

Tabel 4.15 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 6%	38
Tabel 4.16 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 6%	38
Tabel 4.17 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 6%	39
Tabel 4.18 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 6%	39
Tabel 4.19 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 6,50%	40
Tabel 4.20 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 6,50%	40
Tabel 4.21 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 6,50%	40
Tabel 4.22 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 6,50%	41
Tabel 4.23 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 6,5%	41
Tabel 4.24 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 7%	42
Tabel 4.25 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 7%	42
Tabel 4.26 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 7%	42
Tabel 4.27 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 7%	43
Tabel 4.28 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 7%	43

Tabel 4.29 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 7,5%	44
Tabel 4.30 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 7,5%	44
Tabel 4.31 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 7,5%	44
Tabel 4.32 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 7,5%	45
Tabel 4.33 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 7,5%	45
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina 60/70	55
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng	56
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng	56
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Pantai Glagah	57
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Filler	57
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Glagah 0%	58
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Glagah 25%	58
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Glagah 50%	59
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Glagah 75%	59
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Glagah 100%	60
Tabel 5.11 Reka Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> Mencari Kadar Aspal Optimum	60
Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum	65

Tabel 5.13 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 0% Pasir Pantai Glagah Kadar Aspal Optimum 6,73%	65
Tabel 5.14 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 25% Pasir Pantai Glagah Kadar Aspal Optimum 6,63%	66
Tabel 5.15 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 50% Pasir Pantai Glagah Kadar Aspal Optimum 6,57%	66
Tabel 5.16 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 75% Pasir Pantai Glagah Kadar Aspal Optimum 6,54%	67
Tabel 5.17 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 100% Pasir Pantai Glagah Kadar Aspal Optimum 6,5%	67
Tabel 5.18 Rekapitulasi Pengujian <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah	68
Tabel 5.19 Rekapitulasi Pengujian <i>Index of Retained Strenght</i> pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah	69
Tabel 5.20 Rekapitulasi Pengujian <i>Indirect Tensile Strenght</i> pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah	70
Tabel 5.21 Rekapitulasi Pengujian <i>Tensile Strenght Ratio</i> pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah	70
Tabel 5.22 Rekapitulasi Pengujian <i>CL</i> pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah	71
Tabel 5.23 Rekapitulasi Data Hasil Uji Statistik <i>Anova</i>	72
Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus pada Campuran <i>HRS</i>	105

## Daftar Lampiran

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70	119
Lampiran 2 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70	120
Lampiran 3 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal Pen 60/70	121
Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70	122
Lampiran 5 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70	123
Lampiran 6 Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam <i>TCE</i>	124
Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	125
Lampiran 8 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	126
Lampiran 9 Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	127
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	128
Lampiran 11 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	129
Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Pantai Glagah	130
Lampiran 13 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i> Pantai Glagah	131
Lampiran 14 Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler Bottom Ash</i>	132
Lampiran 15 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO kadar aspal 5,5%	133
Lampiran 16 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO kadar aspal 6%	134
Lampiran 17 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO kadar aspal 6,5%	135
Lampiran 18 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO kadar aspal 7%	136
Lampiran 19 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO kadar aspal 7,5%	137
Lampiran 20 Rekapitulasi Perhitungan KAO	138
Lampiran 21 Grafik Rekapitulasi Perhitungan KAO	139
Lampiran 22 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Setelah KAO	140
Lampiran 23 Grafik Rekapitulasi Perhitungan <i>Marshall</i> Setelah KAO	142
Lampiran 24 Hasil Pengujian <i>IRS</i>	143
Lampiran 25 Rekapitulasi Perhitungan <i>IRS</i>	144
Lampiran 26 Hasil Pengujian <i>ITS</i>	145

Lampiran 27 Hasil Pengujian <i>TSR</i>	146
Lampiran 28 Rekapitulasi Perhitungan <i>TSR</i>	147
Lampiran 29 Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i>	148
Lampiran 30 Rekapitulasi Perhitungan <i>Cantabro Loss</i>	149
Lampiran 31 Hasil Analisis <i>ANOVA</i> Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i>	150
Lampiran 32. Hasil Analisis <i>ANOVA</i> Terhadap <i>IRS, ITS, TSR, CL</i>	151

## Daftar Notasi

<b>Notasi</b>	:
S1	: Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam
S2	: Stabilitas setelah direndam selama 24 jam
$P_{\text{runtuh}}$	: Beban Puncak (kg)
h	: Tinggi sampel (cm)
$A_0$	: Konstanta (tabel A0 terlampir pada lampiran)
K	: Koefisien permeabilitas (cm/dtk)
$\gamma_{\text{air}}$	: Berat jenis air (kg/cm <sup>3</sup> )
L	: Panjang atau tinggi sampel (cm)
T	: Lama waktu rembesan (dtk)
A	: Luas penampang sampel (cm <sup>2</sup> )

<b>Singkatan</b>	:
<i>HRS</i>	: <i>Hot Rolled Sheet</i>
<i>MQ</i>	: <i>Marshall Quotient</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 Agregate</i>
<i>IRS</i>	: <i>Index Of Retained Strenth</i>
<i>ITS</i>	: <i>Indirect Tensile Strength</i>
<i>TSR</i>	: <i>Tensile Strength Ratio</i>
<i>CL</i>	: <i>Cantabro Loss</i>
KAO	: Kadar Aspal Optimum
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia

## ABSTRAK

Infrastruktur merupakan komponen penting dalam menentukan keberhasilan pembangunan. Namun, masih banyak jalan di Indonesia banyak mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Penyebab kerusakan jalan biasanya dikarenakan pergantian cuaca panas dan hujan serta peningkatan volume lalu lintas yang tinggi akibat berkembangnya kepemilikan kendaraan bermotor yang menyebabkan kerusakan pada perkerasan. Maka dari itu diperlukan perkerasan jalan yang tahan terhadap permasalahan permasalahan yang terjadi. Tujuan penelitian untuk mengetahui kelayakan pasir Pantai Glagah sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran *HRS* dan mencari pengaruh pasir Pantai Glagah terhadap karakteristik *Marshall, IRS, ITS, TSR, dan Cantabro*.

Terdapat empat tahap dalam penelitian ini, yaitu pengujian fisik material agregat dan aspal. Kedua menentukan kadar aspal optimum pada campuran *HRS* pada variasi substitusi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Ketiga melakukan uji *Marshall, IRS, ITS, TSR, dan Cantabro*. Keempat melakukan analisis, pembahasan, dan kesimpulan terhadap hasil penelitian.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pasir Pantai Glagah yang digunakan memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasir clereng, yang dimana pada berat yang sama jumlah total agregatnya berbeda. Hal ini, menyebabkan setiap penambahan pasir Pantai Glagah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% mengalami peningkatan pada nilai volumetrik. Pada pengujian ini menunjukkan bahwa pasir Pantai Glagah yang digunakan sebagai substitusi agregat halus dalam berbagai variasi pada campuran *HRS* memenuhi standar yang berlaku dan layak sebagai pengganti agregat halus Clereng. Berdasarkan hasil uji karakteristik *Marshall, IRS, ITS, TSR, dan CL* menunjukkan bahwa memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Dengan adanya penambahan variasi pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus.

Kata Kunci : *Hot Rolled Sheet (HRS)*, Agregat Halus, Pasir Pantai Glagah

## **ABSTRAK**

*Infrastructure is a crucial component in determining the success of development. However, many roads in Indonesia experience damage before reaching their planned lifespan. Road damage is typically caused by alternating hot and rainy weather and increased traffic volume due to rising motor vehicle ownership, which contributes to pavement deterioration. Therefore, it is necessary to have road pavements that can withstand these issues. This study aims to determine the feasibility of using Glagah Beach sand as a substitute for fine aggregate in Hot Rolled Sheet (HRS) mixtures and to examine the effects of Glagah Beach sand on Marshall characteristics, IRS, ITS, TSR, and Cantabro properties.*

*There are four stages in this research. The first stage involves physical testing of aggregate and asphalt materials. The second stage is determining the optimum asphalt content in the HRS mixture with substitution variations of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The third stage consists of conducting the Marshall, IRS, ITS, TSR, and Cantabro tests. The fourth stage includes analysis, discussion, and drawing conclusions from the research results.*

*The results of this study show that the Glagah Beach Sand used has a higher specific gravity compared to Clereng Sand, which means that, for the same weight, the total aggregate content differs. This causes an increase in the volumetric values with the addition of Glagah Beach Sand at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The tests indicate that Glagah Beach Sand, used as a fine aggregate substitute in various proportions in the HRS mix, meets the applicable standards and is a viable replacement for Clereng Sand. Based on the Marshall characteristics tests, IRS, ITS, TSR, and CL tests, it meets the specifications of Bina Marga 2018 Revision 2. The addition of Glagah Beach Sand in varying proportions as a fine aggregate substitute has been proven to be feasible.*

*Keyword : Hot Rolled Sheet (HRS), fine aggregate, Glagah beach sand.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Infrastruktur merupakan komponen penting dalam menentukan keberhasilan pembangunan. Peran infrastruktur sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi suatu negara maupun daerah. Salah satu infrastruktur yang menunjang kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhannya adalah transportasi, adapun transportasi yang umum digunakan di Indonesia adalah transportasi darat. Menurut Bumulo, dkk (2023) mengatakan bahwa keberadaan jalan raya sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana transportasi. Jalan merupakan komponen utama dalam menunjang lancarnya suatu transportasi darat, sehingga jalan harus dapat diakses dengan mudah, nyaman, dan aman oleh pengguna jalan. Namun masih banyak jalan di Indonesia banyak mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Penyebab kerusakan jalan biasanya dikarenakan pergantian cuaca panas dan hujan serta peningkatan volume lalu lintas yang tinggi akibat berkembangnya kepemilikan kendaraan bermotor yang menyebabkan kerusakan pada perkerasan. Maka dari itu diperlukan perkerasan jalan yang tahan terhadap permasalahan yang terjadi. Menurut Mulyono (2006) terdapat tiga faktor utama yang mempengaruhi perkerasan jalan yaitu faktor pengulangan beban kendaraan, faktor drainase, dan faktor mutu konstruksi perkerasan. Salah satu cara untuk meningkatkan mutu perkerasan dengan memperkuat dan memperbaiki campuran aspal melalui penggunaan bahan tambah.

Perkerasan jalan terbagi menjadi tiga jenis yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Perkerasan lentur merupakan salah satu jenis perkerasan yang paling banyak dipakai di Indonesia, perkerasan lentur umumnya menggunakan bahan campuran aspal sebagai lapisan permukaan dan bahan ikatnya. Menurut Intari, dkk (2018) lapisan perkerasan jalan menggunakan aspal merupakan

salah satu perkerasan yang banyak digunakan di Indonesia karena mudah didapat, efisien, dan lebih ekonomis. Campuran aspal memiliki beberapa jenis campuran salah satunya adalah lataston, lataston merupakan salah satu campuran aspal panas yang dapat digunakan untuk permasalahan tersebut karena mampu memberikan sumbangan daya dukung serta berfungsi sebagai lapis kedap air yang dapat melindungi konstruksi bawahnya. Menurut Sukirman (1999) lataston merupakan salah satu lapis perkerasan jalan raya yang terdiri campuran aspal keras, agregat gradasi timpang, dan bahan pengisi (*filler*) yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan ketebalan 2,5 sampai 3 cm.

Menurut Simanjuntak, dkk (2021) Lataston *HRS-WC* merupakan campuran aspal panas bergradasi senjang terdiri dari agregat kasar, halus, dan *filler*, campuran ini disebut campuran panas karena dicampur dalam keadaan panas, campuran ini banyak digunakan di lapangan sebagai lapis permukaan jalan. *HRS* lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Hal ini sejalan dengan Irawan (2010) yang menggunakan serbuk besi sebagai pengganti agregat halus dengan campuran *HRS*. Kenaikan nilai stabilitas disebabkan oleh Tingkat kestabilan yang terlalu tinggi karena pergantian persen fraksi halus menggunakan serbuk besi menyebabkan lapisan menjadi lebih kaku. Nuswantoro, dkk (2003) bahwa penambahan *filler* dalam campuran perkerasan *HRS* maka rongga dalam campuran menjadi kecil, sehingga campuran cenderung kaku. *HRS* memiliki kelebihan yang diantaranya kedap air, tidak licin, dan sebagai lapisan aus. Hal ini sejalan dengan pernyataan Wijanarko dan Mulia (2013) perkerasan *HRS* sangat cocok diterapkan di Indonesia karena, yang mengingat bahwa negara Indonesia adalah negara beriklim tropis. Untuk meningkatkan kinerja pada campuran *HRS* maka diperlukan modifikasi-modifikasi untuk perkerasan *HRS*, salah satu faktor yang dapat menunjang perkerasan tersebut dengan adanya penambahan atau penggantian pada agregat.

Agregat merupakan salah satu komponen utama dalam campuran *HRS* yang biasanya didapat dari alam seperti gunung dan sungai. Namun seiring dengan perkembangan Pembangunan jalan hal ini berpengaruh terhadap ketersediaan material

yang ada. Selain itu, Akbar, dkk (2019) mengungkapkan bahwa penggunaan abu batu karang dan pasir besi sebagai filler dan agregat halus dalam campuran *AC-BC* memberikan peningkatan signifikan pada parameter *Marshall*. Pada beberapa penelitian yang menggunakan agregat halus pengganti seperti Nadhila dan Subarkah (2018), Irawan (2010), Nuswantoro (2003), Pamungkas (2024), Laras, dkk (2022), Norfianto dan Astika (2023), Tajudin dan Superman (2017), menyatakan penggunaan agregat halus pengganti memiliki kemampuan untuk meningkatkan karakteristik perkerasan. Penelitian ini menegaskan bahwa berbagai jenis bahan lokal atau limbah dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan. Dengan mempertimbangkan hasil penelitian sebelumnya, penelitian ini akan mengevaluasi potensi salah satu material yang berasal dari Kabupaten Kulon Progo memiliki potensi yang cukup baik untuk digunakan sebagai pengganti agregat, khususnya agregat halus adalah pasir dari Pantai Glagah. Tujuan pergantian pada agregat agar meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap beban lalu lintas dan cuaca yang ada di Indonesia.

Berdasarkan permasalahan diatas maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasir Pantai Glagah terhadap nilai Karakteristik pada campuran *HRS* sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, yang kemudian akan dilakukan pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *CL* dan *TSR*, dimana penelitian diharapkan pasir Pantai Glagah menjadi salah satu alternatif pengganti agregat halus dan juga dapat meningkatkan kualitas campuran aspal.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Menurut latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana sifat pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *HRS* ?
2. Bagaimana pengaruh pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *HRS*, terhadap nilai karakteristik *Marshall* yaitu *Flow*, *VITM*, *VMA*, *VFWA*, nilai stabilitas, *MQ*, dan *Density* ?

3. Bagaimana pengaruh pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *HRS*, terhadap nilai durabilitas pada uji *IRS* ?
4. Bagaimana pengaruh pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *HRS*, terhadap kuat Tarik tak langsung pada pengujian *ITS* ?
5. Bagaimana pengaruh pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *HRS*, terhadap daya tahan tarik pada uji *TSR* ?
6. Bagaimana pengaruh pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *HRS*, terhadap ketahanan disintegrasi akibat benturan pada uji *CL*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka didapat tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mengetahui sifat fisik pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *HRS*.
2. Mengetahui kinerja dan kualitas karakteristik *Marshall* pada campuran *HRS* yaitu stabilitas, *Flow*, *MQ*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *Density* pada penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus.
3. Mengetahui kinerja dan kualitas campuran penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai durabilitas campuran dengan pengujian *IRS*.
4. Mengetahui nilai kuat tarik tak langsung pada campuran dengan uji *ITS* pada penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus terhadap campuran *HRS*.
5. Mengetahui nilai daya tahan tarik pada campuran dengan uji *TSR* pada penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus terhadap campuran *HRS*.
6. Mengetahui ketahanan campuran terhadap disintegrasi akibat benturan pada campuran dengan pengujian *CL* pada penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *HRS*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk memberi manfaat di bidang perkerasan lentur jalan raya dengan menggunakan pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus terhadap kinerja campuran aspal *HRS*.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Agar sesuai dengan tujuan penelitian, adapun Batasan dari penelitian seperti berikut ini.

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Agregat halus yang digunakan dari Pantai Glagah Kabupaten Kulon Progo.
3. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dengan variasi kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5%.
4. Variasi agregat halus Pantai Glagah yang digunakan 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.
5. Agregat halus untuk disubstitusi adalah agregat halus yang tertahan pada saringan No.8, No.30, No.200.
6. Penelitian ini tidak membahas reaksi kimia yang terjadi.
7. Penelitian ini mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2
8. Penelitian ini menggunakan *Anova* 1 arah

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Pustaka**

Pada penelitian ini, dibuat untuk mengerucutkan permasalahan mengenai permasalahan terhadap pengaruh penggunaan pasir Pantai Glagah pada perkerasan *HRS* sebagai pengganti agregat halus. Studi pustaka diambil dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Penelitian tersebut akan dijadikan tinjauan pustaka untuk pelaksanaan dan pembuatan penelitian ini. Adapun penelitian yang pernah dilakukan mengenai pengaruh penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai pengganti agregat halus terhadap kinerja campuran terhadap aspal *HRS* sebagai berikut.

#### **2.2 Campuran *Hot Rolled Sheet (HRS)***

Aspal *HRS* adalah jenis aspal khusus yang dihasilkan dengan memanaskan agregat campuran hingga suhu tinggi sebelum digunakan. Proses pemanasan ini memungkinkan aspal cair dan agregat tercampur sempurna hingga menghasilkan campuran aspal yang padat dan tahan lama. Pada dasarnya aspal *HRS* memiliki karakteristik yang baik terhadap tekanan atau beban tinggi, fleksibilitas, dan tahan terhadap perubahan suhu. Menurut Intari, dkk (2018) menyatakan salah satu jenis campuran aspal panas yang sering digunakan di Indonesia adalah *lataston* atau sering dikenal *HRS* merupakan lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi timpang atau senjang, *filler*, dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu panas dengan tebal padat maksimum 2,5 cm- 3cm.

Menurut Hans (2023) mengungkapkan bahwa *lataston* adalah beton aspal bergradasi senjang. *Lataston* biasa juga disebut *HRS*. karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. Sesuai dengan

fungsinya, lataston mempunyai dua macam campuran yaitu lapisan aus, dan lapisan pondasi.

*HRS* itu sendiri memiliki ketentuan jenis aspal yang digunakan dalam perkerasan jalan Menurut Fathonah, dkk (2021) mengatakan bahwa *HRS* atau lapis tipis aspal beton (lataston) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, *filler*, dan aspal keras dengan perbandingan tertentu. Jenis aspal yang biasa digunakan pada *HRS* adalah aspal keras *AC 60/70* dan *AC 80/100*.

Menurut Setiyo, dkk (2020) menyatakan bahwa lataston (*HRS*) merupakan lapisan permukaan yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*), dan aspal *IP 60* atau *80* yang dicampur dalam keadaan panas dengan tebal pada antara 2,5 – 3 cm.

Pada perkerasan aspal *HRS* memiliki ketebalan tertentu yang selaras dengan karakteristiknya. Menurut Nurhakim (2020) menyatakan bahwa *HRS-WC* sering juga disebut dengan lataston aus merupakan beton beraspal bergradasi senjang yang mempunyai ketebalan minimum adalah 3 cm. *HRS-WC* diformulasikan untuk menghasilkan lapisan kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Lapisan permukaan mempunyai sifat-sifat kedap air, tidak licin, dan sebagai lapisan aus.

Selain memiliki kelebihan yang membuat aspal *HRS* menjadi bahan yang sering digunakan di Indonesia aspal *HRS* juga memiliki kekurangan yang cukup diperhitungkan. Lusyana (2021) menyatakan *HRS* adalah lapis perkerasan yang dibuat dari campuran panas aspal dengan agregat bergradasi senjang. Gradasi *HRS-WC* memiliki kelemahan yaitu mudah menyerap air, mudah getas, mudah terjadi keretakan pada jalan, dan mudah terjadi alur gelombang pada jalan. *HRS-WC* mudah menyerap air karena pada gradasinya lebih dominan agregat halus

### **2.3 Pemakaian Agregat Halus Pengganti Pada Campuran Perkerasan Jalan**

Pada saat ini perkembangan jalan di Indonesia baru meningkat hal ini menyebabkan banyaknya peneliti dalam memodifikasi bahan pengganti agregat pada

campuran aspal. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas pada aspal yang akan digunakan dalam perencanaan jalan. Salah satunya menurut Ramadhan dan Fauziah (2020) meneliti tentang kinerja campuran SMA dengan menggunakan pasir Pantai Indrayanti sebagai pengganti agregat halus dengan bahan ikat pen 60/70 dengan menggunakan pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, dan *CL*. Pada penelitian ini menggunakan pasir Pantai Indrayanti telah memenuhi syarat agregat halus pada Bina Marga 2010, pada parameter *Marshall Properties* pada kinerja volumetric dan stabilitas menurun setiap penambahan kadar pasir namun masih memenuhi *Spesifikasi Split Mastik Asphalt* yang ditetapkan departemen perkembangan wilayah (1999), menyatakan untuk nilai kuat tarik tak langsung pada uji *ITS* menurun seiring penambahan kadar substitusi pasir Pantai Indrayanti, sedangkan pada uji *CL* mengalami kenaikan dengan bertambahnya variasi pasir, dan pada uji *IRS* nilai durabilitas semakin rendah.

Menurut Sukamto (2020) mengungkapkan bahwa pada penggunaan pasir Sungai Progo sebagai pengganti agregat halus dalam beton aspal campuran AC-WC dengan parameter *Marshall*. Pada analisis ini penggunaan agregat halus Sungai Progo memenuhi syarat kriteria agregat halus untuk perkerasan AC-WC berdasarkan Bina Marga 2010.

Menurut Nadhila dan Subarkah (2018) mengatakan pada Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Pada Perkerasan Lapis Aspal Beton. Dengan pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, dan *CL*. Pada penelitian ini menggunakan limbah marmer telah memenuhi spesifikasi pada Bina Marga 2018 Revisi 2,

Mukhlis (2023) melakukan analisis terhadap karakteristik *Marshall* dari *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* dengan substitusi pasir silica sebagai agregat halus. Tujuan dari analisis ini adalah mengetahui hasil dari *Marshall Optimum Asphalt Content (KAO)* dalam setiap campuran dan memanfaatkan pasir silica sebagai solusi dalam mengurangi jumlah pasir silica dari PT Semen Padang dan untuk meningkatkan karakteristik *Marshall* dalam campuran Aspal. Didapatkan hasil nilai KAO yang didapatkan pada pengujian *Marshall* untuk campuran AC-WC pada persentase pasir silica dengan persentase 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% diperoleh hasil semakin

meningkat persentase pasir silika sebagai agregat halus maka semakin rendah nilai KAO.

Penggantian agregat pada campuran aspal terutama pada aspal *HRS* dimana hal ini bertujuan agar meningkatkan kualitas pada perkerasan aspal seperti halnya yang dilakukan oleh Setiyo (2020) dalam penelitian ini membahas mengenai pengaruh pasir Pantai Sipelot sebagai pengganti agregat 0/5 campuran *HRS-WC*. Tujuan dari penelitian ini mengetahui bahwa pasir pantai digunakan sebagai material alternative dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas campuran aspal terutama nilai karakteristik *Marshall*. Penggunaan pasir Pantai Sipelot sebagai bahan pengganti 0/5 campuran *HRS-WC* dapat berpengaruh pada pengujian *Marshall* tetapi masih memenuhi spesifikasi Bina Marga Jawa Timur (2018).

Menurut Lusyana, dkk (2021) mengatakan pada penelitian ini membahas kinerja durabilitas campuran *HRS-WC* dengan substitusi cangkang sawit sebagai agregat halus. Hasil dari penelitian ini pada pengujian karakteristik *Volumetrik* dan karakteristik *Marshall* menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi cangkang sawit maka akan semakin tinggi nilai KAO hal ini disebabkan karena semakin tinggi persentase substitusi cangkang sawit maka semakin besar kadar aspal yang diperlukan.

Menurut Sulistyono, dkk (2023) melakukan analisis terhadap karakteristik campuran *lataston (HRS-WC)* dengan batu kapur dolomit sebagai pengisi dalam campuran aspal. Pada penelitian ini penggunaan batu kapur sebagai agregat halus menggunakan parameter pengujian *Marshall* telah memenuhi syarat Bina Marga 2018.

## **2.4 Perbandingan Penelitian**

Berikut merupakan perbandingan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

NO	ASPEK	Ramadhan dan Fauziah (2020)	Nadhila dan Subarkah (2018)	Setiyo, dkk (2020)	Lusyana, dkk (2021)	Sulistiyono, dkk(2023)	Mukhlis, dkk (2023)	Muhammad
1	Judul	Kinerja Campuran SMA Dengan Menggunakan Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Pengganti Agregat Halus.	Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Pada Perkerasan Lapis Aspal Beton.	Pengaruh Pasir Pantai Sipelot Sebagai Pengganti Agregat Campuran Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS_WC)	Kinerja Durabilitas Campuran Aspal Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) dengan Substitusi Cangkang Sawit sebagai Agregat Halus	Characteristics of The Mixture of Lataston (HRS-WC) with Dolomite Limestone as A Filler in Asphalt Mixture	Marshall Characteristics Of Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) With Substitution Of Silica Sand As Fine Aggregate	Pemanfaatan Pasir Glagah Kabupaten Kulon Progo Dalam campuran perkerasan HRS
2	Agregat Pengganti	Pasir Pantai Indrayanti	Limbah Marmer	Pasir Pantai Sipelot	Cangkang Sawit	Batu Kapur	Pasir Silika	Pasir Glagah
3	Jenis Campuran	<i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	AC-WC	HRS-WC	HRS-WC	HRS-WC	AC-WC	HRS-WC
4	Jenis Aspal	60-70	60-70	60-70	60-70	60-70	60-70	60-70
5	Pengujian	<i>Marshall Standard, IRS, ITS, CL.</i>	<i>Marshall Standard, IRS, ITS, CL.</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall, IRS, ITS, TSR CL.</i>
6	Hasil	Nilai karakteristik Marshall masih memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Departemen Perkebangan Wilayah (1999) dan sifat fisik pasir pantai Indrayanti memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh bina marga 2010 sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti dalam campuran aspal.	Didapatkan hasil nilai karakteristik <i>Marshall</i> didapatkan Kadar Aspal Optimum yang memenuhi spesifikasi yang disarankan sebesar 6,65% dan pengujian IRS memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.	Didapat bahwa penggunaan pasir pantai Sipelot sebagai pengganti agregat 0/5 pada lapis Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) dapat mempengaruhi nilai karakteristik Marshall namun tetap memenuhi spesifikasi Bina Marga Jawa Timur (2018) dan didapat nilai presentase optimum penggunaan pasir pantai terdapat pada kadar variasi 37,63%.	Didapatkan bahwa cangkang kelapa sawit memenuhi spesifikasi Bina Marga (2018) sehingga dikatakan layak digunakan sebagai substitusi agregat halus khususnya pada campuran HRS-WC.	Didapatkan bahwa kapur Dolomite yang digunakan sebagai campuran Filler Lapisan Aspal Beton dan karakteristik campuran HRS-WC memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 dan didapatkan nilai KAO sebesar 6,5% pada campuran kapur Dolomite sebagai campuran Filler	Didapatkan nilai kadar aspal optimum untuk campuran AC-WC sebesar 5,99% dan didapatkan bahwa persentase silika sebagai substitusi agregat halus pada campuran AC-WC semakin meningkat persentase pasir silika sebagai substitusi agregat halus pada campuran AC-WC dapat menurunkan nilai KAO yang diperoleh	Pada pengujian ini menunjukkan bahwa pasir Pantai Glagah yang digunakan sebagai substitusi agregat yang berlaku dan layak sebagai pengganti agregat halus. Hasil pengujian <i>Marshall, IRS, ITS, TSR</i> , dan <i>CL</i> menunjukkan bahwa memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

(Sumber : Ramadhan dan Fauziah (2020), Sukanto (2020), Setiyo, dkk (2020), Lusanya, dkk (2021), Sulistiyono, dkk (2023), Mukhlis, dkk(2023), Muhammad)

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalan raya yang diperkeras dengan agregat, dan aspal atau semen sebagai bahan ikat yang memiliki konstruksi tertentu, ketebalan, kekuatan, kekauan, dan kestabilan tertentu agar dapat menyalurkan beban kendaraan atau lalu lintas ke tanah atau (*sub-grade*). Lapis perkerasan ini berfungsi memberikan pelayanan terhadap lalu lintas dan menerima beban lalu lintas di atasnya. Lapis perkerasan atas merupakan lapisan yang sering kontak langsung dengan roda kendaraan dan lingkungan, sehingga lapisan ini lebih cepat rusak terhadap cuaca dan beban kendaraan.

Berdasarkan bahan pengikatnya, struktur perkerasan dibagi menjadi dua jenis perkerasan yaitu :

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.

2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan yang menggunakan plat beton semen sebagai lapisan yang diletakan diatas tanah dasar yang beban lalu lintasnya dipikul oleh plat beton.

#### **3.2 Hot Rolled Sheet (HRS)**

Merupakan campuran aspal beton menggunakan gradasi senjang dengan kandungan agregat kasar, agregat halus dan memiliki kandungan aspal yang tinggi sehingga dibutuhkan mutu campuran yang baik untuk menghasilkan jalan dengan kelenturan dan keawetan yang sesuai dengan umur rencana.

Menurut Bina Marga (2018) Lataston terdiri dari dua jenis campuran, *HRS* Fondasi (*HRS-Base*) dan *HRS* Lapisan Aus (*HRS Wearing Course, HRS-WC*) dan ukuran

maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. *HRS-Base* mempunyai proposal fraksi agregat kasar lebih besar dari pada *HRS-WC*. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan yang ditentukan dalam spesifikasi. Ketentuan sifat campuran aspal lataston dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini.

**Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lataston (*HRS*)**

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapisan Aus	Lapisan Fondasi
Kadar Aspal Efektif (%)	Min	5,9	5,5
Jumlah tumbukan perbidang		50	
Rongga dalam campuran(%)	Min	3.0	
	Maks	5.0	
Rongga dalam Agregat ( <i>VMA</i> )(%)	Min	17	17
Rongga terisi aspal (%)	Min	68	
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	600	
<i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm)	Min	250	
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60°C	Min	90	

Sumber : Bina Marga (2018)

### 3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur

Material penyusun perkerasan lentur yang akan digunakan dalam penelitian terdiri dari agregat halus, agregat kasar, bahan pengikat aspal penetrasi 60/70 dan juga bahan tambahan lainnya menyesuaikan dengan jenis campuran yang digunakan pada penelitian.

#### 3.3.1 Agregat

Agregat adalah material bahan baku dalam pembuatan aspal yang berupa butir-butiran batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral hasil alam ataupun lainnya. Agregat

merupakan bagian terbesar dalam campuran aspal itu sendiri. Berdasarkan Bina marga (2018) agregat dibagi menjadi 3 bagian seperti berikut.

1. Agregat kasar, agregat yang tertahan pada ayakan No.4 (4,75 mm)
2. Agregat halus, terdiri dari pasir dari hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No 4 (4,75 mm)
3. Bahan pengisi (*filler*), bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas gumpalan dan harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 mikron) tidak kurang dari 75%.

Berdasarkan Bina Marga (2018) Revisi 2 dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 ketentuan spesifikasi agregat kasar dan spesifikasi agregat halus.

**Tabel 3.2 Spesifikasi Agregat Kasar**

Pengujian			Metode pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12%
	Magnesium sulfat			Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los Ageles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks.6%
		500 putaran		Maks.30%
	Semua jenis campuran bergradasi lainnya	100 putaran		Maks.8%
		500 putaran		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min.95%
Butiran pecah pada agregat kasar	SMA		SNI 7619:2012	100/90*)
	Lainnya			95/90**)
Partikel pipih dan lonjong	SMA		SNI 8287:2016	Maks.5%
	Lainnya		Perbandingan	Maks.10%
Material lolos ayakan No.200			SNI ASTM C117: 2012	Maks.1%

Sumber : Bina Marga (2018)

**Tabel 3.3 Spesifikasi Agregat Halus**

<b>Pengujian</b>	<b>Metode Pengujian</b>	<b>Nilai</b>
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2022	Min.45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks.10%

Sumber : Bina Marga (2018)

### 3.3.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bina Marga (2018) menyatakan bahan pengisi (*filler*) merupakan material pengisi yang lolos saringan No.200 yang bisa berupa debu batu kapur, debu kapur padam, debu kapur magnesium, dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), semen, abu terbang, bahan *non plastic* yang kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Penggunaan *filler* pada campuran perlu dibatasi agar campuran tidak menjadi getas dan mudah retak akibat beban lalu lintas.

### 3.3.3 Aspal

Aspal merupakan bahan perekat untuk perkerasan jalan dengan warna hitam kecoklatan serta bersifat cair plastis dan cair pada suhu tinggi sedangkan pada suhu rendah aspal akan mengeras. Aspal didapat dari batuan alam untuk aspal alami, dan dari hasil pembakaran terakhir minyak bumi.

Berdasarkan ketentuan Bina Marga (2018) dapat dilihat pada Tabel 3.4 spesifikasi ketentuan aspal pen 60/70 berikut ini.

**Tabel 3.4 Spesifikasi Ketentuan Aspal Pen 60/70**

Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Aspal Pen 60/70
Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$
Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	SNI 2434:2011	$\geq 48$
Daktalitas pada $25^{\circ}\text{C}$ (cm)	SNI 2432:2011	$\geq 100$
Penetrasi $25^{\circ}\text{C}$ (0,1)	SNI 2456:2011	60-70
Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	$\geq 99$
Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	SNI 2433:2011	$\geq 232$

Sumber : Bina Marga (2018)

### 3.4 Karakteristik Pengujian *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* dimaksudkan untuk mengetahui nilai stabilitas, kelelehan (*flow*), *VITM*, *VFWA*, *Density*, *VMA*, dan *MQ*.

#### 3.4.1 Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban lalu lintas agar tidak terjadi kerusakan pada jalan. Nilai stabilitas didapat dengan membaca pada alat uji *Marshall* dengan membaca jarum dial, semakin tinggi nilai stabilitas maka semakin besar untuk menahan beban lalu lintas.

Nilai stabilitas sesungguhnya :

$$S = p \times q \quad (3.1)$$

Keterangan:

S : angka stabilitas sesungguhnya

P : Pembacaan arloji stabilitas

q : angka koreksi benda uji

#### 3.4.2 Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*flow*) merupakan keadaan dimana suatu campuran aspal mengalami perubahan bentuk secara diametral yang terjadi akibat beban lalu lintas. Nilai *flow*

didapat dengan membaca jarum dial pada alat uji pada *Marshall* test, semakin besar kadar aspal pada campuran aspal maka semakin besar nilai kelelahan yang didapat.

#### 3.4.3 *Voids In Total Mix (VITM)*

*VITM* merupakan persentase volume rongga udara yang berada pada campuran aspal yang dinyatakan dalam nilai *persentase* (%). Berikut persamaan untuk mengetahui volume rongga udara :

$$VITM = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h}\right) \quad (3.2)$$

$$H = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{b.j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b.j \text{ aspal}}}$$

Keterangan:

g : berat volume benda uji (gr/cc)

h : berat jenis maksimum teoritis (gr/cc)

#### 3.4.4 *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

*VFWA* merupakan persentase rongga yang terisi oleh aspal yang membuat campuran aspal menjadi kedap terhadap udara dan air. Berikut merupakan perhitungan rongga terisi oleh aspal :

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

Keterangan :

*VFWA* : rongga terisi aspal, persen *VITM*

*VMA* : rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk

*VITM* : volume pori dalam beton aspal padat

#### 3.4.5 *Density*

*Density* menunjukkan besaran kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* maka kepadatan semakin baik. Semakin tinggi kadar aspal maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar partikel semakin baik, sehingga

campuran aspal menjadi semakin rapat dan padat. Berikut merupakan persamaan nilai *density*.

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

$$f = d - e$$

Keteranga :

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 ( $cm^3$ )

#### 3.4.6 Voids in Mineral Agregat (VMA)

VMA merupakan persentase rongga yang terdapat pada campuran aspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif. Semakin besar rongga antara partikel dalam campuran, maka semakin besar nilai VMA. Berikut merupakan perhitungan VMA terhadap campuran total.

$$1. \text{ VMA} = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (3.5)$$

Keterangan :

VMA = rongga di antara butiran agregat,persen volume bulk

Gsb = berat jenis volume bulk

Gmb = berat jenis bulk campuran padat

Ps = kadar agregat, persen terhdap berat totsl campuran

$$2. \text{ VMA} = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + p_b} \times 100$$

Keterangan :

VMA = rongga di antara butiran agregat,persen volume bulk

Gsb = berat jenis volume bulk

Gmb = berat jenis bulk campuran padat

Pb = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

### 3.4.7 *Marshall Quotient (MQ)*

merupakan hasil dari pembagian antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*) yang dinyatakan dalam nilai (kg/mm). semakin tinggi nilai *MQ*, maka semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap getas. Berikut perhitungan nilai *MQ*.

$$MQ = \frac{s}{f} \quad (3.6)$$

Keterangan :

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

S = Nilai stabilitas toleransi (kg)

F = nilai *flow* (mm)

### 3.5 *Index of Retained Strength (IRS)*

Pengujian *IRS* dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik pada campuran aspal akibat pengaruh air, cuaca, dan suhu. Pengujian ini dilakukan dengan cara benda uji dimasukkan kedalam *waterbath* atau direndam selama 24 jam dengan suhu konstan 60°C sebelum benda uji dilakukan pembebanan. Pada Bina Marga pada benda uji harus memenuhi syarat nilai *IRS* minimal adalah 75%. Berikut ini merupakan perhitungan pada pengujian *IRS*.

$$IRS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.7)$$

Keterangan :

S1 = Stabilitas setelah direndam selama 0.5 jam

S2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

### 3.6 *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Pengujian *ITS* atau pengujian tarik tak langsung merupakan pengujian digunakan untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal. Pengujian ini dilakukan untuk melihat potensi kerusakan gaya tarik pada campuran aspal.

Pengujian *ITS* menggunakan sampel atau benda uji berbentuk silinder yang dilakukan pembebanan menggunakan dua plat yang menekan sampai batas maksimum yang menyebabkan pecah atau keretakan pada benda uji. Pengujian *ITS* hampir mirip seperti pengujian *Marshall*, tetapi perbedaan pada pengujian ini tidak diperlukannya cincin penguji, melainkan menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekanan *Marshall*. Berikut merupakan perhitungan pengujian *ITS*.

$$ITS = \frac{2 \times p}{\pi \times d \times h} \quad (3.8)$$

Keterangan :

- ITS* = kuat tarik tidak langsung (N/mm)  
 P runtuh = beban puncak (N)  
 d = diameter sampel (mm)  
 h = tinggi sampel (mm)

### 3.7 Tensile Strength Ratio (TSR)

Nilai *TSR* didapat dari perbandingan antara nilai daya tahan tarik benda uji setelah direndam selama 24 jam pada *waterbath* dengan suhu konstan 60°C. Jika nilai daya tahan tarik tanpa rendaman maka hasil dikalikan 100. Berikut ini merupakan perhitungan pada pengujian *TSR*.

$$TRS = \frac{s_2}{s_1} \times 100 \quad (3.9)$$

Keterangan :

- S1 : Rata- rata nilai *ITS* setelah rendaman selama 30 menit.  
 S2 : Rata- rata nilai *ITS* setelah rendaman selama 24 jam.

### 3.8 Cantabro Loss (CL)

Pengujian *CL* merupakan pengujian digunakan untuk mengetahui tingkat ketahanan campuran aspal terhadap keausan akibat beban lalu lintas dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja. pembebanan lalu

lintas yang terus menerus dan berulang-ulang pada lapisan aspal yang menyebabkan campuran aspal menjadi aus dan mengalami penurunan kekuatan pada campuran aspal. Berikut merupakan perhitungan pada pengujian *CL*.

$$L = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \quad (3.10)$$

Keterangan:

L = persentase kehilangan berat (%)

M<sub>0</sub> = berat benda uji sebelum diabrasi (gr)

M<sub>1</sub> = berat benda uji setelah di abrasi (gr)

### 3.9 Analisis Statistik

Analisis statistik merupakan ilmu matematika yang membahas tentang pengolahan data, pengorganisasian, pengumpulan, penyajian dan analisis data untuk menyajikan suatu hasil. Pada penelitian ini menggunakan analisis statistik *Anova*, analisis statistik untuk memberikan perubahan yang terjadi akibat adanya pengaruh agregat halus Pantai Glagah sebagai bahan ikat pada campuran *HRS*. Penggunaan metode ini dikarenakan terdapat variable bebas (Agregat Halus Pantai Glagah) yang terbagi menjadi beberapa kelompok pada campuran aspal *HRS*.

Data-data yang didapat pada pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *CL*, dan *TSR* dengan parameter penggunaan agregat halus Pantai Glagah terhadap kinerja campuran aspal *HRS* dengan menggunakan aspal pen 60/70 yang nantinya akan dianalisis dengan metode statistik *Anova* untuk menyimpulkan hasil pada penelitian.

#### 1. Uji Normalitas

Distribusi data harus normal, agar distribusi normal, dapat ditempuh dengan cara memperbanyak jumlah sampel dalam kelompok.

#### 2. Uji Homogen

Setiap kelompok hendaknya berasal dari populasi yang sama dengan variansi yang sama pula. Bila banyaknya sampel sama pada setiap kelompok maka kesamaan variansinya dapat diabaikan. Tapi bila banyak sampel pada masing masing kelompok tidak sama maka kesamaan variansi populasi sangat diperlukan.

Ada tiga bagian pengukuran variabilitas dalam pada data yang akan dianalisis dengan *ANOVA*, yaitu :

1. Variabilitas antar kelompok (*between treatments variability*)

Variabilitas antar kelompok adalah variansi *mean* kelompok sampel terhadap rata-rata total, sehingga variansi lebih terpengaruh oleh adanya perbedaan perlakuan antar kelompok, atau Jumlah Kuadrat antar kelompok (Jka).

2. Variabilitas dalam kelompok (*within treatments variability*)

Variabilitas dalam kelompok adalah variansi yang ada dalam masing-masing kelompok. Banyaknya variansi akan tergantung pada banyaknya kelompok. Variansi tidak terpengaruh oleh perbedaan perlakuan antar kelompok, atau Jumlah Kuadrat dalam (JKd).

3. Jumlah kuadrat penyimpangan total (*total sum of squares*)

Jumlah kuadrat penyimpangan total adalah jumlah kuadrat selisih antara skor individual dengan mean totalnya, atau JKT.

Berikut ini merupakan perhitungan pada pengujian analisis statistik menggunakan *Anova* satu arah.

1. Saat rumusan hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) untuk melihat pengaruh masing-masing faktor variable. Berikut merupakan rumusan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 \quad : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \dots \dots \mu_k \quad (3.11)$$

$$H_1 \quad : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \dots \dots \neq \mu_k \quad (3.12)$$

2. Membandingkan antara nilai F-hitung dengan nilai F-tabel.

Jika nilai F-hitung > F-tabel ; maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

Jika nilai F-hitung < F-tabel ; maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  ditolak.

3. Menentukan nilai signifikansi atau *P-Value* yang nilai besaran  $\alpha$  biasanya menggunakan nilai 5% atau 0,05.

Jika nilai signifikan atau *P-Value* > 0,05 ; maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

Jika nilai signifikan atau *P-Value* < 0,05 ; maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.

4. Perumusan keputusan  $H_0$  dan  $H_1$

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan pada penggunaan agregat halus Pantai Glagah terhadap aspal *Hot Rolled Sheet (HRS)*,

$H_1$  : Ada perbedaan yang signifikan pada penggunaan agregat halus Pantai Glagah terhadap aspal *Hot Rolled Sheet (HRS)*.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian merupakan kegiatan atau langkah- langkah yang dilakukan seorang peneliti secara ter-struktur dan sistematis untuk mendapatkan data yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu penelitian atau percobaan. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan penelitian pengujian atau percobaan yang dilaksanakan di Laboratorium untuk mendapatkan data- data yang diperlukan. Data yang didapat selanjutnya diolah dengan menggunakan spesifikasi yang sudah ditentukan. Standar spesifikasi penelitian yang digunakan mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

##### 4.1.1 Pemeriksaan Campuran Aspal

Pemeriksaan ini dilaksanakan dengan cara membuat sampel yang dilakukan pada laboratorium untuk mendapatkan data. Data yang didapat selanjutnya diolah dengan menggunakan spesifikasi yang sudah ditentukan. Standar spesifikasi penelitian yang digunakan mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

##### 4.1.2 Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Aspal penetrasi 60/70
2. Agregat halus dan agregat kasar yang sudah memenuhi standar dari Clereng, Kulonprogo.
3. Agregat halus pasir Pantai Glagah.

#### 4.1.3 Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Alat uji bahan (agregat kasar, agregat halus, dan aspal)
  - a. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus terhadap air yaitu timbangan dengan kapasitas 1Kg, piknometer berkapasitas 500 ml, kerucut terpancung dari logam, batang penumbuk yang memiliki bidang penumbuk rata, desikator, saringan, oven, air suling, pompa hampa udara (*Vacum pump*), talam dan bejana tempat air.
  - b. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar terhadap air yaitu keranjang kawat dengan kapasitas sekitar 5 kg, oven, alat pemisah, saringan No.4, timbangan berkapasitas 5 Kg, dan tempat air dengan bentuk dan kapasitas yang sesuai untuk pemeriksaan agregat yang dilengkapi dengan pipa supaya permukaan air selalu tertutup.
  - c. Peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan analisis saringan agregat halus dan kasar yaitu berupa satu set saringan, alat pemisah contoh, oven, timbangan, mesin penggetar saringan, talam, sikat kuning, kuas, sendok, dan alat-alat lainnya.
  - d. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan *sand equivalent* yaitu silinder ukur yang terbuat dari plastic, tutup karet, tabung irrigator, kaki pemberat, larutan  $\text{CaCl}_2$ , *formaldehyde*, *glycerin*, corong dengan mulut luas, pengguncang mekanis, jam yang pembacaannya sampai detik, kaleng dengan diameter 57 ml dan isi 85 ml.
  - e. Peralatan yang dipakai saat pengujian titik lembek aspal dan ter adalah thermometer, dudukan benda uji, cincin kuning, alat pengarah bola, penjepit, bejana gelas, dan bola yang terbuat dari baja.
  - f. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan titik nyala dan titik bakar yaitu *thermometer*, plat pemanas, penahan angin, sumber pemanas, nyala penguji, dan *cleveland open cup*.

- g. Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* yaitu mesin *Los Angeles*, oven, saringan, dan bola baja dengan diameter 4,8 cm dan berat masing-masing 390 sampai 445 gram.
- h. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan kelekatan aspal yaitu wadah untuk pengaduk yang berkapasitas 500 ml, timbangan dengan kapasitas 200 gr, pisau pengaduk yang terbuat dari baja, tabung gelas kimia, saringan, oven, thermometer logam, dan air suling dengan pH 6,0-7,0.
- i. Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan penetrasi bahan-bahan bitumen yaitu alat penetrasi yang dapat menggerakkan jarum naik turun, pemegang jarum, jarum penetrasi, pemberat, cawan contoh, tempat air untuk benda uji, bak perendam, pengukur waktu, thermometer.
- j. Peralatan yang digunakan saat pengujian daktilitas yaitu thermometer, bak perendam, mesin uji, cetakan daktilitas kuning, *metyl alcohol* Teknik dan sodium klorida.
- k. Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan kelarutan aspal dalam *Tetra chloride* yaitu cawan porselin, alas dari asbes, labu *Erlenmeyer*, labu penyaring, kertas penyaring, tabung penyaring, tabung karet yang digunakan untuk menahan cawan porselin, oven, neraca analitik, pembakar, desikator, pompa hampa udara, batang pembersih, *Carbon Tetra Chlorida*, dan *Ammonium Karbonat*.

#### 4.2 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data sekunder didapat dari penelitian-penelitian sebelumnya dan data primer didapatkan selama pengujian. Dalam mendapatkan data benda uji dikelompokkan berdasarkan pengujiannya yaitu data *stabilitas*, kelelahan (*flow*), *VITM*, *VFWA*, *VMA*, *density*, *MQ*, *IRS*, *ITS*, *TSR*, dan nilai *CL*.

### 4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan pada penelitian ini dilakukan dengan persiapan benda uji, pemeriksaan material. Persiapan alat, pembuatan sampel benda uji, pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *TSR*, dan nilai *CL*, dan membuat analisis, pembahasan, dan kesimpulan.

#### 4.3.1 Pengambilan Agregat

Dalam penelitian ini dibutuhkan agregat halus yang diambil dari Pantai Glagah yang berada pada Kabupaten Kulon Progo. Dalam penelitian ini juga menggunakan agregat kasar dan halus dari Clereng, Kulonprogo yang sudah memenuhi standar.

#### 4.3.2 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan pada bahan material yang akan digunakan pada penelitian ini, dan untuk memastikan atau mengetahui apakah material tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Revisi 2. Berikut merupakan pengujian untuk agregat dan aspal.

##### 1. Pengujian agregat

###### a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2016)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh (*saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*), dan penyerapan dari agregat kasar. Persyaratan berat jenis agregat kasar untuk penyerapan air pada Bina Marga 2018 adalah 3%.

###### b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2016)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh (*saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*), dan penyerapan dari agregat kasar. Persyaratan berat jenis agregat kasar untuk penyerapan air pada Bina Marga 2018 Revisi 2 adalah 3%.

- 1) Terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm)
  - 2) Fraksi agregat halus harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar
  - 3) Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak diperbolehkan.
- c. Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal (SNI 2439:2011)
- Pengujian kelekatan terhadap aspal bertujuan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup oleh aspal terhadap keseluruhan luas permukaan. Persyaratan yang diizinkan menurut Bina Marga adalah 95%.
- d. Pengujian analisa saringan
- Pengujian Analisa saringan bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan
- e. Pengujian keausan agregat (SNI 2417:2008)
- Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan, pengujian ini menggunakan mesin *Los Angeles*.
- f. Pengujian *Sand Equivalent*
- Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar debu, lumpur, atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.
2. Pengujian Aspal
- a. Pengujian berat jenis aspal (SNI 2441-2011)
- Pengujian berat jenis aspal bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Besarnya berat jenis aspal sangat berpengaruh dalam membuat perencanaan campuran aspal, karena digunakan dalam menentukan kadar aspal dalam campuran aspal.
- b. Pengujian titik lembek (SNI 2434:2011)
- Pengujian titik lembek ini bertujuan untuk menentukan titik lembek aspal padat dengan cara *ring and ball*, yaitu lapisan aspal yang ditekan dalam cincin

yang didesak oleh bola baja dengan berat tertentu sampai lapisan aspal tersebut menyentuh plat dasar yang berada di permukaan bawah cincin. Hasil dari pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu.

c. Pengujian daktilitas (SNI 2432-2011)

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

d. Pengujian penetrasi aspal

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

e. Pengujian kelarutan dalam *Karbon Tetra Chlorida* atau *Trichloroethylene* (SNI 2438:2015)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam *Karbon Tetra Chlorida*.

f. Pengujian titik nyala dan titik bakar (SNI 2433:2011)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan suhu saat aspal terlihat menyala singkat di permukaannya (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

#### 4.3.3 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan alat yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Berikut merupakan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

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

#### 4.3.4 Perencanaan Campuran

Campuran aspal pada *HRS* terdiri dari agregat halus, agregat kasar, dan aspal yang harus diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk membuat campuran aspal. Hal ini ditujukan untuk mengetahui sifat-sifat material apakah sudah sesuai dan sudah memenuhi dengan syarat dan spesifikasi Bina Marga.

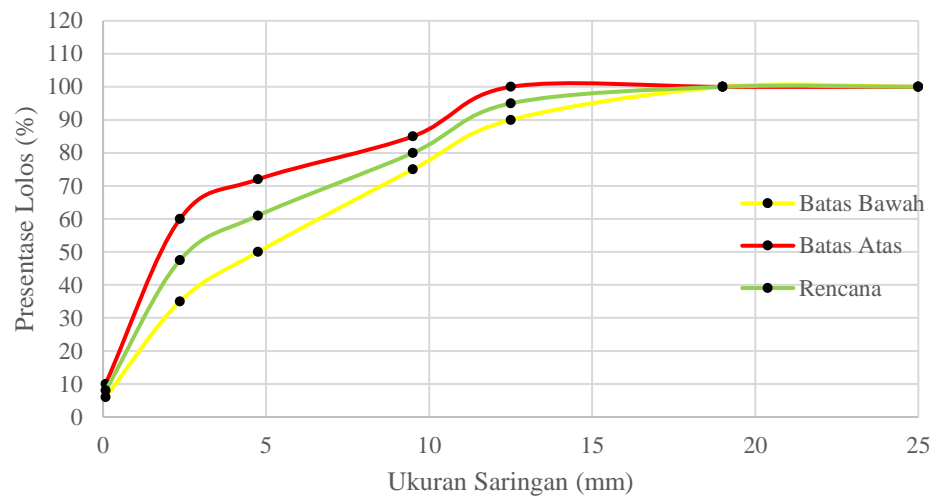
Setelah pengujian material sudah dilakukan, kemudian melakukan penyaringan agregat dengan menggunakan saringan yang telah memenuhi syarat. Penyaringan ini dilakukan untuk mengetahui jenis agregat yang akan dimasukkan ke dalam campuran aspal. Setelah dilakukan penimbangan agregat untuk masing-masing ukuran agregat.

Untuk campuran aspal benda uji dilakukan variasi kadar aspal mulai dari 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dari berat benda uji masing-masing dibuat 3 sampel. Campuran aspal pada benda uji dengan variasi campuran antara agregat halus Pantai Glagah dengan agregat kasar dan halus dari Sungai Clereng yang tertahan pada saringan No.8, No.30 dan No.200 sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Dari setiap variabel tersebut dilakukan uji *Marshall*, *ITS*, *CL*, dan *IRS*. Berikut merupakan gradasi rencana untuk campuran *HRS* dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 4.1 Spesifikasi Gradasi Agregat *Hot Rolled Sheet (HRS)***

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Ideal (%)	
		(mm)	Min	Max	Lolos	Tertahan
1	1 <sup>1/2</sup> "	37,5	100	100	100	0
2	1"	25	100	100	100	0
3	3/4"	19	100	100	100	0
4	1/2"	12,5	90	100	95	5
5	3/8"	9,5	75	85	80	20
6	No.4	4,75	-	-	-	-
7	No.8	2,36	50	72	61	39
8	No.16	1,18	-	-	-	-
9	No.30	0,600	35	60	47,5	52,5
10	No.50	0,300	-	-	-	-
11	No.100	0,150	-	-	-	-
12	No.200	0,075	6	10	8	92
13	Pan		0	0	0	100

Sumber : Bina Marga (2018)



**Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS)**

Berdasarkan Bina Marga 2018 Revisi 2 syarat aspal *HRS* adalah minimum 6%. Berikut merupakan perhitungan penentuan kadar aspal sebagai berikut.

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

Keterangan:

$P_b$  : Kadar aspal optimum rencana

CA : Persentase agregat kasar yang tertahan pada saringan No.4

FA : Persentase agregat halus yang lolos saringan No.4 dan tertahan No.200

*Filler* : Persentase agregat halus yang lolos saringan No.200

K : Konstanta (1-2)

Berdasarkan perhitungan didapat nilai CA sebesar 20%, nilai FA 72%, *filler* 8% dan konstanta dianggap 1, maka dengan persamaan 4.1 dapat dihitung kadar aspal optimum rencana seperti berikut.

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 (20\%) + 0,045 (72\%) + 0,18(8\%) + 1 \\ &= 6,38\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas perkiraan kadar aspal optimum yang didapat adalah 6,38% 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

sampel sebesar 1200 gram. Berat total kebutuhan agregat didapat dari berat setiap campuran dikurangi dengan berat total aspal yang dibutuhkan. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan agregat untuk setiap kadar aspal.

**Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1	1"	25	100	100	100	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,70	56,70
4	3/8	9,5	75	85	80	15	170,10	226,80
5	# 8	4,75	50	72	61	19	215,46	442,26
6	# 30	2,36	35	60	47,50	13,50	153,09	595,35
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	447,93	1043,28
8	pan		0	0	0	8	90,72	1134
Jumlah							1134	gr

**Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1	1"	25	100	100	100	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,40	56,40
4	3/8	9,5	75	85	80	15	169,20	225,60
5	# 8	4,75	50	72	61	19	214,32	439,92
6	# 30	2,36	35	60	47,50	13,50	152,28	592,20
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	445,56	1037,76
8	pan		0	0	0	8	90,24	1128
Jumlah							1128	gr

**Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1	1"	25	100	100	100	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,10	56,10
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,30	224,40
5	# 8	4,75	50	72	61	19	213,18	437,58
6	# 30	2,36	35	60	47,50	13,50	151,47	589,05
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	443,19	1032,24
8	pan		0	0	0	8	89,76	1122,00
Jumlah							1122	gr

**Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1	1"	25	100	100	100	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,80	55,80
4	3/8	9,5	75	85	80	15	167,40	223,20
5	# 8	4,75	50	72	61	19	212,04	435,24
6	# 30	2,36	35	60	47,50	13,50	150,66	585,90
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	440,82	1026,72
8	pan		0	0	0	8	89,28	1116
Jumlah							1116	gr

**Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1	1"	25	100	100	100	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,50	55,50
4	3/8	9,5	75	85	80	15	166,50	222,00
5	# 8	4,75	50	72	61	19	210,90	432,90
6	# 30	2,36	35	60	47,50	13,50	149,85	582,75
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	438,45	1021,20
8	pan		0	0	0	8	88,80	1110
Jumlah							1110	gr

Berikut merupakan rincian sampel yang digunakan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat sebagai berikut.

**Tabel 4.7 Kebutuhan Benda Uji Tiap Kadar Aspal**

Subtitusi Pasir	Jumlah Benda Uji pada Tiap Kadar				
	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 ditentukan, maka dibuat sampel aspal sebanyak 3 buah untuk masing-masing persentase kebutuhan kadar aspal per 60/70 sebesar 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7,5 % sehingga membutuhkan

sebanyak 75 sampel aspal pada pengujian kadar aspal optimum (KAO). Berikut adalah jumlah sampel benda uji setelah didapatkan nilai (KAO) dapat dilihat sebagai berikut.

**Tabel 4.8 Kebutuhan Benda Uji Setiap Pengujian**

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji pada Tiap Kadar				
	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>TSR</i>	3	3	3	3	3
<i>CL*</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	75				

Keterangan :

\* = sampel uji diambil dari pengujian *ITS*

Berdasarkan Tabel 4.8 maka didapat total sampel yang didapat setelah mendapatkan nilai KAO sebanyak 75 sampel. Dan setelah pembuatan sampel setelah mendapat nilai KAO sebanyak 75 sampel. Sehingga jumlah sampel dalam penelitian ini sebanyak 150 sampel.

#### **4.4 Perencanaan Gradasi dengan Variasi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah dengan Clereng**

Perencanaan gradasi pada penelitian ini menggunakan variasi pasir Pantai Glagah sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap tiap kadar aspal sebesar 5,5%, 6%, 6,5 %, 7%, 7,5%. Berikut ini adalah tabel jumlah berat pada masing-masing variasi

1. Kadar Aspal 5,5%

**Tabel 4.9 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,70	56,70	56,70	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	170,10	226,80	170,10	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	215,46	442,26	215,46	0
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	153,09	595,35	153,09	0
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	447,93	1043,28	447,93	0
8	pan		0	0	0	8,00	90,72	1134,00	90,72	0
Jumlah							1134	gr	1134	0

**Tabel 4.10 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,70	56,70	56,70	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	170,10	226,80	170,10	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	215,46	442,26	161,60	53,86
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	153,09	595,35	114,82	38,272
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	447,93	1043,28	335,95	111,98
8	pan		0	0	0	8,00	90,72	1134,00	90,72	0
Jumlah							1134	gr	929,88	204,12

**Tabel 4.11 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,70	56,70	56,70	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	170,10	226,80	170,10	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	215,46	442,26	107,73	107,73

**Lanjutan Tabel 4.12 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	153,09	595,35	76,55	76,54
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	447,93	1043,28	223,97	223,96
8	pan		0	0	0	8	90,72	1134	90,72	0
Jumlah							1134	gr	725,76	408,24

**Tabel 4.13 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	100	100	100	0	0	0	0	0	100
2	3/4	100	100	100	0	0	0	0	0	100
3	1/2	90	100	95	5	56,70	56,70	56,70	0	90
4	3/8	75	85	80	15	170,10	226,80	170,10	0	75
5	# 8	50	72	61	19	215,46	442,26	53,87	161,59	50
6	# 30	35	60	47,50	13,50	153,09	595,35	38,27	114,81	35
7	#200	6	10	8	39,50	447,93	1043,28	111,98	335,94	6
8	pan		0	0	0	8	90,72	1134	90,72	0
Jumlah							1134	gr	521,64	612,36

**Tabel 4.14 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,70	56,70	56,70	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	170,10	226,80	170,10	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	215,46	442,26	0	215,46
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	153,09	595,35	0	153,09
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	447,93	1043,28	0	447,93
8	pan		0	0	0	8	90,72	1134	90,72	0
Jumlah							1134	gr	317,52	816,48

## 2. Kadar Aspal 6%

**Tabel 4.15 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,40	56,40	56,40	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	169,20	225,60	169,20	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	214,32	439,92	214,32	0
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	152,28	592,20	152,28	0
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	445,56	1037,76	445,56	0
8	pan		0	0	0	8	90,24	1128	90,24	0
Jumlah							1128	gr	1128	0

**Tabel 4.16 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	25	100	100	100	0	0	0	0
2	3/4	19	19	100	100	100	0	0	0	0
3	1/2	12,5	12,5	90	100	95	5	56,40	56,40	56,40
4	3/8	9,5	9,5	75	85	80	15	169,20	225,60	169,20
5	# 8	2,36	2,36	50	72	61	19	214,32	439,92	160,74
6	# 30	0,6	0,6	35	60	47,50	13,50	152,28	592,2	114,21
7	# 200	0,075	0,075	6	10	8	39,50	445,56	1037,76	334,17
8	pan		0	0	0	8	90,24	1128	90,24	0
Jumlah							1128	gr	1128	225,6

**Tabel 4.17 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,40	56,40	56,40	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	169,20	225,60	169,20	0

**Lanjutan Tabel 4.18 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
5	# 8	2,36	50	72	61	19	214,32	439,92	107,16	107,16
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	152,28	592,20	76,14	76,14
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	445,56	1037,76	222,78	222,78
8	pan		0	0	0	8	90,24	1128	90,24	0
Jumlah							1128	gr	721,92	406,08

**Tabel 4.19 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,40	56,40	56,40	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	169,20	225,60	169,20	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	214,32	439,92	53,58	160,74
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	152,28	592,20	38,07	114,21
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	445,56	1037,76	111,39	334,17
8	pan		0	0	0	8	90,24	1128	90,24	0
Jumlah							1128	gr	518,88	609,12

**Tabel 4.20 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,40	56,40	56,40	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	169,20	225,60	169,20	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	214,32	439,92	0	214,32
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	152,28	592,20	0	152,28
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	445,56	1037,76	0	445,56
8	pan		0	0	0	8	90,24	1128	90,24	0
Jumlah							1128	gr	315,84	812,16

**Tabel 4.21 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 6,50%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,10	56,10	56,10	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,30	224,40	168,30	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	213,18	437,58	213,18	0
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,47	589,05	151,47	0
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	443,19	1032,24	443,19	0
8	pan		0	0	0	8	89,76	1122,00	89,76	0
Jumlah							1122	gr	1122	0

**Tabel 4.22 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 6,50%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,10	56,10	56,10	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,30	224,40	168,30	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	213,18	437,58	159,88	53,29
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,47	589,05	113,60	37,86
7	#200	0,075	6	10	8	39,50	443,19	1032,24	332,39	110,79
8	pan		0	0	0	8	89,76	1122	89,76	0
Jumlah							1122	gr	920,04	201,96

**Tabel 4.23 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 6,50%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,10	56,10	56,10	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,30	224,40	168,30	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	213,18	437,58	106,59	106,59
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,47	589,05	75,74	75,73

**Tabel 4.24 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 6,50%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	443,19	1032,24	221,60	221,59
8	pan		0	0	0	8	89,76	1122	89,76	0
Jumlah							1122	gr	718,08	403,92

**Tabel 4.25 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 6,50%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,10	56,10	56,10	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,30	224,40	168,30	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	213,18	437,58	53,30	159,88
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,47	589,05	37,87	113,60
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	443,19	1032,24	110,80	332,39
8	pan		0	0	0	8	89,76	1122	89,76	0
Jumlah							1122	gr	516,12	605,88

**Tabel 4.26 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 6,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inci	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,10	56,10	56,10	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,30	224,40	168,30	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	213,18	437,58	0	213,18
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,47	589,05	0	151,47
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	443,19	1032,24	0	443,19
8	pan		0	0	0	8	89,76	1122,00	89,76	0
Jumlah							1122	gr	314,16	807,84

## 3. Kadar Aspal 7%

**Tabel 4.27 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 7%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)		
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP	
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0	
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0	
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,80	55,80	55,80	0	
4	3/8	9,5	75	85	80	15	167,40	223,20	167,40	0	
5	# 8	2,36	50	72	61	19	212,04	435,24	212,04	0	
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	150,66	585,90	150,66	0	
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	440,82	1026,72	440,82	0	
8	pan		0	0	0	8	89,28	1116	89,28	0	
Jumlah								1116	gr	1116	0

**Tabel 4.28 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 7%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)		
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP	
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0	
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0	
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,80	55,80	55,80	0	
4	3/8	9,5	75	85	80	15	167,40	223,20	167,40	0	
5	# 8	2,36	50	72	61	19	212,04	435,24	106,02	106,02	
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	150,66	585,90	75,33	75,33	
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	440,82	1026,72	220,41	220,41	
8	pan		0	0	0	8,00	89,28	1116	89,28	0	
Jumlah								1116	gr	915,12	200,88

**Tabel 4.29 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 7%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,80	55,80	55,80	0

**Lanjutan Tabel 4.30 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 7%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
4	3/8	9,5	75	85	80	15	167,40	223,20	167,40	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	212,04	435,24	106,02	106,02
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	150,66	585,90	75,33	75,33
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	440,82	1026,72	220,41	220,41
8	pan		0	0	0	8	89,28	1116	89,28	0
Jumlah							1116	gr	714,24	401,76

**Tabel 4.31 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 7%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,80	55,80	55,80	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	167,40	223,20	167,40	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	212,04	435,24	53,01	159,03
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	150,66	585,90	37,67	112,99
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	440,82	1026,72	110,21	330,61
8	pan		0	0	0	8	89,28	1116	89,28	0
Jumlah							1116	gr	513,36	602,64

**Tabel 4.32 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 7%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,80	55,80	55,80	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	167,40	223,20	167,40	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	212,04	435,24	0	212,04
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	150,66	585,90	0	150,66
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	440,82	1026,72	0	440,82
8	pan		0	0	0	8	89,28	1116	89,28	0
Jumlah							1116	gr	312,48	803,52

## 4. Kadar Aspal 7,5 %

**Tabel 4.33 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 0% dengan Kadar Aspal 7,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,50	55,50	55,50	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	166,50	222,00	166,50	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	210,90	432,90	210,90	0
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	149,85	582,75	149,85	0
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	438,45	1021,20	438,45	0
8	pan		0	0	0	8	88,80	1110	88,80	0
Jumlah							1110	gr	1110	0

**Tabel 4.34 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 25% dengan Kadar Aspal 7,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,50	55,50	55,50	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	166,50	222	166,50	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	210,90	432,90	158,17	52,72
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	149,85	582,75	112,38	37,45
7	#200	0,075	6	10	8	39,50	438,45	1021,2	328,83	109,61
8	pan		0	0	0	8	88,80	1110	88,80	0
Jumlah							1110	gr	910,20	199,80

**Tabel 4.35 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 7,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,50	55,50	55,50	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	166,50	222,00	166,50	0

**Lanjutan Tabel 4.36 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 50% dengan Kadar Aspal 7,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
5	# 8	2,36	50	72	61	19	210,90	432,90	105,45	105,45
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	149,85	582,75	74,93	74,925
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	438,45	1021,20	219,23	219,22
8	pan		0	0	0	8	88,80	1110	88,80	0
Jumlah							1110	gr	710,40	399,60

**Tabel 4.37 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 75% dengan Kadar Aspal 7,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,50	55,50	55,50	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	166,50	222,00	166,50	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	210,90	432,90	52,73	158,17
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	149,85	582,75	37,46	112,38
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	438,45	1021,20	109,61	328,83
8	pan		0	0	0	8	88,80	1110	88,80	0
Jumlah							1110	gr	510,60	599,40

**Tabel 4.38 Perencanaan Variasi Pasir Pantai Glagah 100% dengan Kadar Aspal 7,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	PC	PP
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,50	55,50	55,50	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	166,50	222,00	166,50	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	210,90	432,90	0	210,90
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	149,85	582,75	0	149,85
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	438,45	1021,20	0	438,45
8	pan		0	0	0	8	88,80	1110	88,80	0
Jumlah							1110	gr	310,80	799,20

#### 4.5 Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* ditujukan untuk mengetahui ketahanan terhadap kelelahan plastis dari campuran aspal. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian.

1. Bersihkan sampel uji dari kotoran-kotoran yang menempel.
2. Beri tanda pada masing-masing sampel.
3. Lakukan pengukuran ketinggian pada sampel sebanyak 3 kali pada tempat yang berbeda dengan ketelitian 0,01 mm.
4. Menimbang sampel untuk mengetahui berat kering sampel.
5. Sampel direndam selama 20-24 jam pada suhu ruang agar sampel uji menjadi jenuh air.
6. Sampel ditimbang didalam air untuk mendapatkan berat isi.
7. Keringkan sampel dengan kain lap sampai kondisi sampel permukaannya kering (SSD)
8. Timbang sampel pada kondisi SSD
9. Rendam benda uji dalam bak perendam selama 30 menit pada suhu tetap 60°C atau dipanaskan dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap 60°C.
10. Sebelum pengujian, bersihkan dan pelumasi batang penutup terlebih dahulu dan permukaan dalam dari kepala penekan, sehingga kepala penekan dapat meluncur bebas. Bila dihendaki kepala penekan dapat direndam Bersama benda uji pada suhu 21°C - 38°C.
11. Pasang arloji kelelahan pada posisi diatas salah satu batang penutun.
12. Naikkan kepala penekan sampel hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian atur jarum kedudukan arloji tekan pada angka nol.
13. Mulai pembebanan dengan kecepatan tetap 50mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai. Pada arloji pembebanan berhenti maka dibaca arloji kelelehannya dan dicatat.
14. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji.
15. Kemudian dilakukan pengolahan dan menganalisis data yang didapat.

#### **4.6 Pengujian IRS**

Pengujian *IRS* bertujuan untuk mengetahui nilai durabilitas pada campuran. Pengujian ini perlu dilakukan perendaman selama 24 jam pada *water bath*. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian.

1. Rendam benda uji yang selama 24 jam pada suhu ruang agar sampel dalam keadaan jenuh.
2. Timbang sampel dalam keadaan jenuh air.
3. Keringkan sampel dengan kain lap, lalu benda ujin ditimbang.
4. Rendam sampel didalam *water bath* dengan suhu tetap 60°C. Selama 24 jam.
5. Melakukan pengujian *Marshall*

#### **4.7 Pengujian ITS**

Pengujian *ITS* bertujuan untuk mengetahui kuat tarik dari campuran perkerasan. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian.

1. Sampel diukur pada 4 sisi dan diambil tebal rerata, dan selanjutnya dihitung koreksi tebal dan diameter benda uji.
2. Sampel ditempatkan kedalam alat uji.
3. Sampel diberikan pembebanan hingga mencapai beban maksimum yang ditandai dengan arloji pembebanan berhenti dan berbalik arah
4. Lakukan pencatatan pada hasil pembebanan
5. Nilai tarik terkoreksi dihitung dan dilakukan analisis.

#### **4.8 Pengujian TSR**

Pengujian *TSR* bertujuan untuk mengetahui daya tahan tarik sampel. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian.

1. Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
2. Ukur benda uji disetiap sisi dan diambil tebal rerata.
3. Rendam benda uji selama 30 menit dan benda uji menjadi jenuh.
4. Setelah di rendam benda uji diambil lalu ditimbang saat keadaan jenuh.

5. Selanjutnya benda uji direndam dalam *waterbath* selama 24 jam dengan suhu konstan 60°C.
6. Setelah dilakukan perendaman, benda uji didiamkan selama 24 jam dalam suhu ruang 25°C.
7. Benda uji diletakkan pada alat pengujian *ITS*.
8. Sampel diberikan pembebanan hingga mencapai beban maksimum yang ditandai dengan arloji pembebanan berhenti dan berbalik arah
9. Lakukan pencatatan pada hasil pembebanan
10. Nilai tarik terkoreksi dihitung dan dilakukan analisis.

#### **4.9 Pengujian *CL***

Pengujian *CL* bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan campuran terhadap disintegrasi/keausan. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian.

1. Benda uji dimasukkan kedalam mesin *Los Angeles* tanpa bola baja.
2. Benda uji dikeluarkan dan ditimbang kemudian dianalisis dan pengolahan data.

#### **4.10 Analisis *Anova***

Analisis *Anova* bertujuan memberikan adanya perubahan yang terjadi akibat pengaruh agregat halus terhadap campuran *HRS*.

1. Menyusun hipotesis
  - a. Hipotesis Nol ( $H_0$ ): Tidak ada perbedaan rata-rata antara kelompok.
  - b. Hipotesis Alternatif ( $H_1$ ): Ada perbedaan rata-rata antara kelompok.
2. Mengumpulkan data

Pastikan data yang digunakan berasal dari beberapa kelompok yang independen. Data yang dikumpulkan harus representatif dan memenuhi syarat untuk analisis statistik.
3. Uji normalitas

Pada uji normalitas data harus terdistribusi normal karena uji normalitas data merupakan syarat wajib yang harus terpenuhi. Langkah-langkah uji normalitas sebagai berikut :

- a. Pilih menu *Analyze*, setelah itu pilih *Descriptive Statistics* dan *Explore*
- b. Masukkan *Factor List* dan *Dependent List*
- c. Pilih *Normality plot with tests* pada opsi *Plots*
- d. Setelah dilakukan tahapan berikut, pilih *continue* dan data hasil uji normalitas akan muncul. Data normalitas memiliki syarat Nilai Sig : (P value ) < 0,05 berkesimpulan data tidak terdistribusi secara normal. Nilai Sig. (P value ) > 0,05 berkesimpulan data terdistribusi secara normal. Uji homogen

#### 4. Uji homogen

- a. Pilih menu *Analyze*, setelah itu pilih *Compare Means* dan *One Way Anova*
- b. Masukkan *Factor List* dan *Dependent List*
- c. Pilih *Options* dan *Homogeneity of variance test*
- d. Lalu pilih *Continue*
- e. Setelah dilakukan tahapan berikut, pilih *continue* dan data hasil uji normalitas akan muncul. Data normalitas memiliki syarat Nilai Sig : (P value ) < 0,05 berkesimpulan data tidak homogen. Nilai Sig. (P value ) > 0,05 berkesimpulan data homogen.

#### 5. Anova satu arah

- a. Pilih menu *Analyze*, setelah itu pilih *Compare Means* dan *One Way Anova*
- b. Masukkan *Factor List* dan *Dependent List*
- c. Lalu pilih *Continue*
- d. Setelah data *Anova* diperoleh, bandingkan antara nilai F-hitung dengan nilai F-tabel. Apabila nilai F-hitung > F-tabel, maka H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima. nilai F-hitung < F-tabel : maka H<sub>0</sub> diterima dan H<sub>1</sub> ditolak
- e. Menentukan nilai  $\alpha$  atau signifikan biasanya digunakan 0,05.  
Jika nilai signifikan atau P- Value > 0,05 : maka H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima.  
Jika nilai signifikan atau P- Value < 0,05 : maka H<sub>0</sub> diterima dan H<sub>1</sub> ditolak

- a. Kesimpulan keputusan H0 dan H1

H0 = Tidak terdapat perbedaan signifikan dalam pengaruh pasir Pantai Glagah terhadap karakteristik campuran *HRS*

H1 = Terdapat perbedaan signifikan dalam pengaruh pasir Pantai Glagah terhadap karakteristik campuran *HRS*

#### 4.11 Analisis Data

Berikut merupakan analisis data yang akan dilakukan serta melakukan pengujian.

##### 1. Analisis Karakteristik *Marshall*

- Berat benda uji sebelum direndam (gram)
- Berat benda uji di dalam air (gram)
- Berat benda uji dalam keadaan jenuh (gram)
- Tebal benda uji (mm)
- Pembacaan arloji stabilitas (Kg)
- Pembacaan arloji kelelahan (mm)

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

- a. Berat jenis aspal

$$B_j \text{ Aspal} = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)}$$

Keterangan :

A : Berat piknometer menggunakan 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

$$B_j \text{ Aspal} = \frac{(F1 \times A) + (F2 \times B)}{100}$$

Keterangan :

F1 : Persentase agregat kasar

- F2 : Persentase agregat halus  
 A : Berat jenis agregat kasar  
 B : Berat jenis agregat halus

c. Berat jenis filler

$$B_j \text{ Filler} = \frac{BK}{B+200-Bt}$$

Keterangan :

BK : Berat benda uji kering oven (gr)

B : Berat piknometer berisi air (gr)

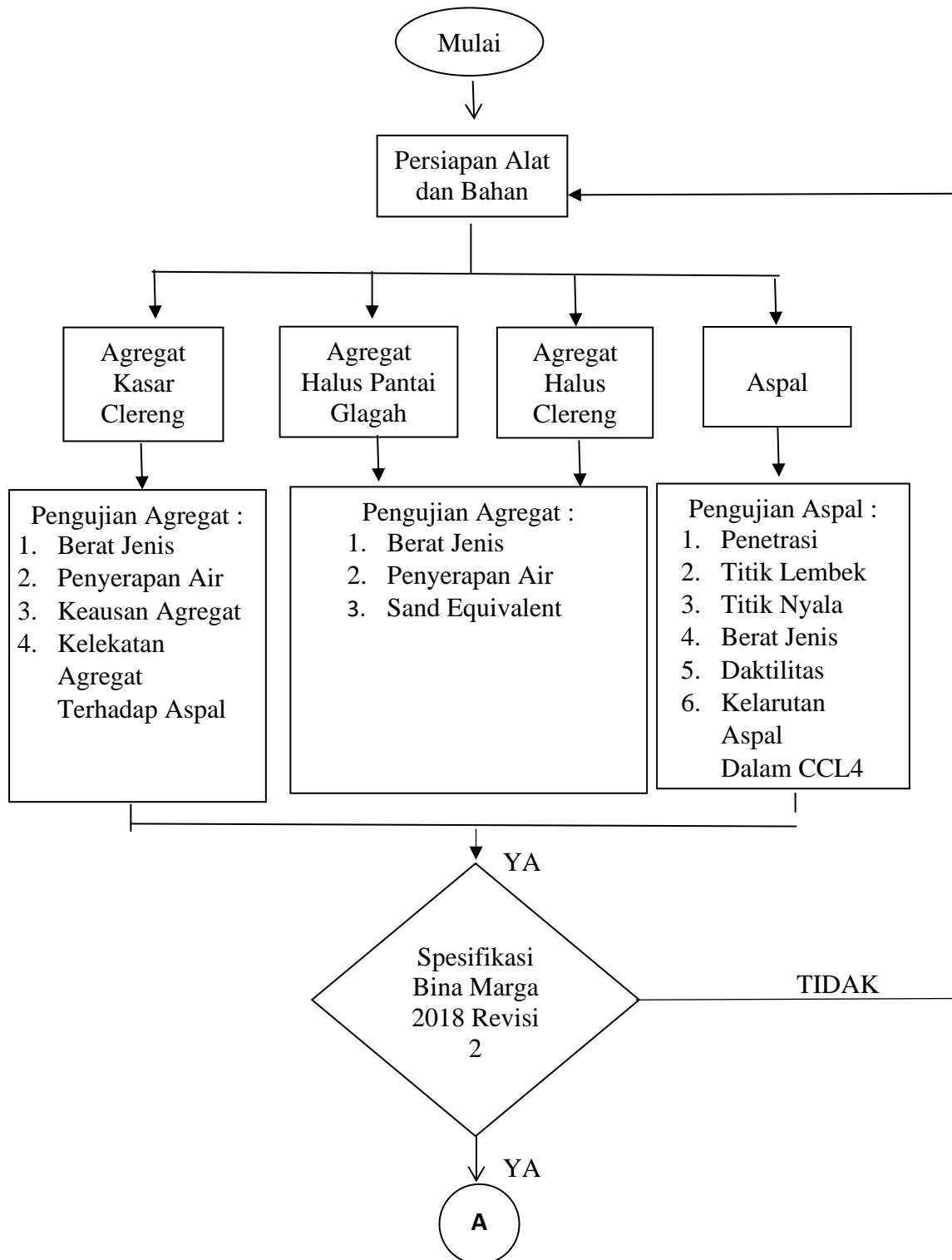
Bt : Berat piknometer berisi sampel dan air

200 : Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (gr)

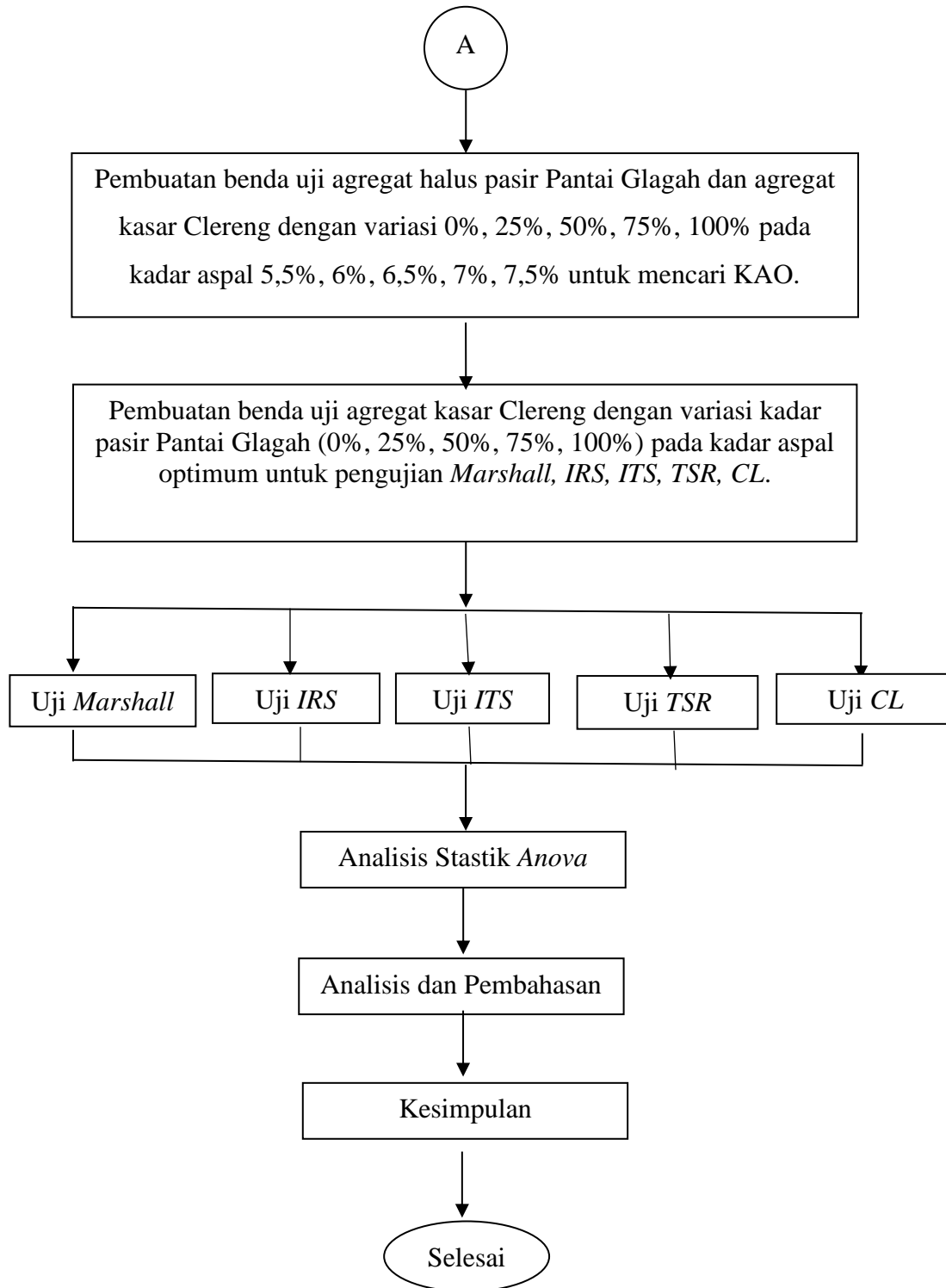
- d. Kelelehan (*Flow*), dapat dibaca dari pembacaan arloji kelelehan menggunakan persamaan.
- e. *VITM* menggunakan persamaan 3.2.
- f. *VFWA* menggunakan persamaan 3.3
- g. *Density* menggunakan persamaan 3.4
- h. *VMA* menggunakan persamaan 3.5
- i. *MQ* menggunakan persamaan 3.6
2. Analisis uji *IRS*  
 Nilai *IRS* dapat dihitung dengan persamaan 3.7
3. Analisis uji *ITS*  
 Nilai *ITS* dapat dihitung dengan persamaan 3.8
4. Analisis uji *TSR*  
 Nilai *TSR* dapat dilihat dengan persamaan 3.9
5. Analisis uji *CL*  
 Nilai *CL* dapat dihitung dengan persamaan 3.10
6. Analisis statistik dapat dilihat dengan persamaan 3.11 dan 3.12.

#### **4.12 Bagan Alir Penelitian**

Berikut merupakan bagan alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



**Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian**



Lanjutan Gambar 4.2 Diagram Penelitian

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Pengujian Bahan dan Campuran

Berdasarkan pada pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh hasil pada setiap pengujian yang sudah dilakukan pada berikut ini.

##### 5.1.1 Hasil Karakteristik Aspal

Pengujian dilakukan menggunakan aspal pen Pertamina pen 60/70. Pengujian ini mengacu pada standar spesifikasi Bina Marga 2018, pada pengujian ini dilakukan di laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Data hasil pengujian aspal yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina 60/70**

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Berat Jenis	$\geq 1$	1,05	Memenuhi
2.	Penetrasi (mm)	60/70	66,3	Memenuhi
3.	Daktilitas (°C)	$\geq 100$	164	Memenuhi
4.	Titik Lembek (°C)	$\geq 48$	48,5	Memenuhi
5.	Titik Nyala (°C)	$\geq 232$	317,5	Memenuhi
6.	Titik Bakar (°C)	$\geq 232$	320	Memenuhi
7.	Kelarutan pada TCE (%)	$\geq 99$	99,32	Memenuhi

Hasil pengujian aspal telah memenuhi syarat standar yang sudah ditentukan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

### 5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian terhadap agregat meliputi agregat kasar, Agregat halus, dan *filler* atau batu abu. Agregat yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan agregat yang berasal dari Sungai Clereng, Kulon Progo dan Pantai Glagah, Kulon Progo. Pengujian karakteristik agregat ini dilaksanakan pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pada pengujian karakteristik agregat dapat dilihat pada Tabel 5.2 sampai Tabel 5.5 sebagai berikut.

**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng**

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Karakteristik
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,56	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	$\leq 3$	2	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	$\geq 95$	98	Memenuhi
4	Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	$\leq 40$	19,43	Memenuhi

Hasil pengujian pada agregat kasar telah memenuhi semua ketentuan yang sudah di tentukan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng**

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Karakteristik
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,69	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	$\leq 3$	1,32	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	$\geq 50$	92,84	Memenuhi

Hasil pengujian pada agregat halus telah memenuhi semua ketentuan yang sudah di tentukan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2.

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Pantai Glagah**

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Karakteristik
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,94	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	$\leq 3$	0,48	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	$\geq 50$	100	Memenuhi

Hasil pengujian pada agregat halus Pantai Glagah telah memenuhi semua ketentuan yang sudah ditentukan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler***

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Karakteristik
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,53	Memenuhi

Hasil pengujian pada agregat *filler* telah memenuhi semua ketentuan yang sudah di tentukan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

### 5.1.3 Hasil Pengujian Campuran *Hot Rolled Asphalt* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Pengujian ini dilaksanakan pada 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 pengujian *Marshall* yaitu nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *VITM*, *VFWA*, *VMA*, *MQ* dan Kepadatan (*density*).

Berikut merupakan hasil pengujian aspal *HRS* dengan variasi substitusi agregat halus pasir Pantai Glagah 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dapat dilihat pada Tabel 5.6 sampai 5.10 sebagai berikut.

**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Glagah 0%**

<b>Kadar Aspal (%)</b>	<b>Stabilitas (Kg)</b>	<b>Flow (mm)</b>	<b>MQ (Kg/mm)</b>	<b>VITM (%)</b>	<b>VFWA (%)</b>	<b>VMA (%)</b>	<b>Density (%)</b>
5,5%	626,95	2,20	303,83	5,70	68,19	17,93	2,33
6%	694,44	2,13	329,84	5,36	69,22	17,42	2,30
6,5%	724,67	2,00	363,55	5,23	69,29	17,64	2,33
7%	745,29	2,13	350,21	5,10	70,92	17,52	2,37
7,5%	822,06	2,10	410,16	4,94	71,88	17,55	2,41
<b>Spesifikasi</b>	<b>600</b>	<b>2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;68</b>	<b>&gt;17</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Glagah 25%**

<b>Kadar Aspal (%)</b>	<b>Stabilitas (Kg)</b>	<b>Flow (mm)</b>	<b>MQ (Kg/mm)</b>	<b>VITM (%)</b>	<b>VFWA (%)</b>	<b>VMA (%)</b>	<b>Density (%)</b>
5,5%	707,56	2,47	299,21	4,89	72,97	18,08	2,31
6%	825,82	2,27	369,77	4,69	74,07	18,10	2,35
6,5%	854,74	2,23	382,69	4,35	75,83	18	2,39
7%	893,94	2,23	401,86	4,11	77,15	17,99	2,43
7,5%	948,36	2,17	458,20	3,92	78,23	18,02	2,47
<b>Spesifikasi</b>	<b>600</b>	<b>2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;68</b>	<b>&gt;17</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Subtitusi Agregat Halus Pantai Glagah 50%**

<b>Kadar Aspal (%)</b>	<b>Stabilitas (Kg)</b>	<b>Flow (mm)</b>	<b>MQ (Kg/mm)</b>	<b>VITM (%)</b>	<b>VFWA (%)</b>	<b>VMA (%)</b>	<b>Density (%)</b>
5,5%	768,07	2,63	311,60	4,30	76,90	18,58	2,31
6%	839,13	2,27	370,09	4,25	77,43	18,74	2,34
6,5%	869,17	2,37	369,40	3,99	78,81	18,73	2,38
7%	917,63	2,30	401,90	3,74	80,03	18,72	2,42
7,5%	966,70	2,33	448,32	3,48	81,41	18,71	2,46
<b>Spesifikasi</b>	<b>600</b>	<b>2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;68</b>	<b>&gt;17</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Subtitusi Agregat Halus Pantai Glagah 75%**

<b>Kadar Aspal (%)</b>	<b>Stabilitas (Kg)</b>	<b>Flow (mm)</b>	<b>MQ (Kg/mm)</b>	<b>VITM (%)</b>	<b>VFWA (%)</b>	<b>VMA (%)</b>	<b>Density (%)</b>
5,5%	729,80	2,77	268,13	3,64	80,92	19,02	2,31
6%	811,80	2,60	316,35	3,51	81,73	19,13	2,34
6,5%	832,46	2,57	330,79	3,32	82,72	19,19	2,38
7%	862,62	2,47	356,07	3,36	82,83	19,43	2,41
7,5%	904,03	2,50	378,27	3,24	83,42	19,55	2,45
<b>Spesifikasi</b>	<b>600</b>	<b>2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;68</b>	<b>&gt;17</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.10 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Subtitusi Agregat Halus Pantai Glagah 100%**

<b>Kadar Aspal (%)</b>	<b>Stabilitas (Kg)</b>	<b>Flow (mm)</b>	<b>MQ (Kg/mm)</b>	<b>VITM (%)</b>	<b>VFWA (%)</b>	<b>VMA (%)</b>	<b>Density (%)</b>
5,5%	711,83	2,87	250,91	3,34	83,41	19,75	2,30
6%	763,70	2,80	275,35	3,26	84,03	19,96	2,34
6,5%	813,83	2,77	302,31	3,10	84,63	20,11	2,38
7%	826,75	2,70	321,85	3,09	84,94	20,37	2,42
7,5%	850,78	2,60	337,56	3,01	85,40	20,58	2,46
<b>Spesifikasi</b>	<b>600</b>	<b>2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;68</b>	<b>&gt;17</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.11 Rekap Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Mencari Kadar Aspal Optimum**

<b>Pengujian</b>	<b>Kadar Aspal (%)</b>	<b>Aspal Penetrasi Pen 60/70</b>				
		<b>Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah (%)</b>				
		<b>0</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Stabilitas (Kg)</b>	<b>5,5</b>	626,95	694,44	724,66	745,29	822,06
	<b>6</b>	707,55	825,81	854,74	893,93	948,35
	<b>6,5</b>	768,06	839,13	869,16	917,62	966,69
	<b>7</b>	729,80	811,79	832,46	862,62	904,02
	<b>7,5</b>	711,83	763,70	813,82	826,75	850,78
<b>Flow (mm)</b>	<b>5,5</b>	2,20	2,13	2,00	2,13	2,10
	<b>6</b>	2,47	2,27	2,23	2,23	2,16
	<b>6,5</b>	2,63	2,27	2,37	2,30	2,33
	<b>7</b>	2,77	2,60	2,57	2,47	2,50
	<b>7,5</b>	2,87	2,80	2,77	2,70	2,60

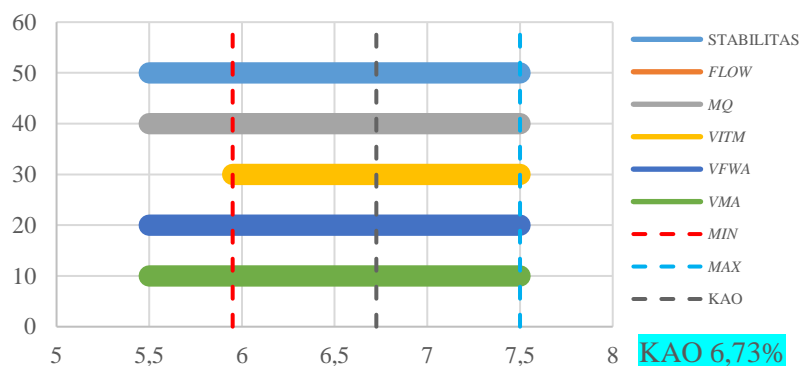
**Lanjutan Tabel 5.11 Rekap Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Mencari  
Kadar Aspal Optimum**

Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Penetrasi Pen 60/70				
		Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah (%)				
		0	25	50	75	100
<b><i>MQ</i></b> <b>(Kg/mm)</b>	<b>5,5</b>	303,83	329,84	363,54	350,20	410,16
	<b>6</b>	299,21	369,76	382,68	401,86	458,19
	<b>6,5</b>	311,59	370,09	369,39	401,89	448,31
	<b>7</b>	268,12	316,35	330,79	356,07	378,26
	<b>7,5</b>	250,91	275,35	302,31	321,84	337,56
<b><i>VITM</i></b> (%)	<b>5,5</b>	5,70	5,36	5,23	5,09	4,93
	<b>6</b>	4,89	4,69	4,35	4,10	3,92
	<b>6,5</b>	4,30	4,24	3,99	3,74	3,48
	<b>7</b>	3,64	3,51	3,32	3,35	3,24
	<b>7,5</b>	3,34	3,25	3,10	3,08	3,01
<b><i>VFWA</i></b> <b>(%)</b>	<b>5,5</b>	68,19	69,21	69,29	70,92	71,87
	<b>6</b>	72,97	74,07	75,82	77,15	78,22
	<b>6,5</b>	76,89	77,43	78,80	80,02	81,41
	<b>7</b>	80,92	81,73	82,71	82,82	83,42
	<b>7,5</b>	83,40	84,02	84,62	84,94	85,39
<b><i>VMA</i></b> (%)	<b>5,5</b>	17,93	17,41	17,63	17,52	17,55
	<b>6</b>	18,08	18,10	18	17,98	18,02
	<b>6,5</b>	18,58	18,74	18,73	18,72	18,70
	<b>7</b>	19,01	19,12	19,18	19,43	19,55
	<b>7,5</b>	19,75	19,96	20,11	20,37	20,58
<b><i>Density</i></b> <b>(%)</b>	<b>5,5</b>	2,34	2,30	2,33	2,37	2,41
	<b>6</b>	2,31	2,34	2,39	2,43	2,46

**Lanjutan Tabel 5.11 Rekap Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Mencari Kadar Aspal Optimum**

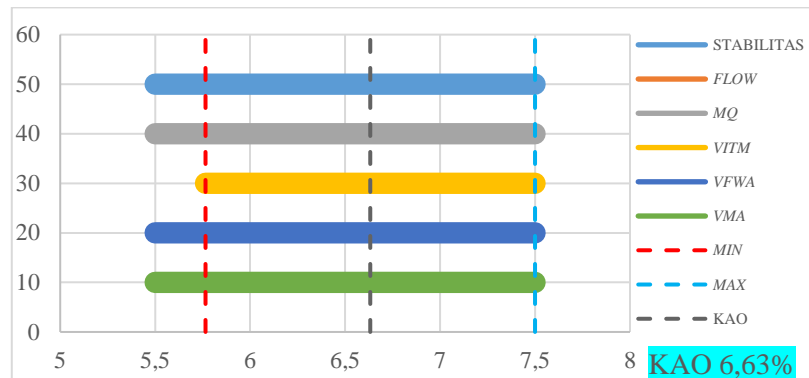
Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Penetrasi Pen 60/70				
		Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah (%)				
		0	25	50	75	100
<i>Density</i> (%)	6,5	2,30	2,34	2,38	2,42	2,46
	7	2,30	2,34	2,38	2,41	2,44
	7,5	2,30	2,34	2,38	2,42	2,46

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia mendapatkan nilai kadar aspal optimum campuran *HRS* dengan dilakukan perhitungan secara grafik, nilai KAO dapat dilihat pada gambar 5.1 sampai 5.5 sebagai berikut.



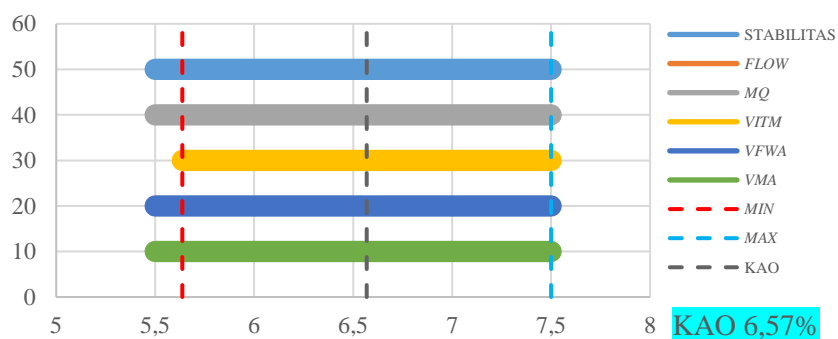
**Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Subtitusi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah 0%**

Berdasarkan pada Gambar 5.1 dengan menggunakan variasi substitusi agregat halus pasir Pantai Glagah 0% didapatkan nilai KAO sebesar 6,73%.



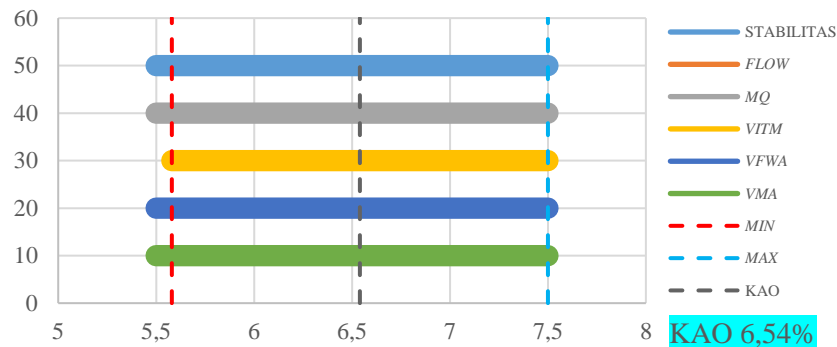
**Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah 25%**

Berdasarkan pada Gambar 5.2 dengan menggunakan variasi substitusi agregat halus pasir Pantai Glagah 25% didapatkan nilai KAO sebesar 6,63%.



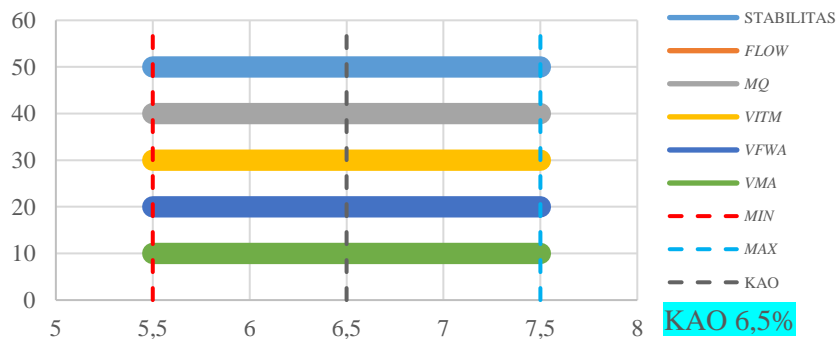
**Gambar 5.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Glagah 50%**

Berdasarkan pada Gambar 5.3 dengan menggunakan variasi substitusi agregat halus pasir Pantai Glagah 50% didapatkan nilai KAO sebesar 6,57%.



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

Berdasarkan pada Gambar 5.4 dengan menggunakan variasi substitusi agregat halus pasir Pantai Glagah 75% didapatkan nilai KAO sebesar 6,54%.



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

Berdasarkan pada Gambar 5.5 dengan menggunakan variasi substitusi agregat halus pasir Pantai Glagah 100% didapatkan nilai KAO sebesar 6,5%.

Berikut merupakan rekapitulasi hasil KAO campuran *HRS* dengan substitusi agregat halus pasir Pantai Glagah dapat dilihat pada tabel 5.12 sebagai berikut.

**Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum**

<b>Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Glagah (%)</b>	<b>Kadar Aspal Minimum (%)</b>	<b>Kadar Aspal Maksimum (%)</b>	<b>Kadar Aspal Optimum (%)</b>
0	5,95	7,5	6,73
25	5,76	7,5	6,63
50	5,64	7,5	6,57
75	5,58	7,5	6,54
100	5,5	7,5	6,5

Berdasarkan Tabel 5.12 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah persen substitusi agregat halus pasir Pantai Glagah, semakin sedikit kecil kadar aspal yang dipakai. Hal ini disebabkan oleh berat jenis pasir Pantai Glagah dengan nilai 2,94 lebih besar dari berat jenis agregat halus Clereng dengan nilai 2,67. Penyerapan air pasir Pantai Glagah lebih kecil dari pada penyerapan air dari agregat halus Clereng yang mengakibatkan kebutuhan kadar aspal menurun seiring dengan penambahan persentase agregat halus pasir Pantai Glagah.

#### 5.1.4 Kebutuhan Material Agregat pada Kadar Aspal Optimum

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

**Tabel 5.13 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 0% Pasir Pantai Glagah Kadar Aspal Optimum 6,73%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0

**Lanjutan Tabel 5.14 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 0% Pasir Pantai  
Glagah Kadar Aspal Optimum 6,73%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)		
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai	
3	1/2	12,5	90	100	95	5	55,97	55,97	55,97	0	
4	3/8	9,5	75	85	80	15	167,90	223,86	167,90	0	
5	# 8	2,36	50	72	61	19	212,67	436,53	212,67	0	
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,11	587,63	151,11	0	
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	442,12	1029,76	442,12	0	
8	pan		0	0	0	8	89,54	1119,30	89,54	0	
Jumlah								1119,30	gr	1119,30	0

**Tabel 5.15 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 25% Pasir Pantai Glagah  
Kadar Aspal Optimum 6,63%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)		
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai	
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0	
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0	
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,02	56,02	56,02	0	
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,06	224,08	168,06	0	
5	# 8	2,36	50	72	61	19	212,88	436,96	159,66	53,22	
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,26	588,22	113,44	37,81	
7	#200	0,075	6	10	8	39,50	442,56	1030,78	331,92	110,64	
8	pan		0	0	8	89,63	1120,41	89,63	89,63	0	
Jumlah								1120,41	gr	918,7362	201,6738

**Tabel 5.15 Jumlah Kebutuhan Agregat Substitusi 50% Pasir Pantai Glagah  
Kadar Aspal Optimum 6,57%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,06	56,06	56,06	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,18	224,24	168,18	0

**Lanjutan Tabel 5.15 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 50% Pasir Pantai  
Glagah Kadar Aspal Optimum 6,57%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
5	# 8	2,36	50	72	61	19	213,02	437,26	106,51	106,512
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,36	588,62	75,68	75,6795
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	442,87	1031,48	221,43	221,433
8	pan		0	0	0	8	89,69	1121,18	89,69	0
Jumlah							1121,18	gr	717,55	403,62

**Tabel 5.6 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 75% Pasir Pantai Glagah Kadar  
Aspal Optimum 6,54%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,08	56,08	56,08	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,23	224,30	168,23	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	213,09	437,39	53,27	159,817
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,41	588,80	37,85	113,554
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	443,00	1031,80	110,75	332,25
8	pan		0	0	8	89,72	1121,52	89,72	89,72	0
Jumlah							1121,52	gr	515,90	605,62

**Tabel 5.17 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 100% Pasir Pantai Glagah  
Kadar Aspal Optimum 6,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
1	1"	25	100	100	100	0	0	0	0	0
2	3/4	19	100	100	100	0	0	0	0	0
3	1/2	12,5	90	100	95	5	56,10	56,10	56,10	0
4	3/8	9,5	75	85	80	15	168,30	224,40	168,30	0
5	# 8	2,36	50	72	61	19	213,18	437,58	0	213,18
6	# 30	0,6	35	60	47,50	13,50	151,47	589,05	0	151,47

**Lanjutan Tabel 5.17 Jumlah Kebutuhan Agregat Subtitusi 100% Pasir Pantai  
Glagah Kadar Aspal Optimum 6,5%**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gr)		Variasi (gr)	
	inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	Pasir Clereng	Pasir Pantai
7	# 200	0,075	6	10	8	39,50	443,19	1032,24	0	443,19
8	pan		0	0	0	8	89,76	1122,00	89,76	0
Jumlah							1122,00	gr	314,16	807,84

Pada Tabel 5.13 hingga Tabel 5.17 total kebutuhan agregat tiap variasi subtitusi agregat halus pada setiap subtitusi memiliki berat agregat yang berbeda-beda sesuai dengan kadar aspal yang dibutuhkan.

#### 5.1.5 Hasil Pengujian Campuran *Hot Rolled Sheet* pada Kadar Aspal Optimum dengan Subtitusi Pasir Pantai Glagah Sebagai Pengganti Agregat Halus

Hasil pengujian campuran *HRS* pada KAO dengan subtitusi pasir Pantai Glagah sebagai agregat pengganti dengan uji *Marshall Standard, IRS, ITS, TSR*, dan *CL* dapat dilihat pada Tabel 5.18 sampai Tabel 5.23 sebagai berikut.

1. Penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai subtitusi pengganti Agregat halus pada pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum pada tiap variasi subtitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

**Tabel 5.16 Rekapitulasi Pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah**

Variasi Subtitusi (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
0%	795,26	2,73	298,46	4,21	77,81	18,96	2,30
25%	845,91	2,67	324,05	4,04	78,56	18,82	2,34

**Lanjutan Tabel 5.17 Rekapitulasi Pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah**

<b>Variasi Subtitusi (%)</b>	<b>Stabilitas (Kg)</b>	<b>Flow (mm)</b>	<b>MQ (Kg/mm)</b>	<b>VITM (%)</b>	<b>VFWA (%)</b>	<b>VMA (%)</b>	<b>Density (%)</b>
<b>50%</b>	863,17	2,43	359,08	3,88	79,35	18,78	2,38
<b>75%</b>	917,66	2,17	434,10	3,54	81,00	18,64	2,43
<b>100%</b>	951,10	2,00	475,42	3,24	82,48	18,50	2,47
<b>Spesifikasi</b>	<b>600</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>&gt;3-5</b>	<b>&gt;68</b>	<b>&gt;17</b>	<b>&gt;2</b>

Dari Tabel 5.18 dapat dilihat bahwa nilai hasil dari pengujian *Marshall* memenuhi semua spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

2. Penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai subtitusi pengganti Agregat Halus pada pengujian *IRS* pada Kadar Aspal Optimum pada tiap variasi subtitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Pengujian *Index of Retained Strength* pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah**

<b>Subtitusi Agregat (%)</b>	<b>Stabilitas 0,5 jam</b>	<b>Stabilitas 24 jam</b>	<b>Nilai <i>IRS</i></b>
0	795,26	723,34	90,95
25	845,91	772,99	91,38
50	863,17	817,40	94,69
75	917,66	881,01	96,60
100	951,10	923,76	97,13

Perendaman pada pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini

memiliki prinsip yang sama dengan pengujian *Marshall* Standar, perbedaannya hanya pada waktu perendaman di dalam *waterbath* selama 24 jam. Dari Tabel 5.20 dapat dilihat bahwa nilai hasil dari pengujian *IRS* memenuhi semua spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan nilai minimal adalah 90%.

- Penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi pengganti Agregat Halus pada pengujian *ITS* pada KAO pada tiap variasi substitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Pengujian *Indirect Tensile Strength* pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Glagah**

Variasi Substitusi Agregat (%)	<i>Indirect Tensile Strength</i> (Kpa)
0	806,91
25	892,21
50	925,14
75	1006,83
100	1053,80

Dari Tabel 5.20 dapat dilihat bahwa nilai hasil dari pengujian *ITS* mengalami kenaikan seiring penambahan substitusi agregat halus.

- Penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi pengganti Agregat Halus pada pengujian *TSR* pada KAO pada tiap variasi substitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

**Tabel 5.20 Rekapitulasi Pengujian *Tensile Strength Ratio* pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Substitusi Pasir Pantai Glagah**

Variasi Substitusi Agregat (%)	<i>ITS</i> (Kpa)	<i>TSR</i> (Kpa)	<i>TSR</i> (%)
0	806,91	759,03	94,07

**Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Pengujian *Tensile Strength Ratio* pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah**

<b>Variasi Subtitusi Agregat (%)</b>	<b><i>ITS</i> (Kpa)</b>	<b><i>TSR</i> (Kpa)</b>	<b><i>TSR</i> (%)</b>
25	892,21	853,56	95,67
50	925,14	893,81	96,61
75	1006,83	994,62	98,79
100	1053,79	1044,20	99,09

Dari Tabel 5.21 dapat dilihat bahwa nilai hasil dari pengujian *TSR* semua spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan nilai minimal adalah 80%.

5. Penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai subtitusi pengganti Agregat Halus pada pengujian *CL* pada KAO pada tiap variasi subtitusi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

**Tabel 5.22 Rekapitulasi Pengujian *CL* pada Kadar Aspal Optimum pada Setiap Variasi Subtitusi Pasir Pantai Glagah**

<b>Variasi Subtitusi Agregat (%)</b>	<b>Kehilangan Berat (%)</b>
0	7,65
25	6,35
50	5,71
75	4,66
100	3,28

Dari Tabel 5.22 dapat dilihat bahwa nilai hasil dari pengujian *CL* mengalami penurunan kehilangan berat seiring penambahan subtitusi agregat halus.

6. Data hasil dari penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi pengganti Agregat Halus pada pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *TSR*, dan *CL* pada KAO pada tiap variasi substitusi agregat halus yang dianalisis dengan menggunakan *Anova* satu arah dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut ini.

**Tabel 5.23 Rekapitulasi Data Hasil Uji Statistik *Anova***

<b>Parameter</b>	<b>Hasil Analitis</b>	<b>Keterangan</b>
Stabilitas	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>Flow</i>	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>MQ</i>	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>VITM</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>VFWA</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>VMA</i>	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>Density</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>IRS</i>	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>ITS</i>	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>TSR</i>	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>CL</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan

Keterangan :

H<sub>0</sub> diterima : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus campuran *HRS*.

H<sub>1</sub> diterima : Terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus campuran *HRS*.

## 5.2 Pembahasan

Pembahasan dilakukan memastikan bahwa material yang digunakan untuk pengujian yang dilakukan pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas

Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, telah memenuhi syarat dari Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Berikut merupakan rangkaian pembahasan pada setiap pengujian yang dilakukan.

### 5.2.1 Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik Aspal menggunakan aspal jenis Pertamina Pen 60/70. Pengujian ini berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Berikut adalah hasil dari pengujian karakteristik aspal.

#### 1. Pengujian Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat volume aspal dengan berat volume air suling dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Pada hasil pengujian ini didapatkan berat jenis aspal Pertamina pen 60/70 sebesar 1,05. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 1,00$ .

#### 2. Pengujian Penetrasi Aspal

Pengujian ini bermaksud untuk mengetahui Tingkat kekerasan aspal dengan beban dan waktu pada suhu tertentu. Hasil pengujian ini dengan aspal Pertamina pen 60/70 sebesar 66,3 nilai tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu 60-70 mm.

#### 3. Pengujian Daktilitas

Pengujian daktilitas ini ditujukan untuk mengetahui keelastisan aspal dan sifat kohesi pada aspal. Apabila pada pengujian ini tarikan aspal tidak mencapai 100 cm maka dikhawatirkan aspal tersebut tidak mempunyai kelenturan yang cukup dan akan cenderung keras yang bertanda aspal tersebut gampang putus dan retak. Hasil pengujian daktilitas menggunakan Aspal Pertamina Pen 60/70 sebesar 164 dan telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 100$  cm.

#### 4. Pengujian Titik Lembek

Pengujian titik lembek ini ditujukan untuk mengetahui batas temperatur saat saat aspal menjadi lunak dan lembek. Hasil pengujian titik lembek menggunakan Aspal Pertamina Pen 60/70 sebesar 48,5 dan telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 48^{\circ}\text{C}$ .

#### 5. Pengujian Titik Nyala

Pengujian titik nyala ini ditujukan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal akan mulai menyala dan aspal mulai memercikan api. Hasil pengujian titik nyala menggunakan Aspal Pertamina Pen 60/70 sebesar 317,5 dan telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 232^{\circ}\text{C}$ .

#### 6. Pengujian Titik Bakar

Pengujian titik bakar ini ditujukan untuk menunjukkan batas temperatur yang Dimana aspal akan memunculkan api yang terlihat menyala  $\pm 5$  detik pada permukaan aspal. Hasil pengujian titik bakar menggunakan Aspal Pertamina Pen 60/70 sebesar 320 dan telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 232^{\circ}\text{C}$ .

#### 7. Pengujian Kelarutan dalam *TCE*

Pengujian kelarutan dalam *TCE* ini ditujukan untuk mengetahui aspal yang dipakai banyak mengandung mineral lain yang ada di dalam aspal. Semakin kecil persentase kelarutan maka semakin besar kandungan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dengan batuan. Hasil pengujian kelarutan pada *TCE* menggunakan Aspal Pertamina Pen 60/70 sebesar 99,32% dan telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 99\%$ .

### 5.2.2 Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat kasar. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari batuan Clereng, Kabupaten Kulon Progo, berikut merupakan karakteristik dari agregat kasar Clereng.

#### 1. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Berat jenis agregat kasar merupakan perbandingan antara berat volume agregat kasar dengan berat volume air suling dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Nilai pada hasil berat jenis agregat kasar untuk menentukan banyaknya pori pada agregat kasar. Pada hasil pengujian ini didapatkan berat jenis agregat kasar Clereng sebesar 2,69. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 2,5$ .

2. Pengujian Penyerapan Agregat Kasar terhadap Air

Penyerapan agregat kasar terhadap air dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan agregat kasar untuk menyerap air yang masuk ke pori atau rongga yang ada pada agregat kasar. Pada hasil pengujian ini didapatkan penyerapan agregat kasar terhadap air pada agregat kasar Clereng sebesar 1,96. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\leq 3$ .

3. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal ini ditujukan untuk menentukan persentase luas permukaan agregat kasar yang terselimuti oleh aspal terhadap permukaan agregat. Pada hasil pengujian ini didapatkan penyerapan kelekatan agregat terhadap aspal pada agregat kasar Clereng sebesar 98%. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 95\%$ .

4. Pengujian Keausan Agregat Kasar dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian keausan agregat kasar dengan mesin *Loss Angeles* bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap degradasi. Pada hasil pengujian ini didapatkan keausan agregat kasar pada agregat kasar Clereng sebesar 19,32%. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\leq 40\%$ .

### 5.2.3 Karakteristik Agregat Halus Clereng

Pengujian karakteristik agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat halus. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pasir Clereng, Kabupaten Kulon Progo, berikut merupakan karakteristik dari agregat halus Clereng.

#### 1. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berat jenis agregat kasar merupakan perbandingan antara berat volume agregat halus dengan berat volume air suling dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Nilai pada hasil berat jenis agregat kasar untuk menentukan banyaknya pori pada agregat halus. Pada hasil pengujian ini didapatkan berat jenis agregat halus Clereng sebesar 2,67. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 2,5$ .

#### 2. Pengujian Penyerapan Agregat Halus terhadap Air

Penyerapan agregat halus terhadap air dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan agregat kasar untuk menyerap air yang masuk ke pori atau rongga yang ada pada agregat halus. Pada hasil pengujian ini didapatkan penyerapan agregat halus terhadap air pada agregat halus Clereng sebesar 1,32. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\leq 3$ .

#### 3. Pengujian *Sand Equivalent*

Pengujian sand equivalent bertujuan untuk menilai sejauh mana kebersihan agregat dari kemungkinan kontaminasi seperti lumpur, debu, atau bahan pengotor lainnya yang mungkin masih menempel pada agregat tersebut. Agregat halus yang dipilih harus dalam kondisi bersih dan bebas dari zat-zat pengotor, karena keberadaan kotoran yang berlebihan dapat mempengaruhi daya lekat aspal dalam campuran yang dihasilkan. Pada hasil pengujian ini didapatkan *Sand Equivalent* pada agregat halus Pantai Glagah sebesar 92,84. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 50$ .

Berikut merupakan agregat halus Clereng dapat dilihat pada Gambar 5.6.



**Gambar 5.6 Agregat Halus Clereng**

#### 5.2.4 Karakteristik Agregat Halus Pantai Glagah

Pengujian karakteristik agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat halus. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Pantai Glagah, Kabupaten Kulon Progo, berikut merupakan karakteristik dari agregat halus Glagah.

##### 1 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berat jenis agregat halus merupakan perbandingan antara berat volume agregat halus dengan berat volume air suling dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Nilai pada hasil berat jenis agregat halus untuk menentukan banyaknya pori pada agregat halus. Pada hasil pengujian ini didapatkan berat jenis agregat halus Pantai Glagah sebesar 2,98. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 2,5$ .

##### 2 Pengujian Penyerapan Agregat Halus terhadap Air

Penyerapan agregat kasar terhadap air dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan agregat kasar untuk menyerap air yang masuk ke pori atau rongga yang ada pada agregat halus. Pada hasil pengujian ini didapatkan penyerapan agregat halus terhadap air pada agregat halus Pantai Glagah sebesar 0,48. Hasil ini

telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\leq 3$ .

### 3 Pengujian *Sand Equivalent*

Pengujian sand equivalent bertujuan untuk menilai sejauh mana kebersihan agregat dari kemungkinan kontaminasi seperti lumpur, debu, atau bahan pengotor lainnya yang mungkin masih menempel pada agregat tersebut. Agregat halus yang dipilih harus dalam kondisi bersih dan bebas dari zat-zat pengotor, karena keberadaan kotoran yang berlebihan dapat mempengaruhi daya lekat aspal dalam campuran yang dihasilkan. Pada hasil pengujian ini didapatkan *Sand Equivalent* pada agregat halus Pantai Glagah sebesar 100. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 50$ .

Berikut merupakan agregat halus Pantai Glagah dapat dilihat pada Gambar 5.7



**Gambar 5.7 Agregat Halus Pantai Glagah**

#### 5.2.5 Karakteristik *Filler* Clereng

Pengujian karakteristik agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik *filler*. *Filler* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari batuan Clereng, Kabupaten Kulon Progo, berikut merupakan karakteristik dari *filler* Clereng.

##### 1. Pengujian Berat Jenis *Filler*

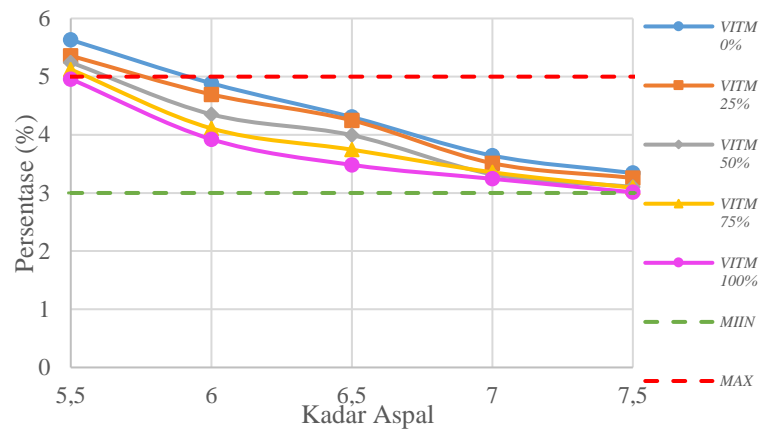
Berat jenis *filler* merupakan perbandingan antara berat volume *filler* dengan berat volume air suling dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. *Filler* merupakan bahan pengisi yang merupakan agregat halus yang lolos saringan No.200. Pada hasil pengujian ini didapatkan berat jenis *filler* Clereng sebesar 2,53. Hasil ini telah memenuhi syarat yang telah ditentukan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu  $\geq 2,5$ .

#### 5.2.6 Hasil Peninjauan Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum pada campuran *HRS* ditinjau dengan beberapa parameter pada *Marshall Standard* yaitu nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *Density*. Berikut merupakan tinjauan karakteristik *Marshall* dari hasil pengujian untuk mencari nilai KAO.

##### 1. *VITM*

*VITM* merupakan persentase rongga udara atau void yang tersisa setelah campuran dipadatkan. Dalam campuran, *VITM* berfungsi sebagai ruang bagi pergeseran agregat ketika terkena beban lalu lintas, serta sebagai jalur keluarnya air. *VITM* yang terlalu tinggi dapat membuat campuran tidak kedap air, sehingga dapat menurunkan durabilitas campuran. Sebaliknya, jika nilai *VITM* terlalu rendah, dapat terjadi bleeding pada campuran. Nilai *VITM* ditunjukkan pada Gambar 5.8.



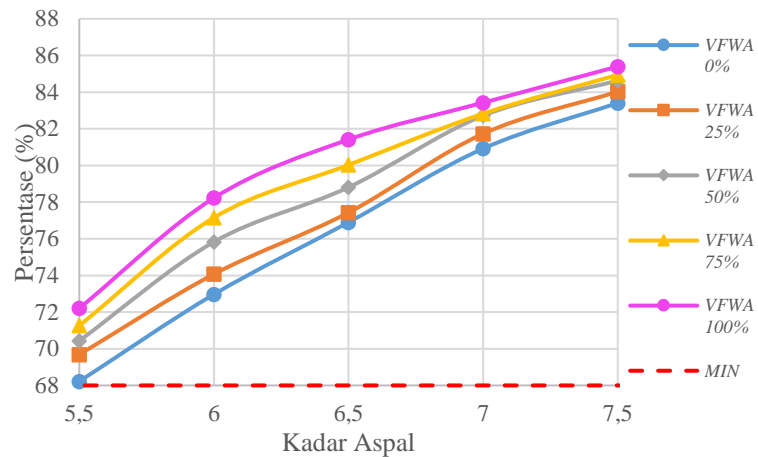
**Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM**

Dari grafik pada Gambar 5.8 terlihat bahwa dengan semakin banyak kadar aspal yang digunakan, nilai *VITM* pada campuran *HRS* dengan bahan pengikat aspal Pertamina pen 60/70 cenderung menurun seiring dengan penambahan aspal 5,5% hingga 7,5%. Penurunan nilai *VITM* menunjukkan semakin sedikitnya rongga dalam campuran yang menyebabkan rongga udara yang ada pada campuran menjadi sedikit. Namun, pada kadar 5,5% pada substitusi pasir Pantai 0% sampai 75% tidak masuk spesifikasi bina marga 2018 Revisi 2, dikarenakan aspal pada kadar 5,5% tidak cukup untuk melapisi agregat dengan baik yang menyebabkan pada sampel masih memiliki rongga udara yang cukup banyak. Sedangkan pada kadar 5,5% dengan substitusi pasir Pantai 100% telah memenuhi walau pada batas spesifikasi hal ini terjadi karena berat jenis pasir Pantai lebih besar dari pada pasir Clereng, yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama sehingga dapat meningkatkan kepadatan pada campuran dan membuat rongga udara pada campuran menjadi kecil. Hasil pengujian *VITM* pada berbagai variasi KAO tidak semuanya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, yaitu berkisar antara 3-5%.

## 2. *VFWA*

*VFWA* adalah persentase rongga yang terisi oleh aspal. Semakin tinggi nilai *VFWA*,

semakin kedap air dan udara campuran tersebut, karena lapisan aspal yang lebih tebal. Nilai *VFWA* dapat dilihat pada grafik di Gambar 5.9 berikut.

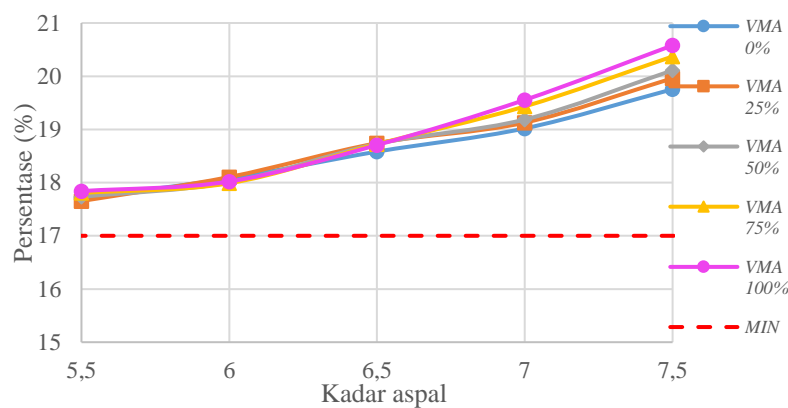


**Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *VFWA***

Pada grafik pada Gambar 5.9, dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan kadar aspal 5,5% hingga 7,5%, semakin besar nilai *VFWA*. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya aspal yang mengisi rongga dalam campuran. Grafik juga menunjukkan bahwa pada kadar aspal yang sama, campuran *HRS* dengan substitusi pasir Pantai Glagah memiliki nilai *VFWA* lebih tinggi dibandingkan dengan campuran *HRS* yang menggunakan agregat halus Clereng. Hal ini terjadi karena agregat pasir Pantai Glagah memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan berat jenis agregat pasir Clereng. Yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama sehingga dapat meningkatkan kepadatan pada campuran dan membuat total rongga pada campuran menjadi sedikit. Ini mengindikasikan bahwa semakin besar nilai *VFWA*, semakin kedap campuran terhadap air dan udara. Hasil pengujian *VFWA* sebelum KAO menunjukkan bahwa semua kadar aspal memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, yaitu lebih dari 68%.

### 3. *VMA*

*VMA* merupakan persentase rongga udara di antara butiran agregat dalam campuran yang sudah dipadatkan. *VMA* berfungsi sebagai ruang untuk menampung aspal dan rongga udara yang diperlukan dalam campuran. Seiring bertambahnya kadar aspal, nilai *VMA* akan meningkat, dan semakin tinggi nilai *VMA*, semakin kedap campuran terhadap air. Nilai *VMA* dapat dilihat pada grafik di Gambar 5.10 berikut.



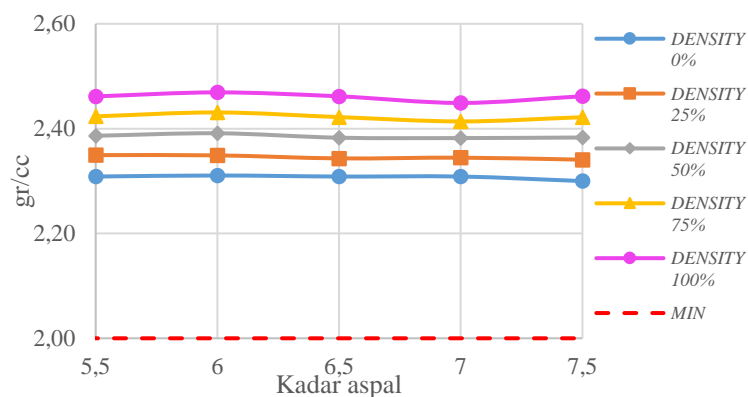
**Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *VMA***

Pada grafik pada Gambar 5.13, dapat dilihat bahwa nilai *VMA* mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar aspal 5,5% hingga 7,5% pada sample, hal ini disebabkan karena selimut aspal menjadi tebal sehingga jarak rongga antar agregat semakin besar. Pada hasil penggunaan pasir Pantai Glagah pada substitusi 25% hingga 100% dihasilkan nilai *VMA* yang lebih tinggi hal ini disebabkan karena berat jenis pada pasir Pantai Glagah lebih tinggi dibandingkan berat jenis pasir Clereng. Yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama mengakibatkan selimut aspal pada pasir Pantai menjadi lebih tebal. Hasil pengujian *VMA* sebelum KAO menunjukkan bahwa semua kadar aspal memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, yaitu lebih dari 17%.

### 4. *Density*

*Density* merupakan berat volume yang menunjukkan kepadatan campuran. Semakin

banyak kadar aspal yang digunakan dalam campuran, semakin tinggi tingkat kepadatan dan kerapatannya, karena lebih banyak aspal yang mengisi rongga antar butiran agregat. Nilai kepadatan (*density*) dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti gradasi bahan, suhu pemadatan, jumlah pemadatan, dan kadar aspal yang digunakan dalam campuran. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan grafik Density seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.11 berikut.



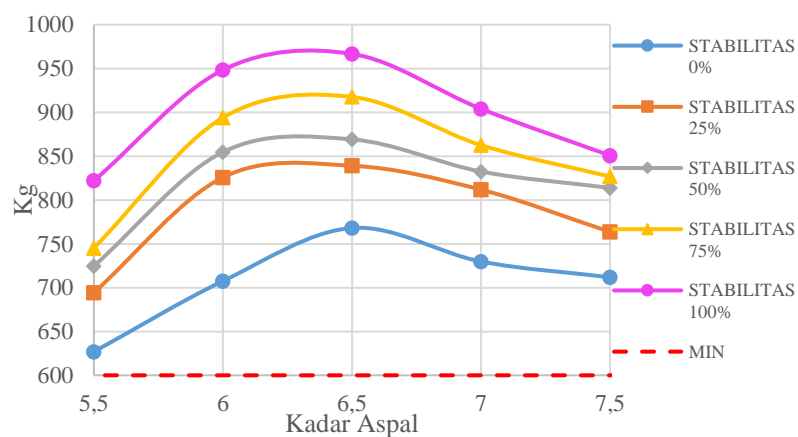
**Gambar 5. 11** Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*

Nilai *density* pada grafik Gambar 5.11 terjadi peningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Naik turunnya nilai *density* yang tidak signifikan pada kadar aspal 5,5% hingga 7,5% disebabkan oleh penurunan suhu pada proses pemadatan sampel. Sedangkan meningkat seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah 25% hingga 100% pada nilai *density* karena berat jenis pada pasir Pantai Glagah lebih tinggi dibandingkan berat jenis pasir Clereng, Yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama mengakibatkan campuran memiliki kepadatan yang baik, sehingga mampu menahan beban dengan optimal.

## 5. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan dari suatu perkerasan untuk menahan perubahan atau deformasi secara permanen seperti alur dan gelombang yang

diakibatkan oleh beban lalu lintas. Stabilitas sangat dipengaruhi oleh kemampuan campuran untuk menciptakan kunci (*interlocking*) dan gaya gesek (*friction*). Hasil yang diperoleh ini akan memberikan kekuatan struktural pada campuran aspal, yang dipengaruhi oleh kadar aspal, distribusi gradasi, serta kualitas agregat yang terkandung dalam campuran. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik stabilitas pada berbagai kadar seperti pada Gambar 5.12.



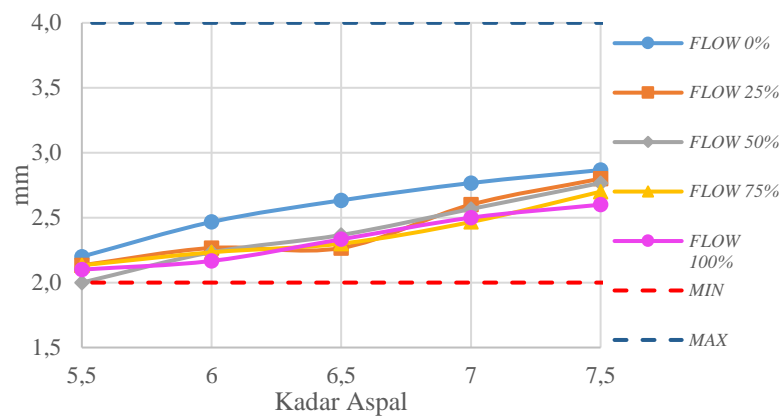
**Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.12 diatas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran *HRS* makin meningkat bersamaan dengan penambahan jumlah kadar aspal 5,5% hingga 6,5% pada campuran perkerasan, tetapi saat perkerasan sudah mencapai kondisi optimum pada kadar 6,5% maka nilai stabilitas akan terjadi penurunan pada kadar 7% dan 7,5%. Hal tersebut terjadi karena Pada kadar aspal rendah 5,5%, nilai stabilitas masih relatif rendah. Aspal yang tersedia tidak cukup untuk melapisi agregat dengan baik, sehingga campuran cenderung kurang padat dan kurang stabil. Sedangkan pada kadar aspal 6,5%, campuran mencapai nilai stabilitas optimum. Pada titik ini, jumlah aspal yang ada cukup untuk melapisi seluruh agregat secara optimal tanpa kelebihan aspal yang dapat menyebabkan campuran menjadi terlalu lembek dan mudah terdeformasi. Komposisi ini

memberikan keseimbangan yang ideal antara kekuatan ikatan aspal dan stabilitas campuran. Sedangkan pada kadar aspal 7% dan 7,5% nilai stabilitas cenderung menurun, hal ini disebabkan oleh kelebihan aspal yang membuat campuran menjadi terlalu fleksibel dan cenderung mengalami deformasi plastis saat menerima beban yang berlebihan akan menimbulkan selimut aspal pada agregat akan menjadi tebal dan mengakibatkan gesekan antara butiran berkurang. Hasil ini sejalan dengan penelitian Raharjo dan Azizah (2017) peningkatan stabilitas semakin naik hingga titik maksimum pada kadar tertentu, kemudian turun seiring penambahan kadar aspal. Hal tersebut dikarenakan aspal berubah fungsi menjadi pelican dalam campuran dan menyebabkan laspisan perkerasan mudah retak. Dan seiring dengan penambahan substitusi pasir Pantai Glagah 25%, 50%, 75%, dan 100% nilai stabilitas mengalami kenaikan seiring dengan penambahan substitusi pasir Glagah, karena berat jenis pada pasir Pantai Glagah lebih besar dari pada pasir Clereng, yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada clereng pada berat yang sama. Mengakibatkan nilai *void* menjadi lebih baik, hal ini menghasilkan campuran yang lebih padat dan mengurangi rongga udara di dalamnya. Semakin sedikit rongga, semakin baik stabilitas campuran karena campuran yang padat memiliki kemampuan yang lebih baik untuk menahan deformasi. Dengan Penggunaan pasir halus seperti pasir Glagah membantu meningkatkan kepadatan campuran, yang merupakan faktor penting dalam menahan deformasi permanen. Kepadatan yang lebih tinggi umumnya menghasilkan stabilitas yang lebih baik.

#### 6. *Flow*

Kelelehan (*flow*) merupakan perubahan bentuk pada suatu campuran aspal yang terjadi akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm. nilai *flow* dipengaruhi oleh viskositas, suhu, gradasi agregat, dan Tingkat kepadatan campuran. Nilai *flow* yang rendah mengindikasikan bahwa sampel cenderung mudah mengalami keretakan, dan sebaliknya jika nilai *flow* tinggi menandakan bahwa campuran mudah mengalami deformasi. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik *flow* pada berbagai kadar seperti pada Gambar 5.13.



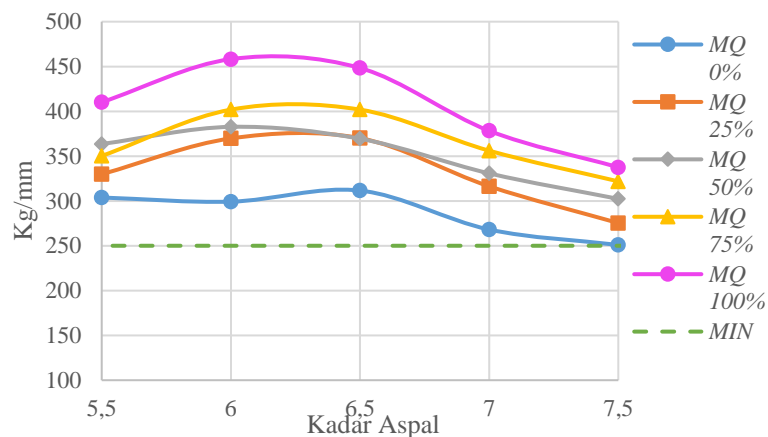
**Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Flow**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.13 di atas dijelaskan bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal 5,5% sampai 7,5% pada campuran perkerasan akan nilai *flow* akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh peningkatan pelumasan antar agregat, penurunan kekakuan campuran, dan peningkatan fleksibilitas. Pada kadar aspal yang lebih tinggi, campuran menjadi lebih lentur dan mampu menahan deformasi dengan lebih baik. Tetapi seiring dengan peningkatan kadar aspal yang terlalu tinggi dapat menyebabkan campuran menjadi terlalu lunak, yang dapat mengorbankan stabilitas dan ketahanan terhadap deformasi permanen. Nilai *flow* menurun seiring dengan penambahan pasir Pantai Glagah 25%, 50%, 75%, dan 100% karena beberapa faktor yang terkait dengan karakteristik material pasir pantai. Karena berat jenis pada pasir Pantai Glagah lebih besar dari pada pasir Clereng, yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada clereng pada berat yang sama. Mengakibatkan nilai *void* menjadi lebih baik, sehingga dapat meningkatkan kepadatan campuran. Ketika agregat halus mendominasi, campuran menjadi lebih kaku, yang membuatnya kurang fleksibel. Dan Pasir pantai Glagah mengisi celah-celah antar agregat kasar, yang mengurangi rongga dalam campuran. Yang menyebabkan pasir Glagah menciptakan efek penguncian (*interlocking*) yang lebih baik antara agregat kasar dan halus. Penguncian yang kuat mengurangi *fleksibilitas*

campuran untuk mengalami deformasi, yang pada gilirannya menyebabkan penurunan nilai *flow*.

#### 7. *MQ*

*MQ* merupakan hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *MQ* menunjukkan kelenturan dari suatu campuran agregat aspal, semakin kecil nilai *MQ* maka campuran akan semakin lentur tetapi cenderung kurang stabil, dan jika nilai *MQ* tinggi maka campuran akan semakin kaku dan memiliki kelenturan yang rendah. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik *MQ* pada berbagai kadar seperti pada Gambar 5.14 berikut.



**Gambar 5.14 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Marshall Quotient***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.14 dapat dilihat bahwa kenaikan nilai *MQ* pada campuran aspal disebabkan oleh bertambahnya kadar aspal. Peningkatan ini dimulai dari kadar aspal 5,5% hingga sampai pada titik optimum dan lalu mulai mengalami penurunan hingga pada kadar 7,5%. Sehingga kohesi campuran meningkat dan menyebabkan campuran menjadi kaku. Sedangkan penurunan nilai *MQ* pada campuran aspal disebabkan oleh bertambahnya aspal yang menyebabkan campuran menjadi lentur. Nilai *MQ* didapat dari nilai stabilitas dan nilai *flow*, Perubahan nilai *MQ*, baik peningkatan maupun penurunan, dapat dipengaruhi oleh

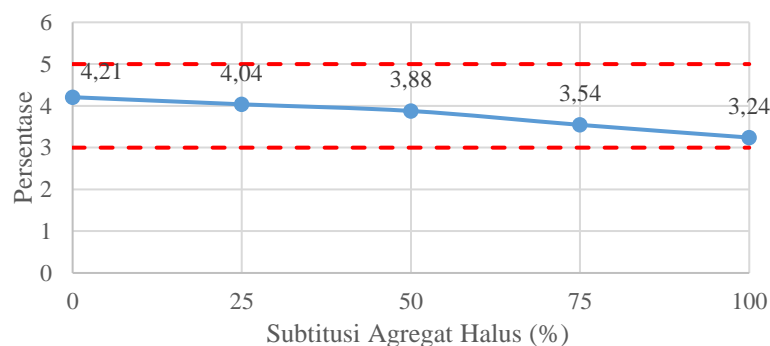
penurunan suhu campuran selama proses pemadatan serta distribusi agregat yang kurang merata. Pada variasi kadar aspal antara 5,5% hingga 7,5%, campuran sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018 Revisi 2, yakni dengan nilai  $MQ_{di} \geq 250$  kg/mm

### 5.2.7 Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum Campuran *HRS* Menggunakan Substitusi Pasir Pantai Glagah

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa berat jenis pasir Pantai Glagah lebih besar dibandingkan dengan agregat halus Clereng, dan penyerapan air pada agregat halus pasir Pantai Glagah juga lebih rendah daripada agregat halus Clereng. Faktor ini akan mempengaruhi nilai campuran *HRS*. Berikut merupakan hasil pengujian pengaruh penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus dengan nilai KAO yang sudah didapatkan sebagai berikut.

#### 1. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Terhadap Nilai *VITM*

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, diperoleh hubungan antara substitusi pasir pantai dan nilai *VITM* pada campuran *HRS*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.15.



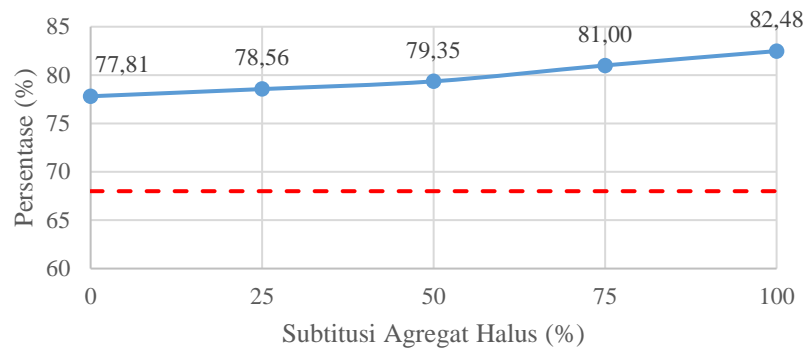
**Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *VITM***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.15 dapat diketahui bahwa nilai *VITM* pada campuran *HRS* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Pada saat substitusi pasir pantai Glagah dilakukan, agregat halus dengan berat jenis lebih tinggi, seperti pasir pantai. Yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama mengakibatkan meningkatkan kepadatan campuran. Ketika kadar pasir pantai meningkat, nilai *VITM* menurun secara signifikan. Pada 0% substitusi, campuran masih mengandung lebih banyak ruang kosong di antara partikel agregat. Nilai *VITM* menurun karena pasir pantai mengisi ruang kosong di antara agregat dengan lebih efisien. Pada 100% substitusi, campuran mencapai kerapatan maksimal, mengakibatkan nilai *VITM* yang paling rendah, menunjukkan bahwa hampir semua rongga dalam campuran telah diisi oleh material agregat, sehingga rongga total dalam campuran berkurang. Hal ini sejalan dengan penelitian Pamungkas (2024) jika semakin terisi rongga-rongga pada campuran maka nilai *VITM* kecil hal ini menunjukkan campuran mudah mengalami deformasi plastis akibat beban berulang.

Nilai signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,03 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil signifikansi didapat  $0,03 < 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah berpengaruh terhadap nilai *VITM*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah mempengaruhi nilai *VITM* pada campuran.

## 2. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Terhadap Nilai *VFWA*

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, diperoleh hubungan antara substitusi pasir pantai dan nilai *VFWA* pada campuran *HRS*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.16.



**Gambar 5.16 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *VFWA***

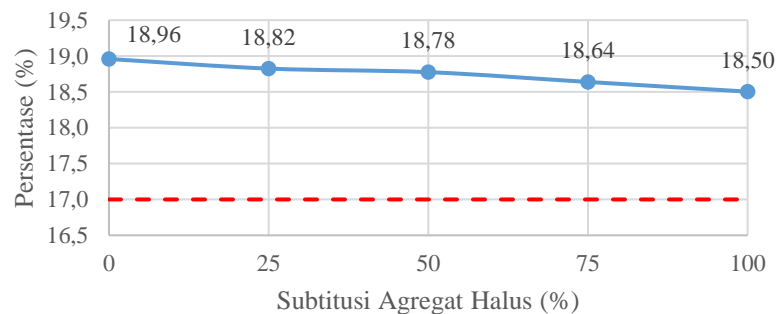
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.16 dapat diketahui bahwa nilai Nilai *VFWA* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Pada substitusi 0%, *VFWA* mungkin berada pada tingkat moderat karena ruang kosong dalam campuran masih relatif tinggi, dengan aspal yang belum sepenuhnya mengisi rongga tersebut. Ketika substitusi agregat halus dengan pasir pantai Glagah mulai dilakukan nilai *VFWA* mulai meningkat karena pasir pantai dengan berat jenis yang lebih tinggi membuat jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama, yang dapat mengurangi jumlah rongga total dalam campuran. Ini membuat lebih banyak aspal mengisi ruang kosong yang tersedia, yang meningkatkan *VFWA* secara keseluruhan. Pada kadar substitusi yang lebih tinggi, seperti 100%, nilai *VFWA* mencapai puncaknya. Ini disebabkan oleh peningkatan kepadatan campuran aspal yang dihasilkan dari partikel pasir pantai yang lebih halus dan padat, yang memperkecil jumlah rongga yang tidak terisi aspal. Dengan semakin banyak ruang kosong yang terisi oleh aspal, *VFWA* mengalami kenaikan, menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih padat dan terikat dengan baik. Hal ini sejalan dengan penelitian Nadhila dan Subarkah (2018) menyatakan nilai *VFWA* cenderung meningkat seiring dengan penambahan substitusi hal ini disebabkan limbah marmer memiliki nilai penyerapan yang rendah

dibandingkan agregat halus pasir yang akan mempengaruhi besarnya rongga pada campuran yang terisi.

Nilai signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,01 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil signifikansi didapat  $0,01 < 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah berpengaruh terhadap nilai *VFWA*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah mempengaruhi nilai *VFWA* pada campuran.

### 3. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Terhadap Nilai *VMA*

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, diperoleh hubungan antara substitusi pasir pantai dan nilai *VMA* pada campuran *HRS*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.17 di bawah ini.



**Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *VMA***

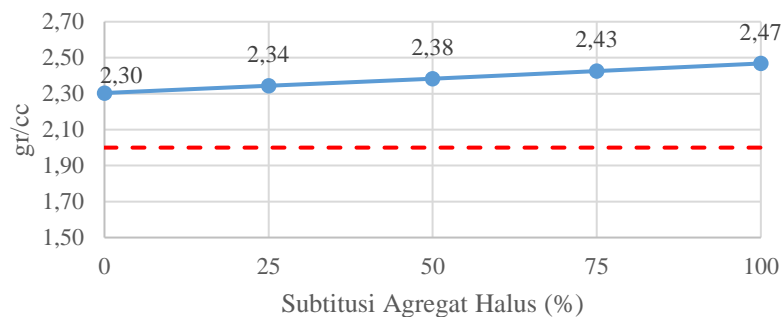
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.17 dapat diketahui bahwa nilai Nilai *VMA* pada campuran *HRS* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Nilai *VMA* berperan penting dalam menentukan kualitas campuran aspal, karena *VMA* yang tepat memastikan ruang yang cukup bagi aspal untuk mengisi dan mengikat agregat secara efektif. Dalam campuran *HRS*, penurunan nilai *VMA* seiring dengan penambahan substitusi pasir pantai Glagah mengindikasikan bahwa ruang kosong antara agregat semakin sedikit seiring

meningkatnya substitusi pasir pantai. Nilai *VMA* pada agregat Clereng cenderung menghasilkan ruang kosong yang lebih besar di antara partikel-partikel agregat. Ketika agregat halus seperti pasir pantai Glagah ditambahkan dalam campuran. Pasir pantai memiliki berat jenis yang lebih tinggi dan partikel yang lebih halus, membuat jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama sehingga agregat dapat terselimuti oleh aspal lebih baik dan dapat mengisi ruang kosong di antara agregat dengan lebih efisien mengurangi nilai *VMA*. Hal ini sejalan dengan penelitian Laras, dkk (2022) bahwa nilai *VMA* mengalami penurunan seiring bertambahnya arang katu tumbuk yang digunakan.

Nilai tidak signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,11 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil tidak signifikansi didapat  $0,11 > 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *VMA*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah tidak begitu mempengaruhi nilai *VMA* pada campuran.

#### 4. Analisis Pengaruh Variasi Subtitusi Agregat Terhadap Nilai *Density*

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, diperoleh hubungan antara substitusi pasir pantai dan nilai *Density* pada campuran *HRS*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.18.



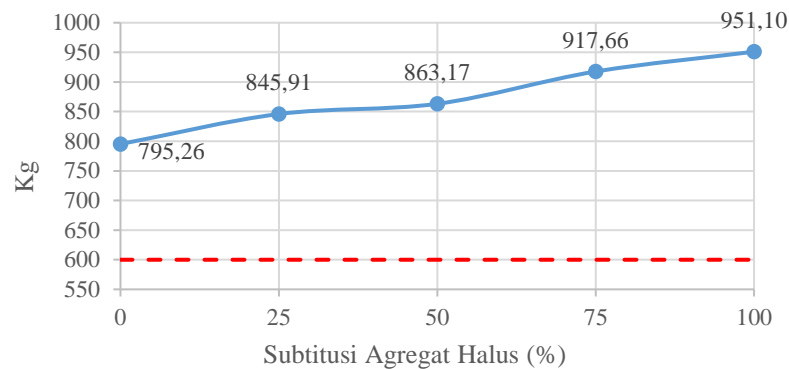
**Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap *Density***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.18 dapat diketahui bahwa nilai nilai *density* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Pasir pantai memiliki karakteristik mineral yang lebih padat, seperti magnetit dan besi, yang memberikan kontribusi terhadap peningkatan kerapatan partikel dalam campuran aspal. Pada setiap kenaikan kadar substitusi agregat halus dengan pasir Pantai Glagah menghasilkan peningkatan dalam nilai *density*. Hal ini karena pasir pantai yang lebih padat mengisi ruang kosong dalam campuran dengan lebih efektif, mengurangi *void* total dan meningkatkan kerapatan material. Pada kadar 100% substitusi, campuran mencapai *density* maksimal karena pasir pantai sepenuhnya menggantikan agregat halus lainnya, menciptakan campuran yang sangat padat dan stabil. Hal ini sejalan dengan penelitian Nofrianto dan Astika (2023) nilai *density* naik karena rongga dalam campuran terisi yang menyebabkan campuran cenderung lebih padat yang berarti *density* meningkat.

Nilai signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,01 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil signifikansi didapat  $0,01 < 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah berpengaruh terhadap nilai *density*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah mempengaruhi nilai *density* pada campuran.

#### 5. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Terhadap Nilai Stabilitas

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, diperoleh hubungan antara substitusi pasir pantai dan nilai stabilitas *Marshall* pada campuran *HRS*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.19.



**Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Stabilitas**

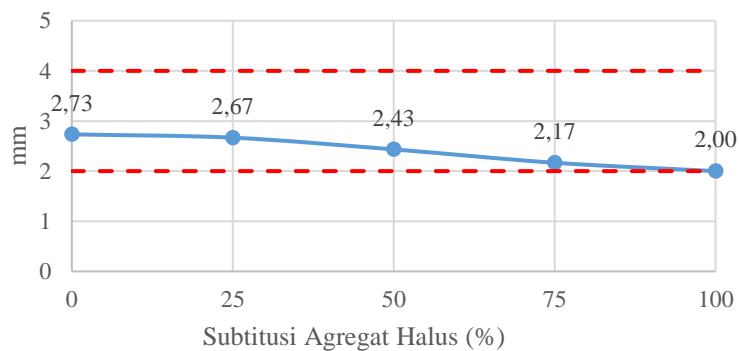
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.19 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada campuran *HRS* mengalami kenaikan yang seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Namun nilai stabilitas pada campuran aspal yang menggunakan pasir Pantai Glagah pada kadar aspal optimum menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan Pasir Clereng. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah campuran yang menggunakan pasir Pantai Glagah memiliki tingkat kerapatan yang lebih tinggi. Tingkat kerapatan yang lebih baik ini dihasilkan karena pasir Pantai Glagah memiliki berat jenis yang lebih besar dari pada pasir Clereng, yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada clereng pada berat yang sama. Mengakibatkan nilai *void* menjadi lebih baik. Sehingga partikel-partikel dalam campuran menjadi lebih padat dan terikat lebih kuat satu sama lain. Dengan demikian, pasir Pantai Glagah memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap kestabilan campuran aspal dibandingkan dengan Pasir Clereng, sehingga menghasilkan performa yang lebih baik dalam hal stabilitas *Marshall* pada campuran tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian Irawan (2010) yang menggunakan serbuk besi sebagai pengganti agregat halus dengan campuran *HRS*. Kenaikan nilai stabilitas disebabkan oleh Tingkat kestabilan yang terlalu tinggi

karena pergantian persen fraksi halus menggunakan serbuk besi menyebabkan lapisan menjadi lebih kaku. Dan sejalan dengan penelitian Harnaeni, dkk (2022) stabilitas yang lebih baik dapat melayani lalu lintas tanpa mengalami deformasi pada campuran.

Nilai tidak signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,32 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil tidak signifikansi didapat  $0,32 > 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai stabilitas. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah tidak begitu mempengaruhi nilai stabilitas pada campuran.

#### 6. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Terhadap Nilai *Flow*

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, diperoleh hubungan antara substitusi pasir pantai dan nilai *flow* pada campuran *HRS*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.20.



**Gambar 5.20 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *Flow***

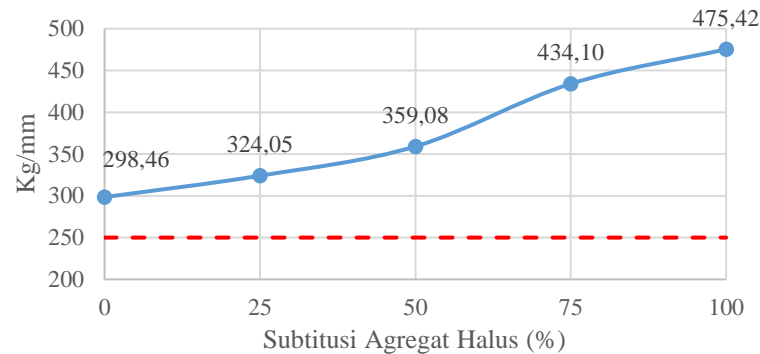
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.20 dapat diketahui bahwa nilai *flow* pada campuran *HRS* mengalami penurunan dengan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Hal ini terjadi karena pasir Pantai Glagah, yang dikenal memiliki kandungan besi dengan berat jenis yang lebih tinggi, yang

mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama. Mengakibatkan nilai *void* menjadi lebih baik dan berkontribusi pada peningkatan kerapatan campuran aspal. Akibatnya, deformasi plastis dari campuran berkurang, dan campuran menjadi lebih kaku (Hadi, dkk 2021), yang menyebabkan penurunan nilai *flow*. Penurunan nilai *flow* ini mencerminkan campuran yang lebih padat dan stabil, namun berkurang kemampuannya untuk menyesuaikan dengan beban lalu lintas tanpa mengalami keretakan. Hal ini sejalan dengan penelitian Akbar (2019) bahwa menggunakan campuran *HRS* dengan variasi agregat halus pasir besi mengalami penurunan nilai *flow* dengan bertambahnya substitusi agregat halus dikarenakan pasir besi dan batu karang sebagai agregat halus yang digunakan pada campuran relatif efektif dan cukup sehingga ruang udara dan rongga dalam agregat aspal semakin kecil.

Nilai tidak signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,11 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil tidak signifikansi didapat  $0,11 > 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *fLow*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah tidak begitu mempengaruhi nilai *flow* pada campuran.

#### 7. Analisis Pengaruh Variasi Subtitusi Agregat Terhadap Nilai *MQ*

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, diperoleh hubungan antara substitusi pasir pantai dan nilai *MQ* pada campuran *HRS*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.21.



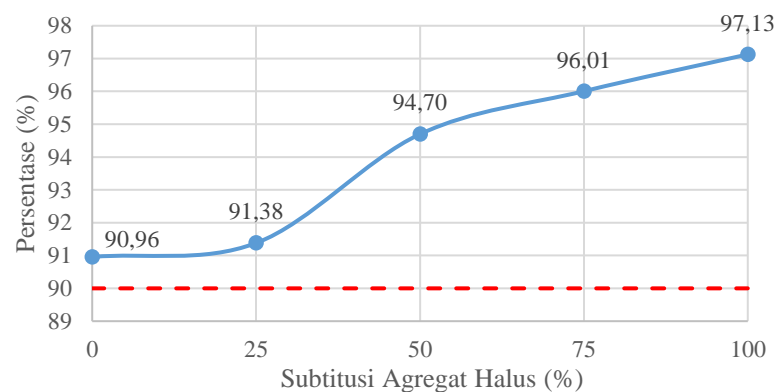
**Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap  $MQ$**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.21 dapat diketahui bahwa nilai  $MQ$  pada campuran  $HRS$  mengalami kenaikan dengan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Penambahan agregat halus pasir Pantai Glagah pada campuran  $HRS$  memberikan pengaruh positif terhadap nilai  $MQ$ .  $MQ$  merupakan rasio antara stabilitas dan  $flow$ , yang menggambarkan kekakuan campuran aspal. Seiring dengan penambahan kadar agregat halus pasir pantai, terjadi peningkatan nilai stabilitas karena kepadatan campuran yang lebih tinggi akibat berat jenis pasir pantai yang lebih besar, yang mengakibatkan jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama yang membuat nilai  $void$  menjadi lebih baik. Hal ini menyebabkan peningkatan nilai  $MQ$ . Dengan peningkatan kandungan agregat halus dari pasir Pantai Glagah, campuran aspal menjadi lebih padat dan mampu menahan deformasi lebih baik. Karena nilai  $flow$  yang menurun bersamaan dengan stabilitas yang meningkat,  $MQ$  akan mengalami kenaikan. Kenaikan nilai  $MQ$  menunjukkan bahwa campuran aspal tersebut lebih kaku dan memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap deformasi permanen di bawah beban lalu lintas. Hal ini sejalan dengan penelitian Nuswantoro (2003) bahwa penambahan  $filler$  dalam campuran perkerasan  $HRS$  maka rongga dalam campuran menjadi kecil, sehingga campuran cenderung kaku.

Nilai tidak signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,06 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil tidak signifikansi didapat  $0,06 > 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *MQ*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah tidak begitu mempengaruhi nilai *MQ* pada campuran.

#### 5.2.8 Karakteristik Pengujian *IRS* pada KAO Campuran *HRS* Menggunakan Subtitusi Pasir Pantai Glagah.

Pengujian *IRS* bertujuan untuk mengukur kekuatan sisa pada campuran *HRS* dan menganalisis kerusakan campuran aspal akibat paparan suhu ekstrem. Pengujian ini dilakukan dengan perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Pengaruh substitusi pasir pantai sebagai agregat halus pengganti terhadap nilai *IRS* dapat dilihat melalui grafik yang ditampilkan pada Gambar 5.22.



**Gambar 5.8 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus terhadap *IRS***

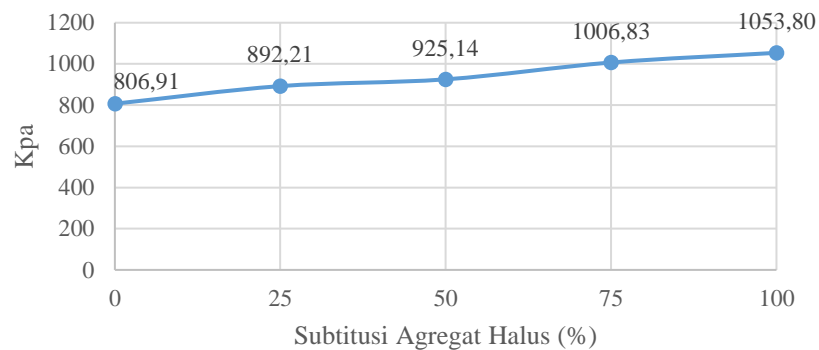
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.22 dapat diketahui bahwa nilai *IRS* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Pasir pantai memiliki berat jenis lebih tinggi, yang membuat jumlah

pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama. Hal ini membuat pasir pantai lebih efektif dalam mengurangi *void* yang membuat peningkatan kerapatan dan kepadatan pada campuran menjadi lebih baik, sehingga membuat campuran aspal lebih tahan terhadap perendaman pada suhu tinggi. Kenaikan nilai *IRS* pada tahap ini menunjukkan bahwa campuran aspal lebih mampu mempertahankan kekuatannya meskipun terkena air dan suhu titik keritis aspal. Seiring dengan peningkatan kadar substitusi pasir pantai nilai *IRS* terus mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan oleh semakin padatnya campuran aspal, yang berkontribusi terhadap ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan akibat air. Partikel pasir pantai yang lebih halus juga membantu mengurangi rongga dalam campuran, sehingga air tidak mudah meresap dan menyebabkan kerusakan. Hal ini sejalan dengan penelitian Yasir, dkk (2023) nilai stabilitas sisa yang diperoleh sesuai dengan acuan dan ketentuan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 dimana untuk stabilitas sisa yaitu 90%.

Nilai tidak signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,97 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil tidak signifikansi didapat  $0,97 > 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *IRS*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah tidak begitu mempengaruhi nilai *IRS* pada campuran.

#### 5.2.9 Karakteristik Pengujian *ITS* pada KAO Campuran *HRS* Menggunakan Substitusi Pasir Pantai Glagah

*ITS* adalah pengujian yang bertujuan untuk mengukur kekuatan tarik campuran beraspal akibat pengaruh beban lalu lintas. Nilai *ITS* memberikan gambaran tentang ketahanan campuran aspal terhadap retak atau kerusakan yang disebabkan oleh tegangan tarik. Hasil pengujian *ITS* terhadap berbagai variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.23.



**Gambar 5.9 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap ITS**

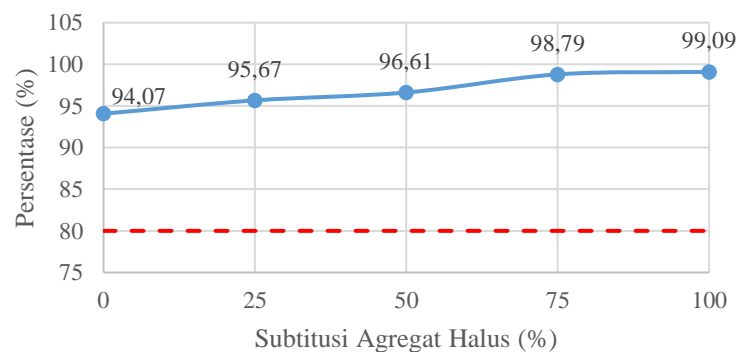
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.23 dapat diketahui bahwa nilai *ITS* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Ketika pasir pantai Glagah ditambahkan sebagai substitusi agregat halus pada kadar, terjadi peningkatan nilai *ITS* karena pasir pantai memiliki karakteristik berat jenis yang lebih tinggi, yang membuat jumlah pasir semakin sedikit dari pada Clereng pada berat yang sama. Hal ini membuat nilai *void* menjadi lebih baik dalam campuran dengan lebih efektif, dan meningkatkan kepadatan pada campuran. Kepadatan yang lebih tinggi ini memperkuat ketahanan tarik campuran beraspal, sehingga membuatnya lebih tahan terhadap tegangan yang ditimbulkan oleh lalu lintas. Menurut penelitian Mabui, dkk (2024) memodifikasi campuran *HRS* dapat meningkatkan kinerja pada campuran. Seiring dengan peningkatan kadar substitus nilai *ITS* terus meningkat. penambahan pasir pantai sebagai agregat halus meningkatkan kerapatan campuran, mengurangi porositas, dan membuat campuran lebih baik dan lebih kuat, sehingga kemampuan campuran untuk menahan tegangan tarik meningkat. Campuran yang lebih padat memiliki daya ikat yang lebih kuat antar partikel agregat, sehingga lebih tahan terhadap deformasi dan keretakan.

Nilai tidak signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,14 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil tidak signifikansi didapat  $0,14 > 0,05$  (signifikansi) sehingga

dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *ITS*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah tidak begitu mempengaruhi nilai *ITS* pada campuran.

#### 5.2.10 Karakteristik Pengujian *TSR* pada KAO Campuran *HRS* Menggunakan Substitusi Pasir Pantai Glagah

*TSR* adalah pengujian yang bertujuan untuk mengukur kekuatan tarik campuran beraspal akibat pengaruh beban lalu lintas dan menganalisis kerusakan campuran aspal akibat paparan suhu ekstrem. Pengujian ini dilakukan dengan perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Nilai *TSR* memberikan gambaran tentang ketahanan campuran aspal terhadap retak atau kerusakan yang disebabkan oleh tegangan tarik. Hasil pengujian *TSR* terhadap berbagai variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.24.



**Gambar 5.10 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *TSR***

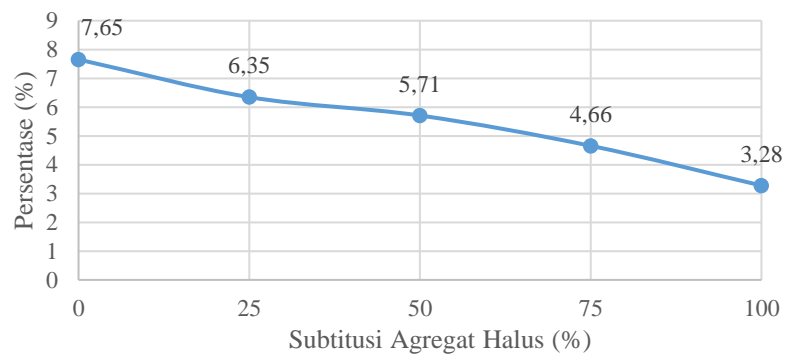
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.24 dapat diketahui bahwa nilai *TSR* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Pasir pantai memiliki karakteristik berat jenis yang lebih tinggi dan

partikel halus yang dapat mengisi rongga dalam campuran dengan lebih baik. Hal ini meningkatkan kerapatan campuran, mengurangi ruang kosong yang dapat diisi oleh air, sehingga campuran menjadi lebih tahan terhadap kerusakan akibat air. nilai *TSR* terus meningkat setiap penambahan kadar Substitusi, kerapatan campuran yang dihasilkan semakin baik, dan ketahanan terhadap kelembaban menjadi lebih kuat, karena air lebih sulit meresap ke dalam campuran yang lebih padat. Ini menunjukkan bahwa substitusi agregat halus dengan pasir pantai dapat memperbaiki ketahanan terhadap kerusakan titik suhu kritis aspal, meningkatkan daya tahan campuran aspal dalam kondisi basah. nilai *TSR* tetap tinggi, menunjukkan bahwa pasir pantai memiliki potensi untuk memberikan ketahanan pada titik suhu kritis aspal. Menurut Tajudin dan Suparman (2017) mengatakan nilai *TRS* menunjukkan perbandingan *ITS* dapat menggambarkan perkiraan kerentanan campuran aspal terhadap air.

Nilai tidak signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,98 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil tidak signifikansi didapat  $0,98 > 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *TSR*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah tidak begitu mempengaruhi nilai *TSR* pada campuran.

#### 5.2.11 Karakteristik Pengujian *CL* pada KAO Campuran *HRS* Menggunakan Substitusi Pasir Pantai Glagah

Pengujian *CL* bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan benda uji terhadap disintegrasi dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Dalam pengujian ini, benda uji dimasukkan ke dalam mesin dan diputar sebanyak 300 kali tanpa menggunakan bola baja. Tes ini bertujuan untuk menggambarkan seberapa kuat perkerasan aspal dalam menahan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan. Nilai hasil pengujian *CL* pada campuran *HRS* yang menggunakan substitusi pasir Pantai Glagah sebagai pengganti agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.25.



**Gambar 5.11 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *CL***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.25 penurunan pada nilai *CL* karena pasir Pantai Glagah memiliki berat jenis yang lebih besar, yang dimana volume jumlah pasir lebih sedikit dibandingkan pasir Clereng. Hal ini menyebabkan pasir pantai lebih baik dalam mengisi ruang kosong pada campuran sehingga mengurangi *void* dan meningkatkan kepadatan, yang menyebabkan ketahanan terhadap pengelupasan meningkat. menandakan bahwa campuran dengan substitusi penuh pasir pantai memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pengelupasan dibandingkan campuran yang menggunakan agregat Clereng. Menurut Muslimin, dan dkk (2014) *CL* merupakan salah satu metode evaluasi yang digunakan untuk menilai ketahanan abrasi campuran aspal dan agregat terutama dalam konteks keausan akibat lalu lintas kendaraan.

Nilai signifikansi pada analisis *Anova* sebesar 0,02 pada Tingkat signifikansi 0,05. Hasil signifikansi didapat  $0,02 < 0,05$  (signifikansi) sehingga dapat diberikan Kesimpulan bahwa agregat halus pasir Pantai Glagah berpengaruh terhadap nilai *CL*. Hal ini mengindikasikan campuran *HRS* dengan penggunaan agregat halus pasir Pantai Glagah mempengaruhi nilai *CL* pada campuran.

### **5.3 Tinjauan Karakteristik campuran *HRS* dengan Pasir Pantai Glagah sebagai Substitusi Agregat Halus**

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan mendapat Kesimpulan bahwa berat jenis agregat halus pasir Pantai Glagah lebih besar dari pada berat jenis Pasir Clereng, dan penyerapan pasir Pantai Glagah lebih kecil dari pada pasir Clereng. Hal ini menyebabkan kenaikan kinerja pada pengujian *Mrshall*, *IRS*, *ITS*, *TSR*, dan *CL* seiring dengan penambahan variasi substitusi agregat halus. Berikut merupakan hasil rekapitulasi hasil pengujian pada penggunaan pasir Pantai Glagah sebagai substitusi agregat halus pada campuran *HRS* dapat dilihat pada Tabel 5.24 dibawah ini.

**Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pasir Pantai Glagah Sebagai Subtitusi Agregat Halus pada Campuran**

***HRS***

Tinjauan	Parameter	Kadar Pasir Pantai (%)					Keterangan
		0	25	50	75	100	
Kekuatan ( <i>strength</i> )	Stabilitas (KG)	795,26	845,91	863,17	917,66	951,10	Setiap penambahan subtitusi pasir Pantai Glagah nilai stabilitas mengalami kenaikan yang menyebabkan campuran menjadi lebih baik, walaupun kenaikan pada stabilitas tidak signifikan.
	<i>Flow</i> (mm)	2,73	2,67	2,43	2,17	2,00	Setiap penambahan subtitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>flow</i> mengalami penurunan yang menyebabkan campuran menjadi lebih kaku, walaupun penurunan pada <i>flow</i> tidak signifikan.
	<i>MQ</i> (kg/mm)	298,46	324,05	359,08	434,10	475,42	Setiap penambahan subtitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>MQ</i> mengalami kenaikan yang menunjukkan bahwa pada campuran lebih padat dan mampu menahan deformasi yang lebih baik, walaupun kenaikan pada <i>MQ</i> tidak signifikan.
	<i>ITS</i> (Kpa)	806,91	892,21	925,14	1006,83	1053,79	Setiap penambahan subtitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>ITS</i> mengalami kenaikan yang menunjukkan bahwa pada kemampuan campuran untuk menahan tegangan tarik meningkat, dan membuat campuran lebih padat memiliki daya ikat yang lebih kuat antar partikel agregat, sehingga lebih tahan terhadap deformasi dan keretakan, walaupun kenaikan pada <i>ITS</i> tidak signifikan.

**Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran HRS**

Tinjauan	Parameter	Kadar Pasir Pantai (%)					Keterangan
		0	25	50	75	100	
Volumetrik	<i>VITM</i> (%)	4,21	4,04	3,88	3,54	3,24	Setiap penambahan substitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>VITM</i> mengalami penurunan yang signifikan yang menunjukkan bahwa setiap penambahan substitusi membuat hampir semua rongga dalam campuran telah terisi oleh material.
	<i>VFWA</i> (%)	77,81	78,56	79,35	81,00	82,48	Setiap penambahan substitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>VFWA</i> mengalami kenaikan yang signifikan yang menunjukkan peningkatan kepadatan dan memperkecil rongga yang tidak terisi aspal mengakibatkan campuran menjadi lebih padat dan terikat dengan baik.
	<i>VMA</i> (%)	18,96	18,82	18,78	18,64	18,50	Setiap penambahan substitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>VMA</i> mengalami penurunan yang menandakan bahwa campuran memiliki ruang kosong antar agregat yang semakin sedikit, walaupun penurunan pada <i>VMA</i> tidak signifikan.
	<i>Density</i> (gr/cc)	2,304	2,344	2,383	2,426	2,468	Setiap penambahan substitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>Density</i> mengalami kenaikan yang signifikan hal ini karena pasir pantai yang lebih padat mengisi ruang kosong dalam campuran dengan lebih efektif, mengurangi <i>void</i> total dan meningkatkan kerapatan material.

**Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pasir Pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran HRS**

Tinjauan	Parameter	Kadar Pasir Pantai (%)					Keterangan
		0	25	50	75	100	
Durabilitas	<i>IRS</i> (%)	90,95	91,38	94,70	96,01	97,13	Setiap penambahan substitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>IRS</i> mengalami kenaikan yang menunjukkan bahwa pada campuran lebih mampu mempertahankan kekuatan meskipun terkena air dan suhu ekstrem, walaupun kenaikan pada <i>IRS</i> tidak signifikan.
	<i>TSR</i> (%)	94,07	95,67	96,61	98,78	99,09	Setiap penambahan substitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>TSR</i> mengalami kenaikan yang menunjukkan bahwa pada kemampuan campuran untuk menahan tegangan tarik dan dapat memperbaiki ketahanan terhadap kerusakan titik suhu kritis aspal, meningkatkan daya tahan campuran aspal dalam kondisi basah, walaupun kenaikan pada <i>TSR</i> tidak signifikan.
	<i>CL</i> (%)	7,65	6,34	5,70	4,65	3,28	Setiap penambahan substitusi pasir Pantai Glagah nilai <i>CL</i> mengalami kenaikan yang signifikan yang menunjukkan bahwa setiap penambahan substitusi membuat campuran memiliki ketahanan terhadap pengelupasan meningkat.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran *HRS* substitusi pasir Pantai Glagah sebagai agregat halus dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan pengujian sifat fisik, pasir dari Pantai Glagah menunjukkan nilai berat jenis sebesar 2,94, nilai penyerapan air sebesar 0,48%, dan nilai sand equivalent sebesar 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa sifat fisik pasir Pantai Glagah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018 Revisi 2, sehingga pasir ini dapat digunakan sebagai substitusi dalam campuran aspal.
2. Hasil pengujian karakteristik *Marshall* menunjukkan bahwa nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *density* memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Dengan adanya penambahan variasi pasir pantai sebagai substitusi agregat halus, terjadi kenaikan nilai stabilitas dan *MQ* pada setiap penambahan variasi pasir pantai, yaitu dari 0%, 25%, 50%, 75%, hingga 100%. Sebaliknya, nilai *flow* menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai. Nilai *VFWA* naik dengan bertambahnya substitusi pasir pantai, sedangkan nilai *VITM* dan *VMA* menurun. Secara keseluruhan, kinerja campuran aspal cenderung meningkat dengan adanya penambahan kadar substitusi pasir pantai sebagai agregat halus. Hasil ini menunjukkan bahwa sifat fisik pasir Pantai Glagah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018 Revisi 2, sehingga pasir ini dapat digunakan sebagai substitusi dalam campuran aspal.
3. Nilai *IRS* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah hal ini sehingga membuat campuran aspal lebih tahan terhadap perendaman pada suhu tinggi. Kenaikan nilai *IRS* pada tahap ini menunjukkan bahwa campuran aspal lebih mampu mempertahankan kekuatannya

meskipun terkena air dan titik suhu kritis aspal. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa pasir Pantai Glagah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018 Revisi 2, sehingga pasir ini dapat digunakan sebagai substitusi dalam campuran aspal.

4. Nilai *ITS* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Ketika pasir pantai Glagah ditambahkan sebagai substitusi agregat halus pada kadar, terjadi peningkatan nilai *ITS*. Penambahan pasir pantai sebagai agregat halus meningkatkan kerapatan campuran, mengurangi porositas, dan membuat campuran lebih solid, sehingga kemampuan campuran untuk menahan tegangan tarik meningkat.
5. Nilai *TSR* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Pantai Glagah. Agregat halus yang dapat mengisi rongga dalam campuran dengan lebih baik. Hal ini meningkatkan kerapatan campuran, bahwa menunjukkan substitusi agregat halus dengan pasir pantai dapat memperbaiki ketahanan terhadap kerusakan titik suhu kritis aspal.
6. penurunan nilai *CL* karena Pasir pantai cenderung lebih halus dan memiliki kepadatan yang lebih besar, yang menyebabkan ketahanan terhadap pengelupasan meningkat.

## 6.2 Saran

Penggunaan pasir Pantai Glagah bisa digunakan sebagai alternatif pengganti agregat halus Clereng sampai pada variasi substitusi 100%.

1. Perlu dilakukan pembersihan pada agregat pasir Pantai untuk menghilangkan kadar garam.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap kandungan mineral yang terdapat pada pasir Pantai Glagah.
3. Perlu dilakukan pengkajian ulang lebih lanjut terkait penggunaan pasir Pantai sebagai substitusi agregat halus pada campuran lain.

4. Perlu dilakukan penyetaraan volumetrik karena perbedaan berat jenis berbeda jauh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. J., Wesli, Widari, L. A., dan Munawir, K. 2019. Penggunaan Abu Batu Karang Sebagai Filler dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter *Marshall* pada Campuran Aspal AC-BC. *Teras Jurnal*, 9(2), 179–189. <https://doi.org/10.29103/tj.v9i2.253>
- Azizah, N., dan Rahardjo, B. 2017. Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) dengan Filler Abu Ampas Tebu. *Jurnal Bangunan*, 22(2), 11–20.
- Bahri, S., dan Irawan, D. A. S. 2010. Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sejumlah Agregat Halus terhadap Campuran Aspal. *Jurnal Teknik Sipil Inersia*, 1(2), 25–32.
- Bumulo, N., Djau, R. A., dan Dunda, P. 2023. Studi Pengaruh Beban Berlebih terhadap Pengurangan Umur Perkerasan Jalan. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 11(1), 164–175. <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*, (Revisi 2).
- Fathonah, W., Intari, D. E., dan Ningrum, M. R. 2021. Pengaruh Penggunaan Abu Daun Bambu sebagai Filler pada Campuran HRS – WC (Hot Rolled Sheet). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 18(1), 48–54. <https://doi.org/10.30630/jirs.v18i1.537>
- Hadi, M. A., dan Fauziah, M. 2021, November. Comparative Study of *Marshall* Properties and Durability of Superpave and AC-WC Pavement by Using Starbit E-55 and Pen 60/70. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 933, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- Hans, S., Supiyan, dan Robby. 2023. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Serbuk Bata Merah pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course. *Transukma*, 5(2), 148–155.
- Harnaeni, S. R., Hijra, F., Benina, D. A., Utomo, B., Sunarjono, S., Riyanto, A., ... dan Azizan, N. Z. N. 2022. Utilization of Concrete Waste as the Substitute for Coarse Aggregates in Asphalt Mixtures. *Civil Engineering and Architecture*, 10(6),

2396-2409.

- Intari, D. E., Fathonah, W., dan Kirana, F. W. 2018. Analisis Karakteristik Campuran Laston (*HRS-WC*) Akibat Rendaman Air Laut Pasang (Rob) dengan Aspal Modifikasi Polimer Starbit E-55. *Jurnal Fondasi*, 7(2), 53–62. <https://doi.org/10.36055/jft.v7i2.4075>
- Laras, H. P., Murniati, dan Desriantomy. 2022. Karakteristik *Marshall* pada Campuran *HRS-WC* dengan Penambahan Arang Kayu Tumbuk Sebagai Bahan Pengisi (Filler). *Jurnal Teknik*, 6(1), 1–9.
- Lusyana, L., Mukhlis, M., Alli, S., dan Kharlindo, M. Y. 2021. Kinerja Durabilitas Campuran Aspal Hot Rolled Sheet-Wearing Course (*HRS-WC*) dengan Substitusi Cangkang Sawit sebagai Agregat Halus. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 81–91. <https://doi.org/10.36055/fondasi.v10i1.11061>
- Mabui, D., Tumpu, M., Widodo, S., Rusmin, M., dan Rangan, P. R. 2024. OPTIMIZATION OF ASPHALT CONTENT THROUGH *MARSHALL* CHARACTERISTICS USING MODIFIED ASBUTON. *GEOMATE Journal*, 26(117), 116-123.
- Madeppungeng, A., Intari, D. E., dan Fauziah, N. N. 2020. Evaluasi Kepuasan Pelanggan terhadap Kinerja Manajemen Proyek Kontraktor Besar (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bendungan KLM di Provinsi Banten). *Konstruksia*, 11(2), 59–72. <https://doi.org/10.24853/jk.11.2.59-71>
- Mukhlis, M., Lusyana, L., Suardi, E., Sukri, D. R., dan Sazama, A. 2023. *Marshall* Characteristics of Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) with Substitution of Silica Sand as Fine Aggregate. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 250–259. <https://doi.org/10.36055/fondasi.v12i2.21917>
- Mulyono, A. T. 2006. Kinerja Pemberlakuan Standar Mutu Perkerasan pada Peningkatan dan Pemeliharaan Jalan Nasional – Provinsi. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 14(3), 309–328.
- Muslimin, E., Talamati, B. H., dan Lestari, M. I. 2014. Pengaruh Kehilangan Gradasi Halus pada Spesifikasi Ream Pengujian Cantabro. *Jurnal Vokasi Sains Dan Teknologi*, 3(1), 1–6.
- Nadhila, A. D., dan Subarkah. 2018. *Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Perkerasan Lapis Aspal Beton (Laston)*. Universitas Islam Indonesia.

- Nofrianto, H., dan Astika, S. D. 2023. Kajian Pasir Silika Sebagai Agregat Halus pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Berdasarkan Uji Marshall. *Jurnal Teknologi Dan Vokasi*, 1(2), 53–66. <https://doi.org/10.21063/jtv.2023.1.2.7>
- Nurhakim, L., Wedyantadji, B., dan Togi H. Nainggolan. 2020. Pengaruh Pemanfaatan Limbah Kulit Telur sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus 0/5 pada Lapisan Aspal HRS-Wc Ditinjau dari Nilai Marshall Test. *E-Journal GELAGAR*, 2(2), 88–95.
- Nuswantoro, W., Desriantomy, dan Edwin. 2003. Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Tambahan Filler pada Campuran Aspal Panas Jenis Hot Rolled Sheet (HRS). *Jurnal Rekayasa Rancang Bangun*, 4(2), 75–82.
- Pamungkas, W. A., Langit, D. S., dan Darmawan, A. 2024. Pengaruh Penambahan Zeolite terhadap Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet Base (HRS Base). *Jurnal RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 9(1), 1–8.
- Ramadhan, F., dan Fauziah, M. 2020. Kinerja Campuran SMA dengan Menggunakan Pasir Pantai Indrayanti sebagai Pengganti Agregat Halus. *Teknisia*, 25(1), 34–42. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol25.iss1.art4>
- Setiyo, G., Aditama, V., dan Wedyantadji, B. 2020. Pengaruh Pasir Pantai Sipelot sebagai Pengganti Agregat 0/5 Campuran Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC). *Sondir*, 4(2), 44–52. <https://doi.org/10.36040/sondir.v4i2.3143>
- Simanjuntak, A. J., Desriantomy, dan Silitonga, S. P. 2021. Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Perkerasan Jalan Jenis HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course). *Jurnal Teknika*, 5(1), 1–10.
- Sukamto, H. M. 2020. Penggunaan Pasir Sungai Progo sebagai Pengganti Agregat Halus dalam Beton Aspal Campuran AC-WC. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Dengan Tema “Kesehatan Modern Dan Tradisional,”* 246–258.
- Sukirman, S. 1999. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova.
- Sulistiyono, A., Said, S., & Azwansyah, H. 2023. Characteristics of the Mixture of Lataston (HRS-WC) with Dolomite Limestone as a Filler in Asphalt Mixture. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(2), 299–306. <https://doi.org/10.26418/jtst.v23i2.63061>
- Tajudin, A. N., dan Suparma, L. B. 2017. Pengaruh Rendaman pada Indirect Tensile

Strength Campuran AC-BC dengan Limbah Plastik sebagai Agregat Pengganti.  
*Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(2), 166–173.

Wijanarko, F. H., Mulia, M. B., Wicaksono, Y. I., dan Purwanto, D. 2013. Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal Beton Jenis “Hot Rolled Sheet–Wearing Course “. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(2), 363-369.

Yasir, M., Lubis, F., dan Apriani, W. 2023. Kajian Nilai Keawetan Reclaimed Asphalt Pavement dengan Pemanfaatan Buton Granular Asphalt pada Lapis Perkerasan AC-WC. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, 3(2), 115–124.  
<https://doi.org/10.31849/jurkim.v3i2.13892>

# LAMPIRAN

