

TUGAS AKHIR

**Studi Komprasi Penerapan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 Pada
Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC)
(*Comparative Study of the Application of PG 70 and PEN 60/70
Asphalt in HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Waering Course) Mixtures*)**

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



GHINA HANIFAH FARZA

21511221

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

2025

TUGAS AKHIR

**Studi Komprasi Penerapan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 Pada
Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)
(Comparative Study of the Application of PG 70 and PEN 60/70
Asphalt in HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course) Mixtures))**

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



**GHINA HANIFAH FARZA
21511252**

Disetujui:

Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Muhamad Abdul Hadi'.

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T., IPP.

Tanggal: 16 Desember 2025

TUGAS AKHIR

Studi Komprasi Penerapan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS WC)

*(Comparative Study of the Application of PG 70 and PEN 60/70
Asphalt in HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course) Mixtures))*

Disusun Oleh

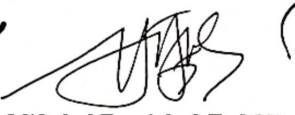


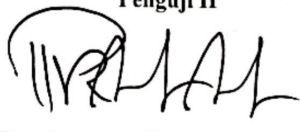
Oleh Dewan Penguji
Penguji I

Penguji II

Pembimbing


Ir. Mubamad Abdul Hadi,
S.T., M.T., IPP,
NIK : 215111307


Miftahul Fauziah, S.T., M.T.,
PhD
NIK : 955110103


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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa laporan Tugas Akhir ini, yang saya susun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, adalah hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu yang bersumber dari karya orang lain telah saya cantumkan referensinya secara jelas, sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa seluruh atau sebagian laporan ini bukan merupakan hasil karya saya sendiri atau terdapat indikasi plagiarisme, saya bersedia menerima konsekuensi, termasuk kemungkinan pencabutan gelar akademik sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 1 Desember 2025

Yang membuat pernyataan,



GHINA HANIFAH FARZA

(21511214)

DEDIKASI

Alhamdulillahirabbilamin

"saya ucapkan atas dukungan dan Do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu dengan rasa syukur dan bahagia saya persembahkan dan terimakasih kepada:

Allah SWT

Karena hanya atas izin dan karunia-Nya maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai tepat pada waktunya. Puji syukur yang tak terhingga pada Allah SWT yang telah meridhoi dan mengabulkan segala doa"

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul Studi Komprasi Penerapan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 Pada Campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS WC) ((*Comparative Study of the Application of PG 70 and PEN 60/70 Asphalt in HRS (Hot Rolled Sheet) Mixtures*)) dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Bapak Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T. IPP, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing dan memberikan arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini,
2. Ibu Miftahul Fauziah S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberi masukan dan saran kepada penulis.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak Zainul Asraf dan Ibu Farida selaku orang tua penulis yang selalu memberi do'a dan dukungan tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir,
5. Ridho Hanif Farza dan Fadhila Hanifah Farza selaku saudara kandung penulis yang selalu memberikan do'a dan dukungan yang tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir,

6. Bapak Sukamto dan Mas Giri Widhiatmoko selaku laboran Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan yang telah banyak membantu penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir,
7. Yafi Dzakia Muttaqin, Diah Ayu Puspitaningrum, Muhammad Firdaus Sani S.T., Muhammad Nuzul Shalahudin, dan Alfina Aflah Aribah. selaku partner laboratorium penulis yang telah banyak membantu serta memberikan semangat kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf serta mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 1 Desember 2025

Yang membuat pernyataan,



GHINA HANIFAH FARZA

(21511221)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
DEDIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Tentang Penggunaan Aspal PG	6
2.2 Penelitian Tentang Penggunaan HRS untuk Campuran Aspal	7
2.3 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya	8
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Umum	13
3.2 Bahan Penyusun Perkerasan	14
3.2.1 Agregat	14
3.2.2 Aspal Pen 60/70	16
3.2.3 Aspal PG 70	17
3.3 Campuran <i>Hot Rolled Sheet-Wearing Course</i> (HRS-WC)	18
3.4 Karakteristik Aspal PG 70	20
3.5 Karakteristik Pengujian <i>Marshall Standard</i> (MS)	21
3.5.1 <i>Void In the Total Mix</i> (VITM)	21

3.5.2	<i>Void Filled With Asphalt (VFWA)</i>	22
3.5.3	<i>Void in Mineral Aggregat (VMA)</i>	22
3.5.4	Kepadatan (<i>Density</i>)	23
3.5.5	Stabilitas	23
3.5.6	Kelelehan (<i>Flow</i>)	24
3.5.7	<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	24
3.6	<i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	25
3.7	<i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	25
3.8	<i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i>	26
3.9	<i>Cantabro Loss (CL)</i>	26
3.10	<i>Stiffness Modulus (Modulus Kekakuan)</i>	27
3.10.1	<i>Sbit</i>	27
3.10.2	<i>Smix</i>	28
3.11	<i>PI (Penetration Indeks)</i>	28
BAB IV METODE PENELITIAN		30
4.1	Metode Penelitian	30
4.2	Metode Pengambilan Sampel	30
4.2.2	Aspal PG 70	30
4.3	Metode Pengambilan Data	31
4.4	Langkah-Langkah Penelitian	32
4.4.1	Pemeriksaan Bahan	32
4.4.2	Persiapan Alat	35
4.4.3	Rencana Campuran HRS-WC	36
4.5	Jumlah Benda Uji	40
4.6	Bagan Alir Penelitian	41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		44
5.1	Hasil Penelitian	44
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	44
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70	44
5.1.3	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal PG 70	45
5.1.4	Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum Campuran HRS - WC	46

5.1.4	Hasil Pengujian Campuran HRS – WC Berdasarkan Jenis Bahan Ikat PEN 60/70 dengan Aspal PG 70 pada KAO	48
5.2	Pembahasan	49
5.2.1	Karakteristik Aspal	49
5.2.2	Karakteristik Agregat Kasar	51
5.2.3	Karakteristik Agregat Halus	52
5.2.4	Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran HRS – WC dengan Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 untuk mencari KAO	53
5.2.5	Pengaruh Bahan Ikat Terhadap Kinerja Campuran HRS-WC pada KAO berdasarkan Jenis Bahan Ikat.	61
5.2.6	Perbandingan Nilai IRS Campuran HRS – WC Terhadap Bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70.	69
5.2.7	Perbandingan Nilai ITS Campuran HRS – WC Terhadap Bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70	71
5.2.8	Perbandingan Nilai TSR Pada Campuran HRS – WC Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	72
5.2.9	Perbandingan nilai CL Campuran HRS - WC Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	74
5.2.10	Perbandingan Nilai <i>Stiffness Modulus</i> Campuran HRS-WC dengan Bahan Ikat PG70 dan PEN 60/70	75
5.2.11	Rekapitulasi Perbandingan Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Ikat PEN 60/70 dengan PG 70	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		83
6.1	kesimpulan	83
6.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN		90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	10
Tabel 3.1 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar	15
Tabel 3.2 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus	15
Tabel 3.3 Persyaratan Aspal PEN 60/70	16
Tabel 3.4 Persyaratan Aspal PG 70	17
Tabel 3.5 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal	18
Tabel 4.1 Gradasi Agregat Campuran HRS-WC Bergradasi Senjang	36
Tabel 4.2 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 6%	38
Tabel 4.3 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 6,5%	39
Tabel 4.4 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 7%	39
Tabel 4.5 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 7,5%	39
Tabel 4.6 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 8%	40
Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Nilai KAO	40
Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk Tiap Pengujian pada KAO	38
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar	44
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Halus	44
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i>	44
Tabel 5.4 Data Pengujian Karakteristik Aspal PEN 60/70	45
Tabel 5.5 Data Pengujian Karakteristik Aspal PG 70	45
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Menentukan KAO Campuran HRS-WC Aspal PEN 60/70	46
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Penentuan KAO Campuran HRS-WC PG 70	47
Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil KAO Campuran HRS-WC Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	48
Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengujian MS pada Campuran HRS – WC Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	48
Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian IRS pada Campuran HRS – WC Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	48
Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian ITS pada Campuran HRS – WC	

Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	48
Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian TSR pada Campuran HRS – WC	
Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	48
Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian CL pada Campuran HRS – WC Bahan	
Ikat PEN 60/70 dan PG 70	48
Tabel 5.14 Rekapitulasi Nilai <i>Sbit</i> , <i>Smix</i> , dan PI pada Campuran HRS-WC WC	
Bahan Ikat PEN 60,70 dan PG 70	49
Tabel 5.15 Signifikansi Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap	
karakteristik Mekanik dengan Campuran HRS-WC	78
Tabel 5.16 Signifikansi Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap	
Karakteristik Volumetri dengan Campuran HRS-WC	78
Tabel 5.17 Signifikansi Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap	
Karakteristik Durabilitas dengan Campuran HRS-WC	75
Tabel 5.18 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Kinerja Campuran	
HRS-WC	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan WCT (Lataston HRS)	19
Gambar 3.2 Grafik Gradasi Agregat Gabungan BASE T(Lataston HRS)	20
Gambar 3.3 Grafik Gradasi Agregat Gabungan WCT (Laston AC)	20
Gambar 4.1 Grafik Agregat Rencana HRS-WC Gradasi Senjang	37
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran HRS – WC Aspal PEN 60/70	46
Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran HRS-WC Aspal PG 70	47
Gambar 5.3 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas Campuran HRS – WC pada tiap Bahan Ikat	53
Gambar 5.4 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i> Campuran HRS – WC pada tiap Bahan Ikat	54
Gambar 5.5 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ Campuran HRS-WC	55
Gambar 5.6 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Campuran HRS - WC	56
Gambar 5.7 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA Campuran HRS - WC pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	58
Gambar 5.8 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA Campuran HRS – WC pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	59
Gambar 5.9 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA Campuran HRS – WC pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70	60
Gambar 5.10 Pengaruh Bahan Ikat Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran HRS – WC	61
Gambar 5.11 Pengaruh Bahan Ikat Terhadap Nilai <i>Flow</i> pada Campuran HRS – WC	62
Gambar 5.12 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai MQ pada Campuran HRS – WC	63

Gambar 5.13 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dengan PG 70 Terhadap Nilai VITM pada Campuran HRS-WC	65
Gambar 5.14 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dengan PG 70 Terhadap Nilai VFWA pada Campuran HRS – WC	66
Gambar 5.15 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai VMA pada Campuran HRS-WC	67
Gambar 5.16 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai <i>Density</i> pada Campuran HRS-WC	69
Gambar 5.17 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai IRS pada Campuran HRS-WC	70
Gambar 5.18 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai ITS pada Campuran HRS-WC	71
Gambar 5.19 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai TSR pada Campuran HRS - WC	73
Gambar 5.20 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai CL pada Campuran HRS - WC	74
Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Nilai <i>Sbit</i> Campuran HRS-WC dengan Bahan Ikat PG 70 dan Pen 60/70	76
Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Nilai <i>Smix</i> Campuran HRS-WC dengan Bahan Ikat PG 70 dan Pen 60/70	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal PEN 60/70	91
Lampiran 2	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal PG 70	92
Lampiran 3	Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70	93
Lampiran 4	Pemeriksaan Penetrasi PG 70	94
Lampiran 5	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal PEN 60/70	95
Lampiran 6	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar PG 70	96
Lampiran 7	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal PEN 60/70	97
Lampiran 8	Pemeriksaan Titik Lembek PG 70	98
Lampiran 9	Pemeriksaan Daktilitas Aspal PEN 60/70	99
Lampiran 10	Pemeriksaan Daktilitas PG 70	100
Lampiran 11	Pemeriksaan Kelarutan Aspal PEN 60/70 dalam TCE	101
Lampiran 12	Pemeriksaan Kelarutan PG 70	102
Lampiran 13	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	103
Lampiran 14	Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	104
Lampiran 15	Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	105
Lampiran 16	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	106
Lampiran 17	Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	107
Lampiran 18	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Debu	108
Lampiran 19	Grafik Rekap <i>Marshall Standard</i> sebelum KAO	109
Lampiran 20	Pengujian <i>Marshall</i> Mencari KAO PG 70	110
Lampiran 21	Grafik Pengujian <i>Marshall</i> mencari KAO PG 70	111
Lampiran 22	Pengujian <i>Marshall</i> Mencari KAO PEN 60/70	112
Lampiran 23	Grafik Pengujian <i>Marshall</i> Mencari KAO PEN 60/70	113
Lampiran 24	Pengujian <i>Marshall</i> Setelah KAO PG 70	114
Lampiran 25	Pengujian <i>Marshall</i> Setelah KAO PEN 60/70	115
Lampiran 26	Perbandingan Hasil <i>Marshall Standard</i> Kedua Bahan Ikat	116
Lampiran 27	Pengujian IRS	117
Lampiran 28	Rekap Pengujian IRS	118

Lampiran 29	Pengujian ITS	119
Lampiran 30	Pengujian TSR	120
Lampiran 31	Rekap Pengujian ITS dan TSR	121
Lampiran 32	Pengujian CL	122

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CL	= <i>Cantabro Loss</i>
Cm	= Centimeter
HRS-WC	= <i>Hot Rolled Sheet-Wearing Course</i>
IRS	= <i>Index of Retained Strength</i>
ITS	= <i>Indirect Tensile Strength</i>
KAO	= Kadar Aspal Optimum
Kg	= Kilogram
Kg/mm	= Kilogram per milimeter
LA	= <i>Loss Angeles</i>
m	= Meter
mm	= Milimeter
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
Mo	= berat sebelum diabrasi (gr)
Mi	= berat setelah diabrasi (gr)
PG	= <i>Performance Grade</i>
SHRP	= <i>Strategic Highway Research Program</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
TCE	= <i>Trychloroethylene</i>
TSR	= <i>Tensile Strength Ratio</i>
VITM	= <i>Void in The Total Mix</i>
VFWA	= <i>Void Filled With Asphalt</i>
VMA	= <i>Void in Mineral Aggregat</i>

ABSTRAK

Performa perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh jenis bahan pengikat yang digunakan, terutama pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) yang berfungsi sebagai lapisan aus dan langsung menerima beban lalu lintas. Aspal PEN 60/70 masih menjadi pilihan umum, namun penggunaannya di lapangan sering menunjukkan keterbatasan pada suhu tinggi dan ketahanan terhadap kelembapan. Sementara itu, Aspal *Performance Grade* (PG) 70 mulai banyak diterapkan karena memiliki sifat reologi yang lebih baik dan dinilai mampu meningkatkan ketahanan campuran. Kondisi ini mendorong perlunya penelitian untuk membandingkan kinerja HRS-WC yang menggunakan kedua jenis aspal tersebut.

Penelitian ini dilakukan melalui metode eksperimen di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia. Dua variasi campuran HRS-WC disiapkan menggunakan aspal PG 70 dan PEN 60/70 sebagai variabel pembeda. Pengujian mengacu pada SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, dengan parameter evaluasi meliputi *Marshall Standard* (MS), *Indirect Tensile Strength* (ITS), *Index of Retained Strength* (IRS), *Tensile Strength Ratio* (TSR), serta *Cantabro Loss* (CL). Seluruh parameter digunakan untuk menilai kinerja struktural, ketahanan terhadap kelembapan, dan ketahanan abrasi campuran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 memberikan performa lebih baik pada hampir seluruh parameter. Stabilitas *Marshall* meningkat sebesar 16,41%, IRS naik 9,48%, ITS meningkat 5,26%, dan TSR bertambah 4,7%. Nilai CL juga menurun signifikan sebesar 52,27%, menandakan ketahanan abrasi yang lebih baik. Seluruh hasil memenuhi persyaratan Bina Marga 2018. Karena itu, aspal PG 70 direkomendasikan untuk perkerasan dengan beban dan intensitas lalu lintas tinggi.

Kata kunci: Aspal PG 70, PEN 60/70, HRS-WC.

ABSTRACT

The performance of pavement structures is strongly influenced by the type of binder used, particularly in Hot Rolled Sheet–Wearing Course (HRS-WC) mixtures that function as the surface layer and directly receive traffic loads. PEN 60/70 asphalt is still widely used, yet field applications often show limitations in terms of high-temperature stability and moisture resistance. Meanwhile, Performance Grade (PG) 70 asphalt has become more commonly applied due to its better rheological properties and its potential to improve mixture durability. These conditions highlight the need to compare the performance of HRS-WC mixtures using both types of asphalt binders.

This research was conducted through experimental testing at the Highway Engineering Laboratory of Universitas Islam Indonesia. Two HRS-WC mixtures were prepared using PG 70 and PEN 60/70 asphalt as the distinguishing variables. The testing procedures followed SNI standards and the 2018 Bina Marga General Specifications (Revised 2), with evaluation parameters including Marshall Stability (MS), Indirect Tensile Strength (ITS), Index of Retained Strength (IRS), Tensile Strength Ratio (TSR), and Cantabro Loss (CL). These parameters were used to assess structural performance, moisture susceptibility, and abrasion resistance.

The results showed that the HRS-WC mixture using PG 70 asphalt exhibited superior performance in almost all parameters. Marshall Stability increased by 16.41%, IRS by 9.48%, ITS by 5.26%, and TSR by 4.7%. Cantabro Loss decreased significantly by 52.27%, indicating much better abrasion resistance. All results met the requirements of the Bina Marga 2018 specifications. Therefore, PG 70 asphalt is recommended for pavements subjected to high traffic loads and demanding environmental conditions.

Keywords: PG 70 asphalt, PEN 60/70, HRS-WC

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Utomo dkk. (2020), dalam penelitiannya menyebutkan jalan memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi masyarakat, terutama dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti distribusi barang dan layanan. Infrastruktur jalan yang baik dan tersambung dengan efisien memungkinkan pergerakan barang dan jasa menjadi lebih lancar, sehingga memudahkan masyarakat dalam mengakses produk dan layanan yang mereka perlukan. Selain itu, jalan juga merupakan bagian penting dari infrastruktur yang mendukung transportasi dan konektivitas antar daerah. Fungsinya mencakup berbagai aspek kehidupan, termasuk sosial, ekonomi, budaya, dan keamanan. Namun, seiring waktu, kualitas jalan akan menurun karena tingginya volume lalu lintas dan pengaruh kondisi lingkungan.

Untuk mendukung pembangunan ekonomi masyarakat, dibutuhkan prasarana infrastruktur jalan yang memadai guna menunjang aktivitas pembangunan. Oleh karena itu, diperlukan struktur perkerasan jalan yang kuat, tahan lama, dan memiliki daya dukung tinggi agar lalu lintas yang melintas merasa aman dan nyaman. Namun, kerusakan yang terjadi akibat meningkatnya jumlah kendaraan menyebabkan peningkatan repetisi beban lalu lintas (*overloading*). Selain itu, faktor temperatur dan perubahan intensitas curah hujan juga mempercepat kerusakan lapisan permukaan struktur perkerasan jalan, sehingga kondisi jalan tidak dapat mencapai umur rencana yang diinginkan. Berbagai jenis lapis permukaan jalan dapat ditemukan di Indonesia, salah satunya adalah *Hot Rolled Sheet – Wearing course* (HRS-WC).

HRS-WC adalah Lapis permukaan ini sering disebut sebagai Lapis Tipis Aspal Beton, yang merupakan lapisan penutup yang terbuat dari agregat dengan gradasi timpang, *filler*, dan aspal keras yang dicampur pada suhu dan perbandingan

tertentu, kemudian dihamparkan dan dipadatkan secara panas. Untuk mengikat campuran ini, digunakan aspal dengan penetrasi 60/70. Menurut Marianto dan Langi (2020), campuran HRS-WC merupakan campuran aspal panas bergradasi senjang yang tersusun dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal sebagai bahan pengikat. Campuran ini banyak digunakan sebagai lapis permukaan karena memiliki stabilitas yang tinggi, kedap air, serta fleksibilitas yang baik. Rongga udara yang cukup besar pada HRS-WC memungkinkan penyerapan aspal dalam jumlah lebih besar tanpa menyebabkan bleeding. Hal ini sejalan dengan Bahri dan 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. Penelitian lain yang dilakukan oleh Muhammad dan Hadi (2025), Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan pasir pantai Glagah dalam proporsi tertentu masih memenuhi spesifikasi teknis dan dapat meningkatkan beberapa sifat mekanis campuran, terutama stabilitas dan kepadatan. Namun, pada kadar yang terlalu tinggi, nilai *flow* cenderung meningkat, yang dapat mengurangi kekakuan campuran. Dengan demikian, pasir pantai Glagah memiliki potensi sebagai material lokal alternatif dalam campuran HRS yang ramah lingkungan dan ekonomis, dengan tetap memperhatikan batas optimum penggunaannya.

HRS juga memiliki kelebihan yang diantaranya kedap air, tidak licin, dan sebagai lapisan aus. Selain itu, HRS juga mudah dipadatkan, menghasilkan lapisan dengan ketahanan tinggi terhadap air dan udara. Dalam struktur perkerasan bahan ikat juga berperan penting dalam menyusun struktur perkerasan jalan, terdapat banyak jenis bahan ikat yang dapat digunakan, salah satu bahan ikat yang dapat digunakan adalah Aspal PG (*Performace Graded*).

Penelitian serupa dalam pengujian aspal PG telah dilakukan oleh Kaffa (2025), dan Absyah dkk (2023), menyebutkan bahwa aspal juga menekankan bahwa aspal PG memberikan kinerja yang lebih baik dalam menjaga stabilitas yang

lebih baik dalam menahan deformasi seperti *rutting* yang sering terjadi pada jalan-jalan dengan volume kendaraan berat. Dengan karakteristik ini, aspal PG lebih sesuai digunakan di jalan-jalan utama atau jalan dengan intensitas kendaraan berat yang tinggi, seperti jalan tol atau jalan perkotaan yang sibuk. Fleksibilitas aspal PG juga memungkinkan untuk menjaga struktur perkerasan tetap stabil meskipun dihadapkan dengan perubahan suhu yang drastis.

Penelitian ini menggunakan aspal PG 70 dimana jenis aspal hasil klasifikasi *Performance Grade* (PG) yang dirancang untuk berfungsi optimal pada suhu maksimum sekitar 70°C. Aspal ini termasuk dalam kategori aspal modifikasi, karena umumnya telah dicampur dengan bahan tambahan seperti polimer untuk meningkatkan elastisitas, stabilitas termal, serta ketahanan terhadap deformasi permanen (*rutting*) akibat suhu tinggi dan beban lalu lintas berat.

Dengan mempertimbangkan berbagai kelebihan tersebut, aspal PG 70 memberikan solusi yang lebih baik untuk konstruksi jalan di Indonesia, terutama di daerah yang memiliki tantangan iklim dan beban lalu lintas yang tinggi. Aspal Pen 60/70 yang umum digunakan di Indonesia masih memiliki kelemahan pada suhu tinggi dan beban lalu lintas yang berat sehingga dapat menyebabkan kerusakan dini seperti *rutting* dan retak, yang pada akhirnya meningkatkan biaya pemeliharaan jalan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja campuran dari aspal HRS dengan menggunakan aspal PG70 dengan Aspal PEN 60/70. Dengan parameter pengujian karakteristik *Marshall Standard* dan durabilitas dari campuran HRS.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan karakteristik volumetrik pada campuran HRS-WC aspal PG 70 dan aspal PEN 60/70?
2. Bagaimana perbandingan karakteristik mekanik pada campuran HRS dengan berbahan ikat PEN 60/70 dan PG 70?
3. Bagaimana perbandingan karakteristik durabilitas pada campuran dengan berbahan ikat PEN 60/70 dan PG 70?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan penelitian Tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui perbandingan karakteristik volumetrik campuran HRS-WC bahan ikat PG 70 dan PEN 60/70
2. Mengetahui perbandingan karakteristik mekanik pada campuran HRS-WC bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70.
3. Mengetahui perbandingan Karakteristik durabilitas pada campuran HRS dengan bahan ikat PEN 60/70 dan Aspal PG 70.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, antara lain:

1. Bagi pengembang jalan raya, penelitian ini akan memberikan informasi yang lebih mendalam tentang kelebihan dan kekurangan penggunaan aspal PG 70 dan PEN 60/70, sehingga dapat membantu dalam pemilihan material yang tepat untuk berbagai kondisi perkerasan jalan.
2. Bagi peneliti lain, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan landasan dalam pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai perkerasan jalan di Indonesia.
3. Bagi pemerintah, penelitian ini dapat dijadikan masukan dalam menentukan kebijakan terkait standar penggunaan jenis aspal di berbagai wilayah, khususnya terkait dengan kondisi iklim yang berbeda-beda.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terfokus dan dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang ditentukan, maka penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Peraturan yang digunakan adalah AASHTO dan Spesifikasi Umum Jalan Raya Revisi 2.
2. Penelitian hanya akan dilakukan pada campuran HRS dengan menggunakan bahan ikat aspal PG 70 dan PEN 60/70.

3. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
4. Agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
5. Bahan Pengikat Aspal yang dibandingkan adalah PG 70 dan PEN 60/70
6. Aspal PG 70 diperoleh dari PT. Aspal Polimer Emulsindo (APE).
7. Aspal PEN 60/70 diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia.
8. Tinjauan pengujian terhadap karakteristik mekanik berdasarkan stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, ITS, dan CL
9. Tinjauan pengujian terhadap karakteristik volumetrik campuran aspal berdasarkan VITM, VFWA, VMA, dan *density*
10. Pengujian untuk mengetahui karakteristik durabilitas aspal dilakukan dengan cara pengujian *Index of Retained Strength* (IRS) dan *Tensile Strength Ratio* (TSR)
11. Fokus analisis pada karakteristik volumetrik, mekanik, dan durabilitas, tanpa menganalisis parameter lainnya seperti *workability*, retakan kelelahan, atau permeabilitas.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Tentang Penggunaan Aspal PG

Penelitian ini memerlukan tinjauan pustaka untuk memetakan dan memperjelas fokus masalah terkait perbandingan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran HRS. Tinjauan pustaka tersebut didasarkan pada hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relevan. Penelitian-penelitian tersebut akan dijadikan acuan untuk mendukung pelaksanaan studi ini. Berikut adalah penelitian yang telah dilakukan terkait perbandingan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 terhadap karakteristik *Marshall Standard* pada campuran HRS.

Lusyana dkk (2022), dalam penelitian Perbandingan Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Aspal PEN 60/70 dan Aspal PG 76. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Aspal PEN 60/70, Aspal PEN 60/70 dicampur dengan Aspal PG 76 dan Aspal PG 76 pada campuran AC-WC, telah memenuhi standar persyaratan Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Divisi 6. Untuk nilai KAO dengan metoda Marshall pada campuran AC-WC menggunakan Aspal PEN 60/70 diperoleh 6,37, Aspal PEN 60/70 dicampur dengan Aspal PG 76 diperoleh KAO 6,5% dan untuk Aspal PG 76 diperoleh KAO 6,6%, sehingga dalam penelitian tersebut Aspal PG 76 memperoleh nilai KAO lebih unggul dibanding dengan aspal PEN 60/70.

Wibisono dan Risma (2024), dalam penelitian Analisis Kualitas Aspal Pertamina Dan Aspal PG 70 Berdasarkan Uji Penetrasi Menggunakan SNI 2456-2011. Hasil penelitian menunjukkan Hasil penetrasi dari kedua jenis aspal yang diuji yaitu untuk aspal pertamina nilai penetrasinya 61 sedangkan aspal PG 70 adalah 48. Hasil tersebut sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2) Divisi 6 Perkerasan Aspal, sehingga kedua aspal tersebut memiliki perbedaan karakteristik, Aspal PEN 60/70 memiliki nilai penetrasi yang lebih tinggi sehingga lebih lentur, sedangkan aspal PG lebih getas. Akan tetapi Aspal

PEN 60/70 memiliki stabilitas yang lebih rendah dibanding Aspal PG 70, yang dimana ini menandakan aspal PG 70 digunakan untuk lalu lintas berat. Aspal PG 70 memiliki nilai titik lembek lebih tinggi dibanding aspal Pertamina. Ini berarti aspal PG 70 lebih kuat dalam menghadapi cuaca ekstrim seperti di Indonesia dibandingkan dengan aspal Pertamina yang memiliki titik lembek lebih rendah.

Li, Zhang, dan Chen (2020) dalam penelitiannya mengenai pencampuran aspal penetrasi dengan binder modifikasi melaporkan bahwa pencampuran aspal PEN 60/70 dengan binder polimer seperti PG 76 pada komposisi sekitar 70 : 30 mampu meningkatkan nilai stabilitas, *flow*, dan VIM dibandingkan penggunaan aspal PEN 60/70 murni. Temuan serupa juga dilakukan oleh Absyah dan Hartatik (2023), yang menjelaskan bahwa penggunaan binder PG pada campuran AC-WC dapat meningkatkan performa Marshall dengan biaya yang lebih ekonomis dibanding penggunaan aspal PG murni. Namun demikian, nilai VMA dan VFA pada campuran hibrida cenderung lebih rendah, meskipun masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 2 Revisi 6 Tahun 2018. Selain itu, Rahman dan Adhikari (2020) menjelaskan bahwa penelitian laboratorium seperti ini perlu diuji lebih lanjut pada kondisi lapangan untuk mengetahui ketahanan jangka panjang, efektivitas pemakaian, dan efisiensi biaya jika dibandingkan dengan penggunaan aspal PG 76 murni.

2.2 Penelitian Tentang Penggunaan HRS untuk Campuran Aspal

Trisniati dkk (2023), melakukan penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal yang optimal dalam campuran HRS Base ketika menggunakan pasir bekas tambang sebagai *filler*. Selain itu, penelitian ini bermanfaat untuk menambah referensi penggunaan bahan *filler* lokal di Kabupaten Kota Waringin Barat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pasir bekas tambang sebagai *filler* sangat dipengaruhi oleh butiran pasir. Pengujian Marshall yang dilakukan mengukur beberapa parameter, antara lain VFWA, VITM, VMA, stabilitas *Marshall*, *flow*, dan MQ. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa pasir bekas tambang dari Sungai Sintuk Desa Sei Kapitan dan Desa Sungai Bakau dapat digunakan sebagai *filler* pada campuran dengan kadar

aspal 7% dan 8%, sedangkan pasir bekas tambang dari Desa Kumpai Batu Atas hanya cocok digunakan pada campuran dengan kadar aspal 8%.

Gazalie dkk (2023), melaksanakan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah abu batu bara, khususnya bottom ash, sebagai *filler* dalam campuran aspal pada Lataston Lapis Aus (HRS-WC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bottom ash sebagai *filler* dalam campuran aspal dengan kadar aspal optimum sebesar 6,90% pada proporsi agregat tertentu menghasilkan kadar aspal efektif sebesar 6,20%, VITM 3,758%, VMA 17,325%, VFWA 78,421%, stabilitas *Marshall* 876,991 kg, dan *Marshall Quotient* 269,209 kg/mm. Nilai-nilai tersebut telah memenuhi syarat yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 2.

Kalangie dkk (2024), melakukan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik *Marshall* pada campuran HRS-WC dengan menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai pengganti *filler*, serta untuk mengetahui apakah campuran *fly ash* dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Dalam penelitian ini, variasi penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai *filler* dilakukan pada kadar 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap berat *filler* dengan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 7,45%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dalam campuran aspal menyebabkan penurunan stabilitas aspal, yang berarti *fly ash* tidak meningkatkan ketahanan campuran. Sebaliknya, campuran dengan *bottom ash* menunjukkan stabilitas yang lebih baik, dengan penurunan yang lebih kecil pada kadar 10% dan 50%. Campuran HRS-WC yang mengandung bottom ash memiliki kerapatan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran yang mengandung *fly ash*, karena ukuran partikel *bottom ash* lebih kecil.

2.3 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya

Aspal PG adalah jenis aspal yang dirancang berdasarkan kinerjanya dalam menghadapi kondisi suhu dan beban lalu lintas. Dengan kata lain, aspal ini

diklasifikasikan untuk memastikan bahwa ia bisa bekerja dengan baik di suhu panas, suhu dingin, dan di bawah tekanan kendaraan berat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja campuran aspal HRS dengan menggunakan aspal PG70 dibandingkan dengan aspal PEN 60/70. Dengan parameter pengujian karakteristik *marshall* dan durabilitas dari HRS. Penelitian ini membandingkan Komparasi Penerapan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 Pada Campuran (HRS), sedangkan penelitian diatas pada (HRS – WC), dan (AC - WC) dan juga penelitian ini membandingkan Komprasi Penerapan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 Pada Campuran (HRS), sedangkan penelitian diatas Perbandingan Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) Menggunakan Aspal PEN 60/70 dan Aspal PG 76, dan Perbandingan Karakteristik Campuran (AC-WC) Menggunakan Aspal PEN 60/70 dan Aspal PG 76.

Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	(Lusyana dkk., 2022)	(Wibisono & Risma, 2024)	Li, Zhang, dan Chen (2020)	Trisniati (2023)	Gazalie (2023)	A'yuni (2023)	Farza (2025)
1.	Judul	Karakteristik Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) Menggunakan Aspal PEN 60/70 dan Aspal PG 76	penelitian Analisis Kualitas Aspal Pertamina Dan Aspal PG 70 Berdasarkan Uji Penetrasi Menggunakan SNI 2456-2011	penelitian Perbandingan Karakteristik Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) Menggunakan Aspal PEN 60/70 dan Aspal PG 76	Penggunaan Pasir Bekas Tambang Sebagai Bahan Pengisi (<i>Filler</i>) Pada Campuran HRS <i>Base</i>	Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara Sebagai <i>Filler</i> Pada Lataston Lapis Aus (HRS-WC)	Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengisi (<i>Filler</i>) pada Campuran Aspal Lapis <i>AC-WC</i> (<i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>)	Studi Komprasi Penerapan Aspal PG 70 dan PEN 60/70 Pada Campuran <i>Hot Rolled Sheet</i> (HRS)
2.	Jenis Campuran	<i>Asphalt Concrete - Wearing Course</i> (AC-WC)	<i>Asphalt Concrete - Wearing Course</i> (AC-WC)	<i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC)	<i>Hot Rolled Sheet Base</i> (HRS-Base)	<i>Hot Rolled Sheet Wearing Course</i> (HRS-WC)	<i>AC-WC</i> (<i>Asphalt Concrete - Wearing Course</i>)	HRS - WC
3.	Aspal	Aspal PEN 60/70, Aspal Pen 60/70+PG 76, Aspal PG 76	Aspal PG 70	Aspal Pen 60/70 dan Aspal PG 76	Aspal Pertamina pen 60/70	Aspal Pertamina pen 60/70	Aspal Pertamina pen 60/70	Aspal Pen 60/70 dan Aspal PG 70
4	Metode Penelitian	Metode Marshall dengan Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Divisi 6	Metode Marshall dengan Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Divisi 6	Metode Marshall dengan Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Divisi 6	Parameter Marshall	Parameter Marshall Aspal dengan Bottom Ash	Metode <i>Marshall</i> dengan standar ASTM D97 Tahun 2013	MS, IRS, ITS, TSR, CL

Sumber: Lusyana (2022), Wibisono dan Risma (2024), Li, Zhang, dan Chen (2020), Trisniati (2023), Gazalie (2023), A'yuni (2023), Farza (2025)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

NO	Aspek	(Lusyana dkk., 2022)	(Wibisono & Risma, 2024)	Li, Zhang, dan Chen (2020)	Trisniati (2023)	Gazalie (2023)	A'yuni (2023)	Farza (2025)
5	Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Aspal PEN 60/70, Aspal PEN 60/70 dicampur dengan Aspal PG 76 dan Aspal PG 76 pada campuran AC-WC, telah memenuhi standar persyaratan Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Divisi 6.	nilai KAO dengan metoda Marshall pada campuran AC-WC menggunakan Aspal PEN 60/70 diperoleh 6,37, Aspal PEN 60/70 dicampur dengan Aspal PG 76 diperoleh KAO 6,5% dan untuk Aspal PG 76 diperoleh KAO 6,6%, sehingga	menunjukkan Hasil pengujian <i>Marshall</i> untuk marshall untuk menentukan KAO (kadar aspal optimum) adalah, dengan melakukan pencampuran terhadap aspal PEN 60/70 dengan aspal polimer PG 76 dengan persentase 70 : 30 dapat meningkatkan	Parameter <i>Marshall</i> yaitu, stabilitas, kelelahan, <i>VITM (Void In the Mix)</i> , <i>VMA (Void In Mineral Agregate)</i> , <i>VFWA (Void Filled with Asphalt)</i> , dan <i>MQ (Marshall Quotient)</i>	Pengaruh penambahan limbah abu batu bara sebagai filler pada campuran aspal (<i>HRS-WC</i>) dengan nilai <i>KAO</i> sebesar 6,90% pada proporsi agregat yang digunakan diperoleh nilai kadar aspal efektif yaitu 6,20%; <i>VITM</i> sebesar 3,758% ; <i>VMA</i> sebesar	Campuran laston lapis AC-WC dengan abu tempurung kelapa sebanyak 3,5% dan kadar aspal 6,3% menghasilkan campuran yang lebih baik. Hal ini dikarenakan penggunaan aspal lebih banyak, ikatan antara agregat dan filler semakin baik, campuran	PG 70 dengan campuran HRS WC lebih unggul dalam kinerja mekanis dan durabilitas, dibandingkan dengan PEN 60/70. Serta bahan ikat PG 70

Sumber: Lusyana (202, Wibisono dan Risma (2024), Li, Zhang, dan Chen (2020), Trisniati (2023), Gazalie (2023), A'yuni (2023), Farza (2025)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

NO.	Aspek	Lusyana dkk., 2022)	(Wibisono & Risma, 2024)	Li, Zhang, dan Chen (2020)	Trisniati (2023)	Gazalie (2023)	A’yuni (2023)	Farza (2025)
			tersebut Aspal Pg 76 memperoleh nilai KAO lebih unggul dibanding dengan aspal PEN 60/70.	flow dan juga VIM pada aspal yang lebih baik dibanding aspal PEN 60/70 murni dengan biaya yang sedikit lebih murah daripada menggunakan aspal PG 76 murni.				dan kondisi lalu lintas yang ekstrem

Sumber: Lusyana (2022), Wibisono dan Risma (2024), Li, Zhang, dan Chen (2020) Trisniati (2023), Gazalie (2023), A’yuni (2023), Farza (2025)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang terletak di atas tanah dasar (*sub-grade*) yang berfungsi untuk menerima dan menahan beban lalu lintas secara langsung. Keberadaan perkerasan jalan bertujuan untuk meningkatkan daya tahan serta umur layanan infrastruktur jalan, sekaligus memberikan kenyamanan bagi pengguna. Selain itu, perkerasan jalan harus dirancang sesuai dengan standar yang berlaku agar mampu menahan beban kendaraan serta faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan iklim.. Jenis perkerasan jalan dapat dibagi menjadi perkerasan lentur, dan perkerasan kaku, jenis perkerasan ini merupakan yang umum digunakan di Indonesia. Perkerasan lentur menggunakan aspal sebagai material utama, yang bersifat elastis sehingga bisa menyesuaikan diri dengan perubahan pada tanah di bawahnya. Sebaliknya, perkerasan kaku menggunakan beton sebagai lapisan utama. Pemilihan jenis perkerasan biasanya disesuaikan dengan kondisi tanah, jumlah kendaraan yang melintas, jenis beban kendaraan, serta biaya pembangunan dan pemeliharaan

Menurut Hardiyatmo (2011), terdapat beberapa jenis perkerasan jalan yang umum digunakan, dengan pemilihan yang didasarkan pada berbagai pertimbangan. Jenis-jenis perkerasan tersebut meliputi:

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan aspal yang berada di atas lapisan pondasi dan lapisan pondasi bawah yang diterapkan di atas tanah dasar.

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku, yang juga dikenal sebagai perkerasan beton (*concrete pavement*), tersusun atas tanah dasar, lapisan pondasi bawah, serta pelat beton semen Portland sebagai elemen utama struktur perkerasan.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

perkerasan komposit merupakan kombinasi antara perkerasan beton semen Portland dan perkerasan aspal, di mana lapisan aspal berada di atas perkerasan beton semen Portland untuk meningkatkan kinerja perkerasan.

4. Jalan Tak Diperkeras (*Unpaved Road*) Jalan tak diperkeras memiliki permukaan berupa lapisan kerikil yang disebar dan dipadatkan di atas tanah dasar. Jenis jalan ini umumnya digunakan untuk wilayah dengan volume lalu lintas yang rendah.

3.2 Bahan Penyusun Perkerasan

3.2.1 Agregat

Agregat adalah material berbentuk butiran yang dapat terdiri dari batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya, baik yang berasal dari alam maupun hasil produksi buatan, dengan berbagai ukuran. Agregat berperan besar dalam perkerasan sehingga agregat harus memiliki sifat dan kualitas yang baik untuk menahan beban lalu lintas yang melaluinya. Dalam campuran perkerasan jalan, agregat menyusun sekitar 90-95% dari total berat atau sekitar 75-85% berdasarkan volume. Berdasarkan ukuran butirannya, agregat dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Agar dapat berfungsi secara optimal, agregat yang digunakan harus bersih dari kotoran serta zat-zat lain yang dapat mengganggu kualitas campuran.

Menurut Molvi (2022), agregat kasar terdiri dari batu pecah dengan bentuk tidak beraturan atau kerikil alami yang digunakan dalam pembuatan beton. Agregat kasar memiliki ukuran butiran yang lolos dari saringan 19 mm dan tertahan pada saringan 4,75 mm. Sementara itu, agregat halus adalah material dengan ukuran lebih kecil yang digunakan dalam konstruksi jalan untuk mengisi ruang antar agregat kasar. Agregat halus memiliki ukuran partikel yang lolos saringan 4,75 mm dan tertahan pada saringan 0,75 mm.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga (2018), agregat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama sebagai berikut:

1. Agregat kasar – material yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm).

2. Agregat Halus – material yang lolos dari saringan No. 4 (4,75 mm).
3. Bahan pengisi (*filler*) – agregat halus dengan minimal 75% partikel yang dapat melewati saringan No. 200 (0,75 mm).

Berikut merupakan ketentuan pada agregat kasar menurut Bina Marga (2018) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

Pengujian			Metoda Pengujian	Syarat (%)
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks 6
		500 putaran		Maks. 30
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8
		500 putaran		Maks. 40
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95
Kekekalan agregat terhadap aspal		<i>natrium sulfat</i>	SNI 3407:2008	Maks. 12
		<i>magnesium sulfat</i>		Maks.18
Butir pecah pada agregat kasar		<i>SMA</i>	SNI 7619:2012	100/95*
		Lainnya		95/90**
Partikel pipih dan lonjong		<i>SMA</i>	ASTM D4791-10	Maks. 5
		Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks. 10

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

Berikut merupakan persyaratan agregat halus berdasarkan Bina Marga (2018) yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pengujian	Standar	Syarat
1	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
2	Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
3	Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
4	Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

3.2.2 Aspal Pen 60/70

Aspal Pen 60/70 merupakan jenis aspal keras hasil penyulingan minyak bumi yang umum digunakan di Indonesia. Nilai 60/70 menunjukkan rentang penetrasi pada suhu 25°C, yaitu 60–70 dmm (deci-millimeter), yang merepresentasikan tingkat kekerasan sekaligus konsistensi aspal. Aspal ini bersifat termoplastis, yakni melunak saat dipanaskan dan kembali mengeras ketika suhu menurun, sehingga memudahkan proses pencampuran (*mixing*) dan pemadatan (*compaction*) pada produksi campuran beraspal.

Penggunaan Aspal Pen 60/70 banyak dipilih di wilayah beriklim tropis karena menawarkan keseimbangan antara kekakuan dan elastisitas. Kombinasi sifat tersebut membuatnya mampu menahan deformasi plastis akibat suhu permukaan perkerasan yang tinggi maupun beban lalu lintas berat. Selain itu, stabilitas terhadap panas dan oksidasi menjadikan Pen 60/70 masih menjadi standar utama dalam pembuatan campuran beraspal konvensional, termasuk *Asphalt Concrete* (AC/Laston) dan *Hot Rolled Sheet* (HRS). Persyaratan spesifikasi teknis Aspal Pen 60/70 mengacu pada standar Bina Marga dan ditampilkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Persyaratan Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat
1	Penetrasi Pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456 : 2011	55 – 68
2	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 49
3	Daktilitas 25 °C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
4	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 230
5	Kelarutan dalam TCL (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1
7	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Binamarga (2018)

3.2.3 Aspal PG 70

Aspal PG 70 merupakan jenis aspal performa (*Performance Grade*) yang diklasifikasikan berdasarkan kinerja material terhadap rentang suhu dan kondisi lalu lintas aktual. Kode PG 70 menunjukkan bahwa aspal ini dirancang untuk mempertahankan performa optimal pada suhu maksimum perkerasan hingga 70°C, sehingga sesuai digunakan pada wilayah beriklim panas maupun pada ruas jalan dengan volume lalu lintas tinggi. Aspal PG 70 termasuk kategori aspal modifikasi karena umumnya ditambahkan polimer seperti *Styrene-Butadiene-Styrene* (SBS) atau *Ethylene-Vinyl-Acetate* (EVA). Penambahan polimer tersebut berfungsi meningkatkan elastisitas, stabilitas struktural, serta ketahanan terhadap deformasi permanen (*rutting*). Dengan karakteristik reologis yang lebih baik, aspal PG 70 mampu menahan perubahan bentuk akibat suhu tinggi, tahan terhadap retak, dan memberikan kinerja umur layanan perkerasan panjang. Persyaratan spesifikasi teknis Aspal PG 70 mengacu pada standar Bina Marga disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Persyaratan Aspal PG 70

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	Berat Jenis	-	1,043
2	Penetrasi (0,1 mm)	Dilaporkan ¹	39
3	Daktilitas (cm)	-	65
4	Titik Nyala (°C)	≥ 230	324
5	Titik Bakar (°C)	≥ 232	330
6	Titik Lembek (°C)	Dilaporkan ²	81
7	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99.9
1) Diperlukan untuk pengendalian mutu di lapangan dengan ketentuan nilai penetrasi hasil uji di lapangan tidak boleh berbeda lebih dari 5 (0,1 mm) dari hasil uji yang dilaporkan. 2) Diperlukan untuk pengendalian mutu di lapangan dengan ketentuan titik lembek diterima kalau paling sedikit memiliki nilai -1 dari nilai titik lembek yang dilaporkan. -) parameter tersebut tidak memiliki batas spesifikasi, namun nilainya dapat dilaporkan sebagai data pendukung.			

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Binamarga (2018)

3.3 Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC)

Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) merupakan salah satu jenis campuran beraspal panas yang menggunakan gradasi senjang (*gap graded*), di mana proporsi agregat kasar lebih dominan dibandingkan agregat halus. Komposisi ini menghasilkan struktur kerangka agregat yang kuat, sementara kadar aspal yang relatif tinggi berfungsi mengisi rongga dan meningkatkan fleksibilitas campuran. Oleh karena itu, mutu bahan maupun proses produksi HRS-WC sangat menentukan kualitas lapisan perkerasan yang dihasilkan.

Sebagai lapisan aus (*wearing course*), HRS-WC berperan penting dalam memberikan performa permukaan perkerasan. Campuran ini dirancang untuk kedap air, sehingga mampu mencegah penetrasi air yang dapat merusak lapisan di bawahnya. Selain itu, HRS-WC memiliki ketahanan tinggi terhadap deformasi permanen (*rutting*) berkat interlocking agregat kasar yang kuat dan stabilitas campurannya. Tekstur permukaan yang dihasilkan pun cenderung lebih halus, mampu memberikan kenyamanan berkendara serta tahanan gelincir yang memadai untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas.

Persyaratan gradasi agregat gabungan yang digunakan dalam campuran HRS-WC telah diatur dalam standar Bina Marga dan ditampilkan pada Tabel 3.5. Gradasi tersebut dirancang agar campuran memiliki stabilitas yang cukup, fleksibilitas yang baik, serta memberikan kinerja optimum sebagai lapisan aus pada perkerasan jalan.

Tabel 3.5 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat		
		Lataston (HRS)		Laston (AC)
ASTM	(mm)	WCT	BaseT	WCT
1 1/2 "	37,5			
1"	25			
3/4 "	19	100	100	100
1/2 "	12,5	90-100	90-100	90-100

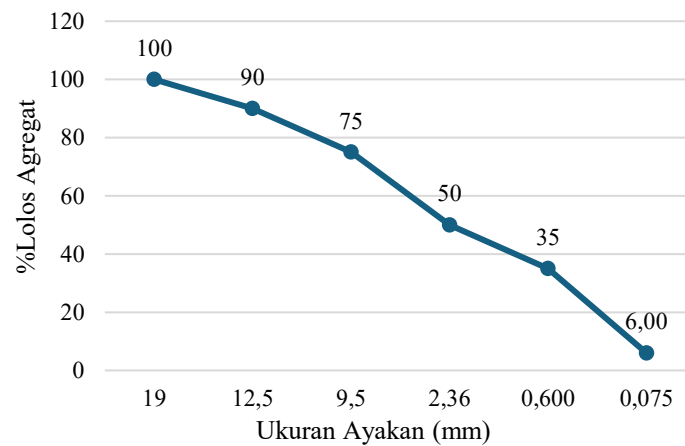
Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Binamarga (2018)

Lanjutan Tabel 3.5 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

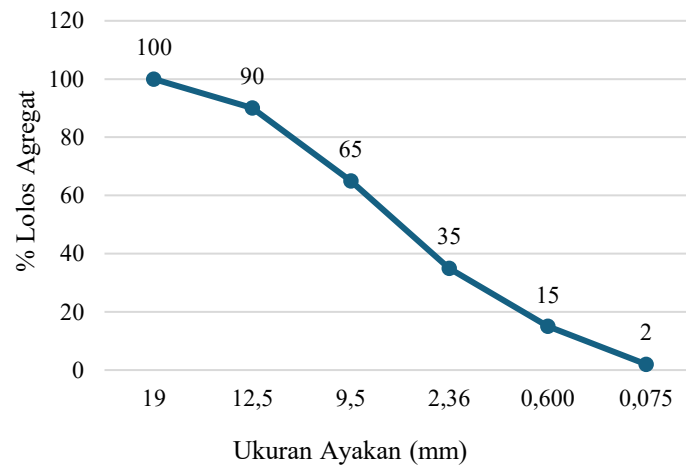
Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat		
		Lataston (HRS)		Laston (AC)
ASTM	(mm)	WCT	BaseT	WCT
3/8 "	9,5	75-85	65-90	77-90
No.4	4,75			53-69
No.8	2,36	50-72	35-55	33-53
No.16	1,18			21-40
No.30	0,6	35-60	15-35	14-30
No.50	0,3			9-22
No.100	0,15			6-15
No.200	0,075	6-10	2-9	4-9

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Binamarga (2018)

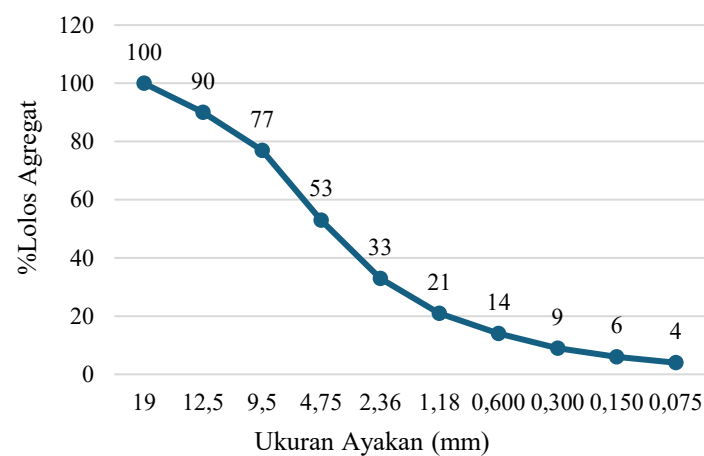
Berikut merupakan Gambar 3.1 hingga Gambar 3.3 berupa grafik yang dihasilkan melalui data yang direkap dari tabel tersebut.



Gambar 3.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan WCT (Lataston HRS)



Gambar 3.2 Grafik Gradasi Agregat Gabungan BASE T(Lataston HRS)



Gambar 3.3 Grafik Gradasi Agregat Gabungan WCT (Laston AC)

3.4 Karakteristik Aspal PG 70

Menurut Sukirman. (1999), aspal merupakan zat perekat material (*viscous cementitious material*), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Aspal memiliki banyak jenis serta keunggulan dan kelemahannya masing-masing sehingga pemilihan jenis aspal yang dipakai sangat berpengaruh dalam menentukan kualitas konstruksi perkerasan lentur.

Aspal PG 70 adalah jenis aspal yang diklasifikasikan berdasarkan kinerjanya dalam menghadapi berbagai kondisi suhu. Sistem penilaian ini dikembangkan pada awal tahun 1990-an sebagai bagian dari program *Strategic Highway Research Program* (SHRP). Aspal PG 70 merupakan hasil pengembangan dari aspal konvensional, dengan karakteristik yang telah ditingkatkan agar memiliki kualitas yang lebih baik. Kualitas aspal jenis PG 70 ditentukan oleh kemampuannya untuk tetap stabil dalam rentang suhu tertentu. Sistem klasifikasi yang diinisiasi oleh SHRP membagi bitumen berdasarkan ketahanannya terhadap deformasi pada suhu tinggi serta kemampuannya mencegah retakan pada suhu rendah. Karakteristik tersebut sangat penting agar aspal dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan suhu yang menyebabkan pemuaian dan penyusutan tanpa mengalami kerusakan.

3.5 Karakteristik Pengujian *Marshall Standard* (MS)

Pengujian MS dilakukan sesuai dengan protokol Bina Marga. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengidentifikasi sifat kombinasi dan memastikan seberapa stabil atau tahan campuran aspal terhadap pencairan plastis (*flow*). Grafik yang dihasilkan menunjukkan hubungan persentase dari suatu kandungan aspal dan presentase kekosongan rongga yang diisi aspal VFWA, volume pori-pori antara partikel agregat dalam agregat mineral VMA, Volume pori yang tersisa setelah campuran aspal beton dipadatkan *Void In The Mix* (VITM), stabilitas, dan *Marshall Quotient* (MQ) dibuat melalui pengamatan yang dilakukan selama pengujian.

3.5.1 *Void In the Total Mix* (VITM)

VITM merupakan persentase antara rongga udara dan volume total campuran setelah dipadatkan. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. Untuk memperoleh nilai VITM dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut.

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

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

dengan :

g = berat isi sampel (gr/cc), dan

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

3.5.2 *Void Filled With Asphalt* (VFWA)

VFWA merupakan persentase rongga campuran yang terisi aspal dan terdapat di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal. Temperatur, jumlah pemadatan, kadar aspal dan gradasi agregat akan berpengaruh pada nilai VFWA. Untuk memperoleh nilai VFWA dapat diperoleh dari Persamaan 3.3 hingga 3.6 sebagai berikut.

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.3)$$

$$i = \frac{b \times g}{B_j A} \quad (3.4)$$

$$l = 100 - j \quad (3.5)$$

$$j = \left(\frac{(100-b) \times g}{B_j \text{ Agregate}} \right) \quad (3.6)$$

dengan :

m = nilai VFWA (%),

g = berat isi sampel (gr/cc), dan

j = persentase aspal terhadap campuran.

3.5.3 *Void in Mineral Agregat* (VMA)

VMA merupakan ruang rongga diantara partikel agregat pada perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasar pada berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperature pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$VMA = 100 - \frac{(100-B) \times G}{B_j \text{ Agregat}} \quad (3.7)$$

dengan :

VMA = rongga dalam mineral agregat,

B = % aspal terhadap campuran, dan

G = berat isi campuran.

3.5.4 Kepadatan (*Density*)

Kepadatan merupakan kerapatan dari hasil sebuah campuran setelah dilakukan pemadatan di laboratorium maupun di lapangan. Nilai kepadatan digunakan sebagai perbandingan nilai kepadatan dari perkerasan baik dari laboratorium maupun lapangan dan sebagai batasannya $\geq 96\%$ terhadap kepadatan yang berada di laboratorium. Tingkat kerapatan pada rongga perkerasan dipengaruhi oleh jenis fraksi agregat dari bahan penyusun, kualitas, dan jumlah kadar aspal yang ada. Nilai kepadatan (γ) dapat dihitung dengan Persamaan 3.8 dan 3.9 sebagai berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.8)$$

$$f = d - e \quad (3.9)$$

dengan :

g = nilai γ ,

c = berat benda uji sebelum direndam (gr),

d = berat benda uji jenuh air (gr),

e = volume benda uji di dalam air (gr), dan

f = volume benda uji (cm^3).

3.5.5 Stabilitas

Stabilitas merupakan beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai nantinya terjadi kelelahan plastis atau dengan kata lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya dengan tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti alur dan gelombang. Pemeriksaan stabilitas dilakukan untuk mengukur ketahanan dari suatu benda uji terhadap beban,

dan *flow* meter mengukur besarnya deformasi yang diakibatkan beban. Nilai stabilitas yang dipakai dapat dihitung dengan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$q_s = p \times q \times 0,4356 \quad (3.10)$$

dengan:

q_s = stabilitas (kg),

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat,

q = angka koreksi tebal benda uji, dan

0,4356 = angka konversi lbs ke kg.

3.5.6 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan merupakan besar deformasi lapisan perkerasan akibat adanya beban lalu lintas. Suatu campuran yang memiliki *flow* yang tinggi dan melampaui batas maksimum maka campuran akan cenderung menjadi plastis, sehingga mudah berubah bentuk jika terlalu banyak dalam menerima beban. Sedangkan apabila nilai *flow* rendah, campuran tersebut akan menjadi kaku dan mudah retak jika beban melampaui dari daya dukungnya.

3.5.7 Marshall Quotient (MQ)

MQ merupakan hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai *Flow*. Semakin besar nilai MQ maka campuran semakin kaku, sebaliknya jika semakin kecil nilainya maka campuran akan semakin lentur. Nilai MQ yang dipersyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Apabila nilai MQ berada di bawah 250 kg/mm maka akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *bleeding*, sedangkan nilai MQ yang tinggi dapat mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah retak. Nilai MQ diperoleh dengan rumus yang ada pada Persamaan 3.11 berikut.

$$MQ = S/F \quad (3.11)$$

dengan :

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

S = nilai stabilitas (kg), dan

F = nilai *Flow* (mm).

3.6 *Index of Retained Strength (IRS)*

Uji rendam aspal IRS merupakan percobaan untuk melihat ketahanan adukan aspal yang sudah jadi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran yang diakibatkan dari pengaruh suhu, cuaca, dan air. Dalam pengujian ini, campuran diuji keawetan dan kekuatannya saat temperatur konstan 60°C selama 30 menit dan 24 jam.

Berikut rumus untuk mencari nilai IRS yang dapat dilihat pada Persamaan 3.12.

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{s_2}{s_1} \times 100\% \quad (3.12)$$

dengan :

S1 = stabilitas setelah direndam selama 30 menit, dan

S2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam.

3.7 *Indirect Tensile Strength (ITS)*

ITS merupakan suatu metode untuk mengetahui besar dari gaya tarik yang mampu ditahan oleh campuran beraspal. Beberapa parameter yang dapat diketahui secara langsung dari uji ITS yaitu besar deformasi vertikal deformasi horizontal, regangan, kuat tarik tidak langsung, *poisson ratio* (μ), modulus elastisitas (E). Nilai ITS menandakan batasan maksimum dari suatu campuran mampu menahan beban lalu lintas sebelum akhirnya mengalami retak (*failure*) akibat kegagalan tarik yang ditimbulkan.

Berikut rumus untuk mencari nilai ITS yang dapat dilihat pada Persamaan 3.13.

$$ITS = \frac{Pruntuh}{h} \times A_o \quad (3.13)$$

dengan :

ITS = *Indirect Tensile Strength* (N/mm²),

P_{runtuh} = beban puncak (kg),

h = tinggi sampel (cm), dan

Ao = konstanta.

3.8 *Tensile Strength Ratio (TSR)*

TSR pada umumnya digunakan untuk mengevaluasi kerentanan terhadap kerusakan akibat air dan kelembapan dalam campuran aspal. Rasio ini diperoleh sebagai persentase hubungan antara ITS dalam kondisi lembap dan kering. Nilai ITS yang berada pada tiap rendaman selanjutnya digunakan untuk mengetahui nilai indeks kuat Tarik tidak langsung atau TSR yang dihasilkan dari tiap perendaman. Menurut *Asphalt Institute*, nilai TSR disyaratkan harus lebih besar dari 80%.

Berikut rumus untuk mencari nilai TSR yang dapat dilihat pada Persamaan 3.14.

$$TSR = \frac{ITS_o}{ITS_n} \times 100\% \quad (3.14)$$

dengan :

TSR = *Tensile Strength Ratio* (kg/cm²),

ITS_o = kekuatan tarik tidak langsung awal (kg/cm²), dan

ITS_n = kekuatan tarik tidak langsung rendaman (kg/cm²).

3.9 *Cantabro Loss (CL)*

CL merupakan pengujian campuran aspal dengan tujuan untuk mengetahui ketahanan terhadap beban lalu lintas yang terjadi secara berulang-ulang dan menyebabkan perkerasan yang dilalui menjadi aus dan kekuatan mengalami penurunan. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat mesin *Los Angeles* dengan kondisi benda uji sudah dipadatkan pada kedua sisinya sebanyak 2x50 kali

tumbukan. Kemudian benda uji diletakkan di dalam drum mesin *Los Angeles* tanpa bola lalu diputar sebanyak 300 kali putaran.

Berikut rumus untuk mencari nilai *CL* yang dapat dilihat pada Persamaan 3.15.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3.15)$$

dengan :

- L* = persentase kehilangan berat (%),
- M_o* = berat sebelum proses diabrasi (gr), dan
- M_i* = berat setelah proses diabrasi (gr).

3.10 *Stiffness Modulus (Modulus Kekakuan)*

Modulus kekakuan merupakan parameter yang menggambarkan kemampuan material beraspal dalam menahan deformasi ketika menerima beban. Pada material perkerasan, nilai kekakuan dipengaruhi oleh sifat rheologi aspal, karakteristik agregat, suhu, dan kondisi pembebanan. Terdapat dua bentuk utama dari stiffness modulus, yaitu modulus kekakuan pada tingkat pengikat (*S_{bit}*) dan modulus kekakuan pada tingkat campuran (*S_{mix}*).

3.10.1 *S_{bit}*

S_{bit} adalah parameter yang menunjukkan tingkat kekakuan aspal sebagai bahan pengikat, yang menggambarkan kemampuan aspal menahan deformasi saat menerima beban. Semakin tinggi nilai *S_{bit}*, semakin kaku dan stabil aspal terhadap pembebanan. Kedua parameter ini penting dalam menilai performa struktural campuran beraspal, terutama pada kondisi beban dinamis dan variasi kecepatan.

Berikut rumus untuk mencari nilai *S_{bit}* yang dapat dilihat pada Persamaan 3.16.

$$S_{bit} = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0.368} \times 2,718^{-P_{ir}} \times (S_{pr} - T)^5 \quad (3.16)$$

dengan :

- P_{ir}* = *recovered penetration index*

Spr = titik lembek

T = suhu

t = lama pembebanan

3.10.2 *Smix*

Smix (mixture stiffness) merupakan kekakuan pada level campuran beraspal secara keseluruhan, yang mencerminkan interaksi antara *binder*, agregat, dan rongga udara. Nilai *Smix* yang tinggi menunjukkan campuran lebih tahan terhadap deformasi permanen seperti *rutting*.

Berikut rumus untuk mencari nilai *Smix* yang dapat dilihat pada Persamaan 3.17.

$$S_{mix} = S_{bit} \times \left(1 + \frac{257.5 - 2.5 \times VMA}{n \times (VMA - 3)} \right)^n \quad (3.17)$$

dengan :

Sbit = kekakuan aspal

VMA = *void in mineral aggregate*

$$n = 0,83 \times \log \left(\frac{4 \times 10^4}{S_{bit}} \right)$$

3.11 *PI (Penetration Indeks)*

Penetration Index (PI) adalah parameter yang menunjukkan seberapa peka aspal terhadap perubahan suhu, dihitung dari nilai penetrasi dan titik lembek. Nilai PI tinggi menandakan aspal lebih stabil saat suhu berubah, sedangkan nilai PI rendah berarti aspal lebih sensitif terhadap panas dan dingin. PI membantu menilai bagaimana aspal akan berperilaku di kondisi lapangan yang bervariasi.

Berikut rumus untuk mencari nilai *Smix* yang dapat dilihat pada Persamaan 3.18.

$$PI = \frac{1951,4 - (500 \times \log(Pr)) - (20 \times Spr)}{(50 \times \log(Pr)) - Spr - 120,14} \quad (3.18)$$

dengan :

Pr = *recovered penetration*

Spr = *recovered softening point*

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian ini menerapkan metode eksperimen dengan pendekatan analisis data yang disesuaikan terhadap standar spesifikasi teknis yang berlaku. Seluruh proses pengujian dilakukan berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi 2. Metode pengujian yang digunakan meliputi MS, IRS, ITS, TSR, serta CL, dengan seluruh prosedur dan kriteria penilaian mengacu pada standar SNI dan Bina Marga tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik MS, IRS, ITS, TSR, serta performa CL dari campuran HRS-WC yang dimodifikasi menggunakan aspal PEN 60/70 dan PG 70.

4.2 Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, serta melibatkan beberapa sumber bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu aspal PEN 60/70 dan aspal PG 70, serta agregat dari sumber lokal.

4.2.1 Aspal PEN 60/70

Aspal PEN 60/70 yang digunakan merupakan aspal minyak konvensional produksi Pertamina. Aspal ini memiliki nilai penetrasi antara 60 hingga 70 (0,1 mm) sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2020 revisi 2, dan digunakan sebagai bahan pembanding terhadap aspal modifikasi. Sampel diambil sebanyak ± 10 kg untuk setiap variasi kadar aspal yang akan digunakan pada tahap pembuatan benda uji. Sebelum digunakan, aspal PEN 60/70 dipanaskan pada suhu 135°C–150°C untuk memastikan homogenitasnya.

4.2.2 Aspal PG 70

Aspal PG 70 yang digunakan merupakan aspal modifikasi polimer dengan tingkat performa *Performance Grade 70*, diproduksi oleh PT Aspal Polimer

Emulsindo. Aspal ini diperoleh dari pabrik dengan spesifikasi viskositas dan titik lembek sesuai standar AASHTO M320-10. Proses pengambilan sampel dilakukan langsung dari drum penyimpanan pabrik, kemudian disimpan dalam wadah logam tertutup untuk mencegah kontaminasi udara dan kelembapan. Sebelum digunakan, aspal PG 70 dipanaskan pada suhu 160°C–170°C dan diaduk perlahan untuk mencapai kondisi homogen.

4.2.3 Agregats

Agregat yang dipakai merupakan agregat yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dimana agregat ini merupakan agregat yang berasal dari Quarry Clereng. Agregat Clereng merupakan batuan andesit yang memiliki sifat keras, bertekstur kasar, dan daya lekat tinggi terhadap aspal.

4.3 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data pada penelitian ini dilakukan melalui serangkaian prosedur yang dirancang untuk memperoleh hasil analisis yang sistematis. Proses pengambilan data diawali dengan pengelompokan sampel uji guna mempermudah interpretasi hasil pengujian campuran beton aspal. Pengelompokan tersebut memungkinkan diperolehnya parameter-parameter penting seperti *Stability*, *Flow*, *Density*, VITM, VFWA, VMA, MQ, IRS, ITS, TSR, dan CL.

Dalam penelitian ini, pengujian laboratorium dilaksanakan untuk memperoleh data kuantitatif yang akan diolah lebih lanjut. Proses pembuatan dan pengujian sampel dilakukan secara langsung dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Universitas Islam Indonesia.

Adapun tahapan pelaksanaan penelitian ini terdiri atas:

1. Persiapan material,
2. Pemeriksaan mutu material,
3. Persiapan peralatan,
4. Pelaksanaan uji (MS).
5. Pelaksanaan uji rendaman (IRS),
6. Pelaksanaan uji kuat tarik tidak langsung (ITS),

7. Pelaksanaan uji rasio kuat tarik (TSR), dan
8. Pelaksanaan uji keausan (CL).

4.4 Langkah-Langkah Penelitian

Bahan dan material perlu dipersiapkan untuk pembuatan campuran beton aspal yaitu agregat halus, agregat kasar, dan material tersebut harus dipastikan dalam kondisi bersih dari material lain yang tidak diperlukan dan diuji terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengujian ini berdasarkan pada SNI, ASTM, dan Bina Marga 2018 Revisi 2.

4.4.1 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan dilakukan sebelum digunakan dalam campuran perkerasan dengan dilakukan melalui serangkaian pengujian sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Agregat

Agregat merupakan suatu komponen yang berperan penting dalam terjadinya suatu perkerasan jalan. Kualitas, mutu dan daya dukung ditentukan dari suatu agregat yang digunakan. Maka dari itu diperlukan pengujian terhadap agregat kasar dan halus. Pengujian yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969 : 2016)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berbagai karakteristik agregat kasar, termasuk berat jenis massa (*bulk*), berat kering dengan permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), serta tingkat penyerapan air. Berdasarkan standar Bina Marga 2018, persyaratan penyerapan air untuk agregat kasar ditetapkan sebesar 3%.

b. Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970 : 2016)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berbagai karakteristik agregat kasar, termasuk berat jenis massa (*bulk*), berat kering dengan permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), serta tingkat penyerapan air. Berdasarkan revisi kedua dari Bina Marga 2018, standar penyerapan air yang ditetapkan untuk agregat kasar adalah 3%.

- 1) Agregat halus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dengan ukuran partikel yang lolos pada ayakan No.4 (4,75 mm).
- 2) Fraksi agregat halus harus disimpan secara terpisah dari agregat kasar untuk menjaga karakteristik material.
- 3) Agregat halus harus memiliki sifat yang bersih, keras, dan bebas dari lempung atau bahan lain yang tidak diperbolehkan agar kualitasnya tetap terjaga dalam konstruksi.

c. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (SNI 2439 : 2011)

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dilakukan untuk menentukan sejauh mana agregat dapat menempel pada aspal. Kelekatan ini diukur sebagai persentase luas permukaan batuan yang tertutup oleh aspal dibandingkan dengan total luas permukaan. Berdasarkan standar Bina Marga, persyaratan minimum yang diizinkan untuk kelekatan agregat terhadap aspal adalah 95%.

d. Pengujian analisa saringan

Pengujian analisa saringan dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir atau gradasi agregat kasar dan agregat halus. Proses ini menggunakan saringan dengan berbagai ukuran untuk memisahkan partikel berdasarkan dimensinya.

e. Pengujian Keausan Agregat (SNI-2417-2008)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

f. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI-3423-2008)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar debu atau lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.

2. Pengujian Aspal

Pengujian Aspal dilakukan untuk mengetahui suatu kualitas aspal yang digunakan, dengan perlu melakukan beberapa pengujian sebagai berikut.

a. Pengujian Penetrasi (SNI 06-2456-1991)

Pengujian penetrasi bertujuan untuk menentukan tingkat kekerasan dari suatu aspal dengan cara memasukkan jarum yang memiliki ukuran, beban dan waktu tertentu kedalam suatu aspal dengan suhu tertentu.

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

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan temperature aspal Dimana aspal mengalami batas perpindahan antar bentuk padat ke cair.

c. Pengujian berat jenis aspal (SNI 06-2441-1991).

Pengujian berat jenis aspal dilakukan untuk menentukan rasio antara berat aspal dengan berat air suling dalam volume yang sama pada suhu tertentu. Nilai berat jenis aspal memiliki peran penting dalam proses perencanaan campuran aspal, karena digunakan untuk menentukan kadar aspal yang optimal dalam campuran guna memastikan kualitas dan kinerja yang sesuai dengan standar.

d. Pengujian Daktilitas (SNI 06-2432-1991)

Pengujian daktilitas aspal dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi atau daya lekat aspal. Proses pengujian ini melibatkan pengukuran jarak maksimal yang dapat dicapai antara dua cetakan berisi aspal keras sebelum terputus, dengan kondisi suhu dan kecepatan tarik tertentu. Semakin tinggi nilai daktilitas aspal, semakin baik kemampuannya dalam mengikat butiran agregat. Namun, aspal dengan daktilitas tinggi juga cenderung lebih sensitif terhadap perubahan suhu.

e. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)

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

f. Pengujian Kelarutan dalam TCE (ASTM D5546)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam TCE.

4.4.2 Persiapan Alat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Berikut merupakan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Alat tekan *Marshall* dan IRS yang terdiri sebagai berikut.
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*)
 - b. Cincin penguji dengan kapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian yaitu 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian yaitu 0,0025 cm (0,0001")
 - c. Arloji yang digunakan sebagai penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.
2. Alat Uji ITS, yang meliputi alat ukur tekan (*strip loading*) sebesar 0,5 inch, Arloji pengukuran stabilitas, Arloji pengukuran kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.
3. Alat Uji *Cantabro Loss*, yang meliputi satu set mesin *Los Angeles*. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") dilengkapi dengan pela tatas dan leher sambung.
4. *Oven*, alat untuk memanaskan bahan yang akan diuji yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai dengan 200 °C.
5. *Ejector*, yaitu alat untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan melalui cetakan.
6. *Compactor*, alat penumbuk yang memiliki permukaan tumbuk rata dengan bentuk silinder yang mempunyai berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban yaitu 45,7 cm (18").
7. Bak perendam (*Waterbath*), dilengkapi dengan pengatur suhu minimum yaitu 200 °C.

Perlengkapan lain yang diperlukan, yaitu:

1. Panci yang digunakan untuk memanaskan agregat, aspal, dan campuran aspal.
2. Pengukur suhu dari logam (*Metal Thermometer*) berkapasitas 250 °C dan 100 °C.

3. Timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram,
4. Spatula, sarung tangan berbahan karet, sendok pengaduk, kompor dan perlengkapan lainnya.

4.4.3 Rencana Campuran HRS-WC

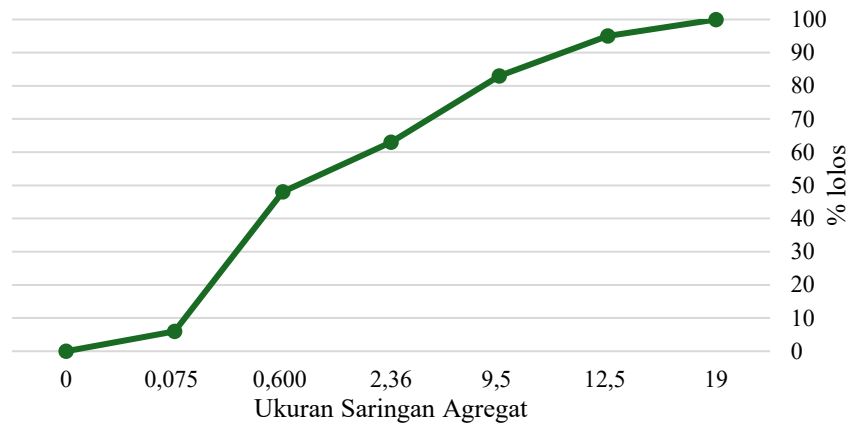
Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen penyusun yaitu agregat kasar, agregat halus, dan aspal yang telah diuji terlebih dahulu sebelum nantinya digunakan sebagai campuran HRS-WC. Gradasi yang digunakan disesuaikan dengan campuran perkerasan yang digunakan. Pedoman gradasi agregat yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan pada persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu HRS-WC bergradasi senjang. HRS-WC bergradasi senjang pada Bina Marga (2010) minimal yaitu 80% agregat yang lolos pada ayakan No.8, No.30, dan No. 200. Gradasi agregat rencana campuran perkerasan HRS-WC dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Gradasi Agregat Campuran HRS-WC Bergradasi Senjang

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)	
	Min.	Maks.	Lolos.	Tertahan
3/4" (19 mm)	100	100	100	0
1/2" (12,5 mm)	90	100	95	5
3/8" (9,5 mm)	75	85	83	17
No.8 (2,36 mm)	50	72	63	37
No.30 (0,600 mm)	35	60	48	52
No.200 (0,075 mm)	6	10	6	94
PAN	0	0	0	100

Sumber: Bina Marga (2010)

Dari tabel diatas didapatkan grafik agregat rencana campuran perkerasan HRS-WC dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Grafik Ukuran Agregat Rencana HRS-WC Gradasi Senjang

Dengan didapatkannya gradasi agregat yang sesuai dengan spesifikasi, maka dapat dilakukan perhitungan kadar aspal optimum (KAO). Perhitungan kadar aspal optimum didapatkan dari Persamaan 4.1 berikut.

$$Pb = 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18(\%filler) + K$$

dengan:

Pb = kadar aspal perkiraan,

CA = agregat kasar tertahan saringan No.4,

FA = agregat halus lolos saringan No. 4 dan tertahan No. 200,

Filler = agregat halus lolos saringan No. 200, dan

K = konstanta 2,0-3,0 untuk Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston).

Berdasarkan rumus di atas, didapatkan bahwa nilai kadar optimal HRS WC bergradasi senjang sebagai berikut.

$$\begin{aligned} CA &= (100 - 63) \% \\ &= 37 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FA &= (94 - 37) \% \\ &= 57 \% \end{aligned}$$

Nilai konstanta yang digunakan dalam campuran HRS WC yaitu 2,0-3,0, maka dari itu, nilai konstanta yang digunakan adalah 2,0. Perhitungan nilai KAO untuk HRS WC bergradasi senjang terdapat pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18(\%FILLER) + K \\
 Pb &= 0,035 \times (37\%) + 0,045 \times (57\%) + 0,18(6\%) + 0,5 \\
 Pb &= 5,44 \approx 5,5\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai Pb sebesar 5,44% kemudian dibulatkan menjadi 5,5%, setelah diambil nilai di atas dan bawah 5,5% dengan margin 0,5%, maka dari itu variasi kadar aspal yang akan digunakan yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% dengan total campuran sebesar 1200 gr. Bahan ikat yang akan digunakan dalam pengujian yaitu aspal PEN 60/70 dan PG 70 dengan rentang kadar aspal yang sama. Hal ini bertujuan untuk memperoleh perbandingan kinerja yang objektif terhadap karakteristik campuran beraspal. Dengan menggunakan rentang yang sama, maka variabel jenis bahan pengikat menjadi satu-satunya faktor yang berbeda. Kebutuhan agregat untuk tiap variasi kadar aspal yang akan diuji terdapat pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5, dan Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.2 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 6%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4" (19 mm)	100	100	100	0	1128,00	0,00
1/2" (12,5 mm)	90	100	95	5	1071,60	56,40
3/8" (9,5 mm)	75	85	80	20	902,40	169,20
No.8 (2,36 mm)	50	72	61	39	688,08	214,32
No.30(0,600mm)	35	60	48	53	535,80	152,28
No.200(0,075mm)	6	10	8	92	90,24	445,56
PAN	0	0	0	100	0,00	90,24
Total						1146

Tabel 4.3 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 6,5%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4" (19 mm)	100	100	100	0	1122,00	0,00
1/2" (12,5 mm)	90	100	95	5	1065,90	56,10
3/8" (9,5 mm)	75	85	8	20	897,60	168,30
No.8 (2,36 mm)	50	72	61	39	684,42	213,18
No.30(0,600mm)	35	60	47,5	52,5	532,95	151,47
No.200(0,075mm)	6	10	8	92	89,76	443,19
PAN			0	100	0,00	89,76
Total						1140

Tabel 4.4 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 7%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Min.	Maks.
3/4" (19 mm)	100	100	100	0	1116,00	0
1/2" (12,5 mm)	90	100	95	5	1060,20	56
3/8" (9,5 mm)	75	85	80	20	892,80	167,40
No.8 (2,36 mm)	50	72	61	39	680,76	212,04
No.30(0,600mm)	35	60	47,5	52,5	530,10	150,66
No.200(0,075mm)	6	10	8	92	89,28	440,82
PAN			0	100	0,00	89,28
Total						1134

Tabel 4.5 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 7,5%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Min.	Maks.
3/4" (19 mm)	100	100	100	0	1110,00	0,00
1/2" (12,5 mm)	90	100	95	5	1054,50	55,50
3/8" (9,5 mm)	75	85	80	20	888,00	166,50
No.8 (2,36 mm)	50	72	61	39	677,10	210,90
No.30(0,600mm)	35	60	47,5	52,5	527,25	149,85
No.200(0,075mm)	6	10	8	92	88,80	438,45
PAN	0	0	0	100	0,00	88,80
Total						1128

Tabel 4.6 Kebutuhan Gradasi Agregat senjang untuk Kadar Aspal 8%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Min.	Maks.
3/4" (19 mm)	100	100	100	0	1104,00	0,00
1/2" (12,5 mm)	90	100	95	5	1048,80	55,20
3/8" (9,5 mm)	75	85	80	20	883,20	165,60
No.8 (2,36 mm)	50	72	61	39	673,44	209,76
No.30(0,600mm)	35	60	47,5	53	524,40	149,04
No.200(0,075mm)	6	10	8	92	88,32	436,08
PAN	0	0	0	100	0,00	88,32
Total						1122

4.5 Jumlah Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebanyak 60 buah, yaitu 30 benda uji digunakan dalam menentukan nilai KAO, sedangkan untuk 30 benda uji lainnya digunakan untuk pengujian pada KAO. Benda uji berjumlah 30 yang digunakan untuk menentukan nilai KAO yaitu karena pada penelitian ini hanya menggunakan satu jenis gradasi agregat, sehingga satu gradasi agregat tersebut akan menggunakan 30 benda uji. Pengujian KAO yang akan dilakukan yaitu menggunakan beberapa tipe pengujian yaitu uji MS, IRS, ITS, TSR dan CL Rincian dari benda uji yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Nilai KAO

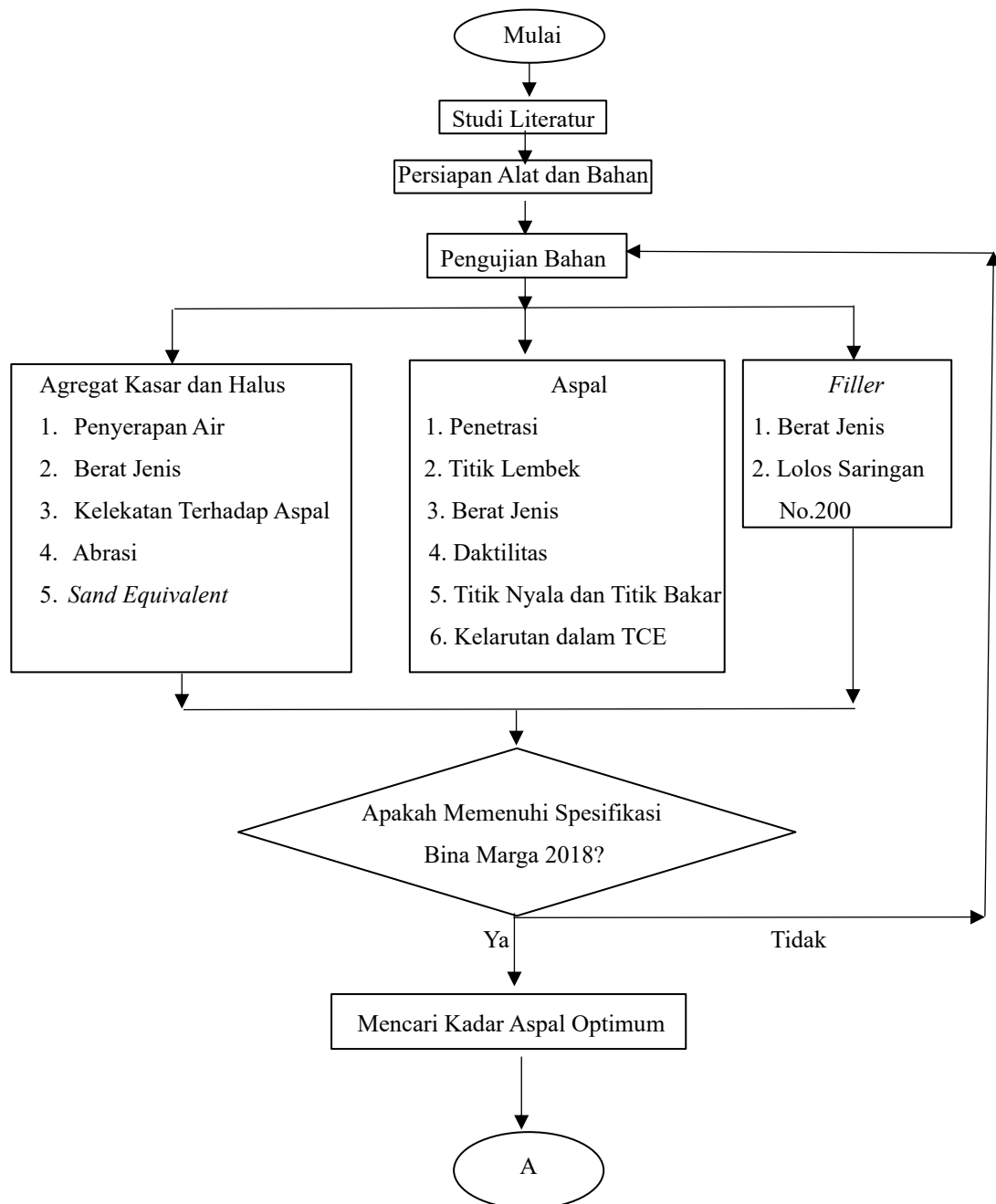
Jenis Aspal	Kadar Aspal (%)					Jumlah Benda Uji (buah)
	6	6,5	7	7,5	8	
Pen 60/70	3	3	3	3	3	15
PG 70	3	3	3	3	3	15
Total						30

Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk Tiap Pengujian pada KAO

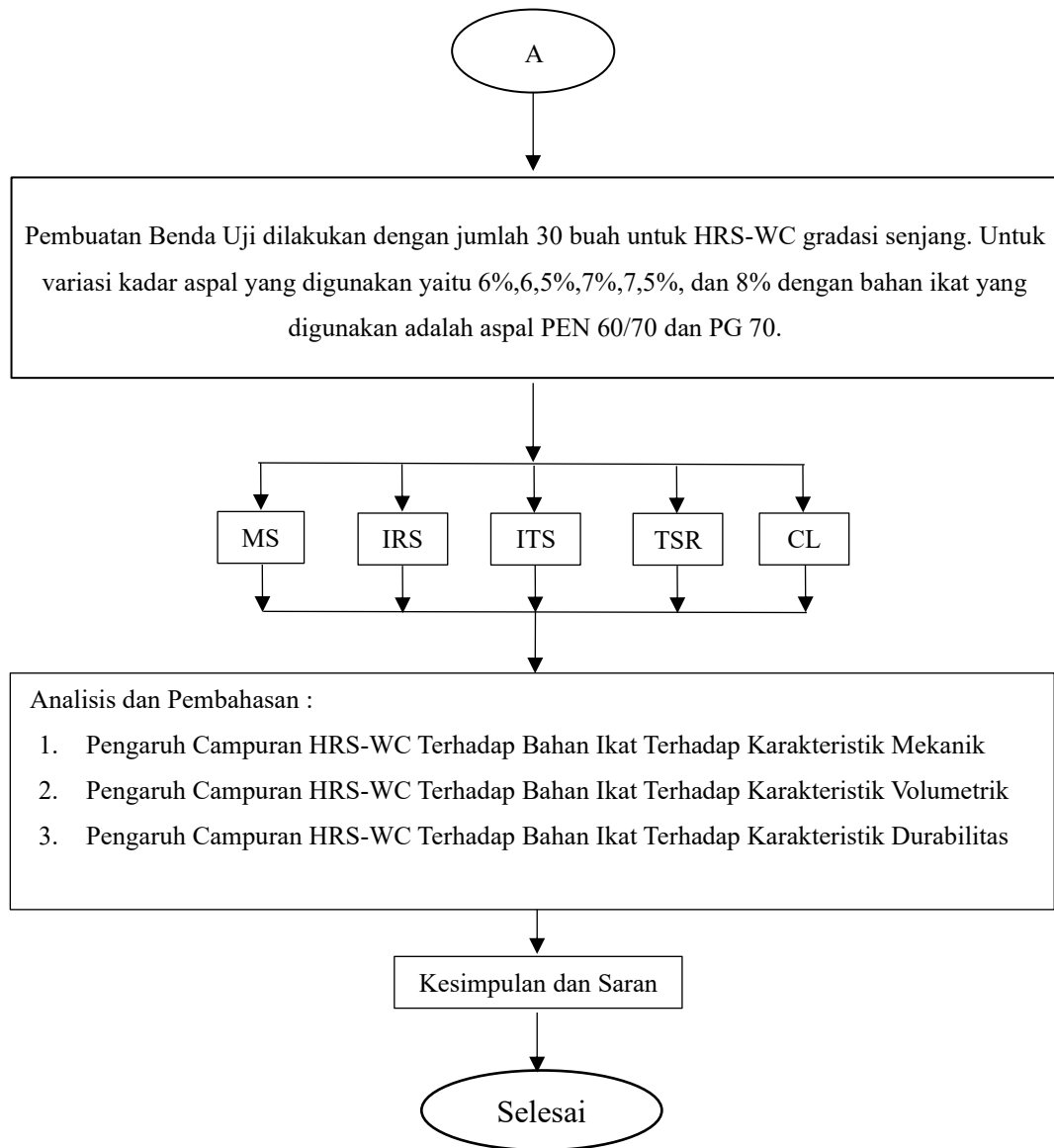
Jenis Campuran	Jenis Pengujian	Jenis Aspal	
		Pen 60/70	PG 70
HRS WC bergradasi Senjang	<i>MS</i>	3	3
	<i>IRS</i>	3	3
	<i>ITS</i>	3	3
	<i>TSR</i>	3	3
	<i>CL</i>	3	3
Total		30	

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir (*flowchart*) merupakan gambaran singkat mengenai tahapan-tahapan dalam penelitian Tugas Akhir ini. Bagan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, diperoleh dari setiap pengujian sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan adalah yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1 hingga Tabel 5.3.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,59	Memenuhi
2	Penyerapan Air pada Agregat	≤ 3	1,618	Memenuhi
3	Keausan dengan Mesin <i>LA</i> (%)	≤ 40	19,4	Memenuhi

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,52	Memenuhi
2	Penyerapan Air pada Agregat	≤ 3	2,48	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	≥ 50	93,35	Memenuhi

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler*

No	<i>Filler</i>	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Debu Batu	2,53	Memenuhi

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70

Pengujian karakteristik aspal Pen 60/70 ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian karakteristik aspal Pen 60/70 pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Data Pengujian Karakteristik Aspal PEN 60/70

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,025	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	60-70	61,1	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	150	Memenuhi
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	332	Memenuhi
5	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	330	Memenuhi
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	49	Memenuhi
7	Kelarutan <i>TCE</i> (%)	≥ 99	99	Memenuhi

5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal PG 70

Pengujian karakteristik aspal PG 70 ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian karakteristik aspal PG 70 dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Data Pengujian Karakteristik Aspal PG 70

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	-	1,043	-
2	Penetrasi (0,1 mm)	Dilaporkan ¹	39	-
3	Daktilitas (cm)	-	65	-
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 230	324	Memenuhi
5	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	330	Memenuhi
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	Dilaporkan ²	81	-
7	Kelarutan <i>TCE</i> (%)	≥ 99	99.9	Memenuhi

1) Diperlukan untuk pengendalian mutu di lapangan dengan ketentuan nilai penetrasi hasil uji di lapangan tidak boleh berbeda lebih dari 5 (0,1 mm) dari hasil uji yang dilaporkan.

2) Diperlukan untuk pengendalian mutu di lapangan dengan ketentuan titik lembek diterima kalau paling sedikit memiliki nilai -1 dari nilai titik lembek yang dilaporkan.

-) parameter tersebut tidak memiliki batas spesifikasi, namun nilainya dapat dilaporkan sebagai data pendukung.

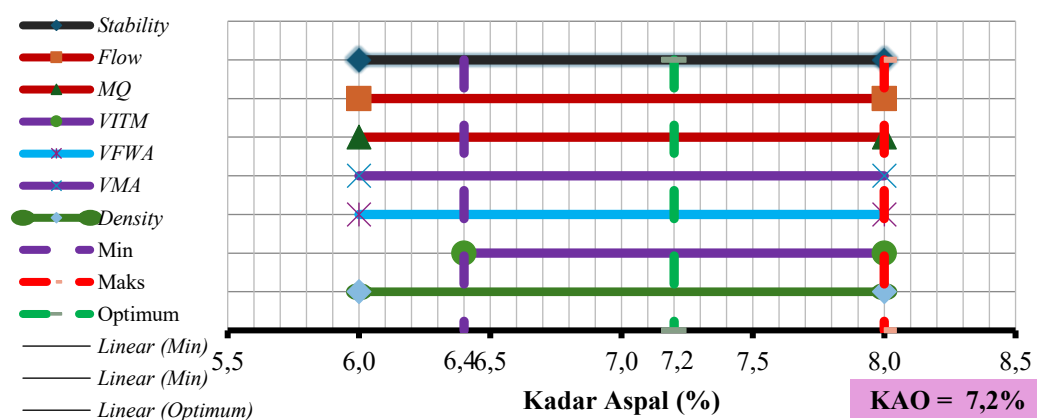
5.1.4 Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum Campuran HRS - WC

Saat menentukan kadar aspal optimum akan mendapatkan beberapa nilai seperti *stability*, *flow*, *MQ*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *density*. Adapun Hasil dari pengujian dalam menentukan KAO pada setiap Campuran HRS - WC aspal PEN 60/70 dan Aspal PG 70 dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Menentukan KAO Campuran HRS – WC Aspal PEN 60/70

Kadar Aspal (%)	Stability (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
6	876,0	2,73	320,49	5,79	69,43	17,13	2,248
6,5	959,0	2,80	342,50	4,95	74,25	17,43	2,252
7	987,0	3,00	329,00	4,46	77,48	18,01	2,248
7,5	903,0	3,20	282,19	4,39	78,82	18,96	2,2234
8	847,0	3,43	246,70	4,08	80,97	19,69	2,226
Spesifikasi	800	2-4	200-350	4-6	65	15	-

Dari Tabel 5.6 hasil pengujian menentukan KAO Campuran HRS – WC aspal PEN 60/70 di atas, didapatkan nilai KAO untuk aspal PEN 60/70 sebesar 7,2% yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.

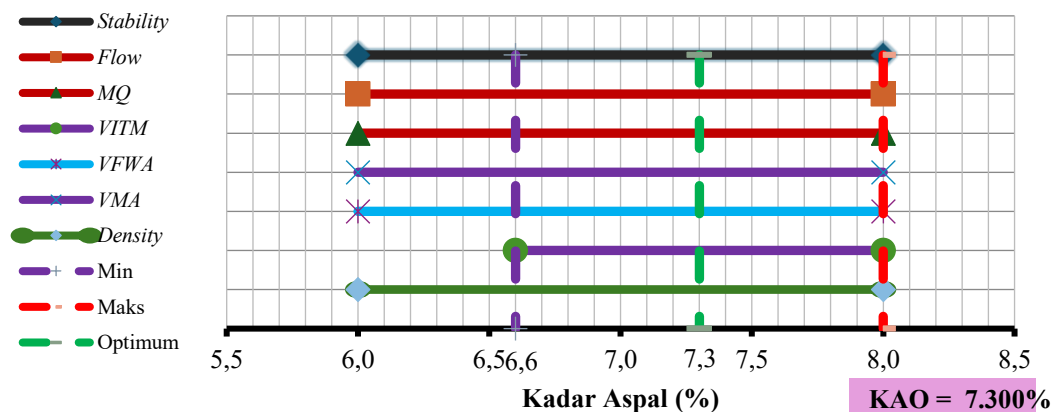


Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran HRS – WC Aspal PEN 60/70

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Penentuan KAO Campuran HRS – WC PG 70

Kadar Aspal (%)	Stability (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
6	953,65	2,64	361,23	6,31	66,03	16,76	2,258
6,5	1042,0	2,74	380,29	5,10	72,40	16,66	2,273
7	1156,87	2,90	398,92	4,08	78,00	16,74	2,283
7,5	999,99	3,10	322,54	3,83	80,13	17,48	2,275
8	916,8	3,10	277,81	3,62	81,93	18,25	2,266
Spesifikasi	800	2-4	200-350	3-5	65	15	-

Dari Tabel 5.7 hasil pengujian menentukan bahwa KAO Campuran HRS - WC PG 70 di atas, didapatkan nilai KAO untuk PG 70 sebesar 7,3% dapat dilihat pada Gambar 5.2.

**Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran HRS – WC Aspal PG 70**

Berdasarkan Gambar 5.1 dan 5.2 nilai KAO yang didapatkan pada campuran HRS-WC dengan bahan ikat PEN 60/70 adalah 7,2% dan campuran HRS-WC pada bahan ikat PG 70 adalah 7,3%. Berikut adalah rekapitulasi hasil KAO pada campuran HRS-WC bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70 dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil KAO Campuran HRS – WC Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

Jenis Bahan Ikat	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
PEN 60/70	6,4	8	7,2
PG 70	6,6	8	7,3

5.1.4 Hasil Pengujian Campuran HRS – WC Berdasarkan Jenis Bahan Ikat PEN 60/70 dengan Aspal PG 70 pada KAO

Adapun Hasil dari pengujian campuran HRS – WC dalam penelitian ini mencakup uji MS, IRS, ITS, TSR, dan CL, Ringkasan data dari setiap pengujian disajikan pada Tabel 5.9 hingga Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengujian MS pada Campuran HRS – WC Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

Bahan Ikat	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
PEN 60/70	1042,1	3,53	295,21	4,01	78,21	17,93	2,255
PG 70	1383,2	2,90	476,98	3,85	79,64	17,11	2,280
Spesifikasi	800	2-4	200-350	3-5	65	15	-

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian IRS pada Campuran HRS – WC Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

Bahan Ikat	IRS (%)
PEN 60/70	85,52
PG 70	93,63

Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian ITS pada Campuran HRS – WC Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

Bahan Ikat	ITS (KPa)
PEN 60/70	501,68
PG 70	476,61

**Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian TSR pada Campuran HRS – WC
Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70**

Bahan Ikat	TSR (%)
PEN 60/70	92,22
PG 70	96,86

**Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian CL pada Campuran HRS – WC
Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70**

Bahan Ikat	CL (%)
PEN 60/70	2,20
PG 70	1,05

**Tabel 5.14 Rekapitulasi Nilai *Sbit*, *Smix*, dan PI pada Campuran HRS – WC
Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70**

Kecepatan (km/jam)	PG 70			Pen 60/70		
	<i>Sbit</i> (MPa)	<i>Smix</i> (MPa)	PI	<i>Sbit</i> (MPa)	<i>Smix</i> (MPa)	PI
40	34,81	5596,70	-0,191	17,70	2739	-0,275
60	40,42	6109,83		20,54	3016,27	
80	44,93	6498,75		22,84	3228,4	

5.2 Pembahasan

5.2.1 Karakteristik Aspal

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, karakteristik aspal PEN 60/70 dan PG 70 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara masa dan volume aspal. Parameter ini penting sebagai dasar dalam perencanaan serta perancangan perkerasan jalan. Pada pengujian berat jenis aspal, hasil pengujian PEN 60/70 didapatkan hasil berat jenis yaitu 1,025 berat jenis ikat tersebut memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dengan berat jenis ≥ 1 . Sedangkan Aspal PG 70 memiliki berat jenis sebesar 1,043. Pada spesifikasi Bina Marga, parameter berat jenis untuk aspal PG tidak dipersyaratkan (ditandai dengan “–”), sehingga tidak terdapat nilai batas minimum atau maksimum yang harus dipenuhi. Meskipun

demikian, hasil pengujian tetap dilaporkan sebagai informasi pendukung dalam pengendalian mutu bahan.

2. Penetrasi Aspal

Uji penetrasi bertujuan menentukan tingkat kekerasan aspal. Aspal PEN 60/70 memiliki nilai penetrasi 61,1 mm dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (60–70). Sementara itu, PG 70 memiliki nilai penetrasi 39 mm. Pada spesifikasi Bina Marga, penetrasi untuk aspal PG tidak dipersyaratkan, hanya wajib dilaporkan. Nilai ini digunakan untuk pengendalian mutu di lapangan, dengan batas toleransi selisih tidak lebih dari 5 (0,1 mm) dari nilai laporan. Karena itu, penetrasi PG 70 dicatat sebagai data acuan, bukan sebagai dasar utama penilaian mutu.

3. Daktilitas

Merupakan parameter yang menggambarkan kelenturan aspal. Hasil uji menunjukkan daktilitas Aspal PEN 60/70 sebesar 150 cm dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga (≥ 100). Sementara itu, PG 70 memiliki daktilitas 39 cm. Pada spesifikasi Bina Marga, daktilitas untuk aspal PG tidak dipersyaratkan (ditandai “—”), sehingga tidak memiliki batas mutu tertentu. Pengujian ini hanya memberikan informasi tambahan mengenai sifat kelenturan, karena penilaian mutu aspal PG lebih menekankan parameter kinerja seperti modulus geser dinamis dan ketahanan terhadap deformasi pada suhu tinggi.

4. Titik Nyala Aspal

Titik nyala adalah suhu ketika aspal mulai menghasilkan percikan api sesaat. Hasil dari pengujian Titik Nyala Aspal yang telah dilakukan kedua bahan ikat tersebut memiliki hasil yang berbeda. Aspal PEN 60/70 diperoleh 320 nilai sebesar sehingga nilai tersebut memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$. Sedangkan Aspal PG 70 diperoleh nilai sebesar 324 sehingga nilai tersebut juga memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

5. Titik Bakar Aspal

Titik bakar ditentukan pada kondisi ketika aspal menghasilkan percikan api yang bertahan selama kurang lebih 5 detik. Hasil dari pengujian Titik Bakar Aspal menunjukkan bahwa aspal Pen 60/70 mempunyai titik nyala sebesar 330

Sedangkan Aspal PG 70 menunjukkan nilai 330 yang mana hasil tersebut telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu ≥ 232 .

6. Titik Lembek Aspal

Titik lembek didefinisikan sebagai suhu ketika aspal mulai melunak hingga bola baja jatuh. Nilai titik lembek aspal yang diperoleh dari hasil pengujian tersebut memiliki nilai yang berbeda dimana Aspal PEN 60/70 menunjukkan nilai 49 Angka tersebut telah sesuai dengan batas minimum yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu $\geq 48^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk Aspal PG 70, parameter titik lembek tidak dipersyaratkan secara khusus dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (dilaporkan). Nilai titik lembek pada aspal PG digunakan untuk keperluan pengendalian mutu di lapangan, dengan ketentuan bahwa titik lembek hasil uji di lapangan dapat diterima apabila nilainya tidak lebih rendah dari 1°C di bawah nilai titik lembek yang dilaporkan. Oleh karena itu, pengujian titik lembek pada aspal PG berfungsi sebagai data acuan mutu, bukan sebagai parameter utama dalam penilaian mutu aspal.

7. Kelarutan dalam *Trichloroethylene* (TCE)

Pengujian kelarutan aspal menggunakan pelarut TCE dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan aspal murni. Hasil dari pengujian Kelarutan dalam TCE menunjukkan bahwa aspal Pen 60/70 mempunyai kelarutan sebesar 99,534% Sedangkan Aspal PG 70 menunjukkan nilai 99,9 yang mana hasil tersebut telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu $\geq 99\%$.

5.2.2 Karakteristik Agregat Kasar

Dari pengujian yang sudah dilakukan, karakteristik agregat kasar dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat Jenis Agregat

Pengujian berat jenis agregat pada penelitian ini dilakukan dengan cara menimbang benda uji pada tiga kondisi, yaitu jenuh permukaan kering (BJ), kering udara (BA), serta kering oven (BK). Dari hasil pengujian diperoleh nilai berat jenis agregat kasar sebesar 2,701. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan minimum menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu $\geq 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air merupakan salah satu parameter yang menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air ke dalam pori-porinya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai penyerapan air agregat kasar sebesar 0,926%. Angka ini masih berada dalam batas ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu kurang dari 3%.

3. Keausan oleh Mesin *Los Angeles* (LA)

Pengujian keausan menggunakan mesin LA dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan agregat terhadap abrasi. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai keausan agregat sebesar 19,4%. Nilai tersebut telah sesuai dengan syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu maksimum 40%.

5.2.3 Karakteristik Agregat Halus

Dari pengujian yang telah dilakukan, karakteristik agregat halus dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat Jenis Agregat

Pengujian berat jenis agregat halus pada penelitian ini dilakukan dengan cara menimbang benda uji dalam tiga kondisi, yaitu jenuh permukaan kering (BJ), di dalam air (BA), serta setelah dikeringkan dalam oven (BK). Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai berat jenis agregat halus sebesar 2,769. Nilai ini telah memenuhi persyaratan minimum yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu $\geq 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air ke dalam pori-pori yang dimilikinya. Hasil pengujian menunjukkan nilai penyerapan air agregat halus sebesar 2,077%. Angka tersebut masih berada dalam batas yang dipersyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Pengujian *Sand Equivalent* digunakan untuk mengetahui persentase kandungan debu maupun lumpur yang terdapat pada agregat halus. Berdasarkan

hasil pengujian, diperoleh nilai *Sand Equivalent* sebesar 93,3%. Nilai tersebut telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu minimum 50.

4. *Filler*

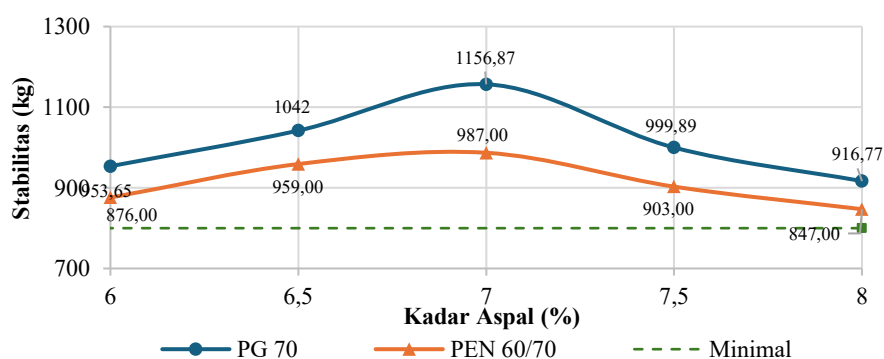
Filler merupakan material halus yang berasal dari agregat dan dapat melewati saringan No. 200. Pada penelitian ini, diperoleh kadar *filler* sebesar 2,53%.

5.2.4 Karakteristik *Marshall* Campuran HRS – WC dengan Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 untuk mencari KAO

Tinjauan karakteristik *Marshall Standard* untuk mencari nilai KAO pada campuran HRS - WC menggunakan bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70 secara rinci dapat dilihat sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapisan perkerasan dalam menahan beban lalu lintas hingga terjadinya deformasi maupun kelelahan plastis. Nilai stabilitas sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, di mana peningkatan kadar aspal pada awalnya akan meningkatkan stabilitas hingga mencapai titik optimum, kemudian menurun apabila kadar aspal yang digunakan melebihi kadar optimum tersebut. Grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai stabilitas ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas Campuran HRS – WC pada tiap Bahan Ikat

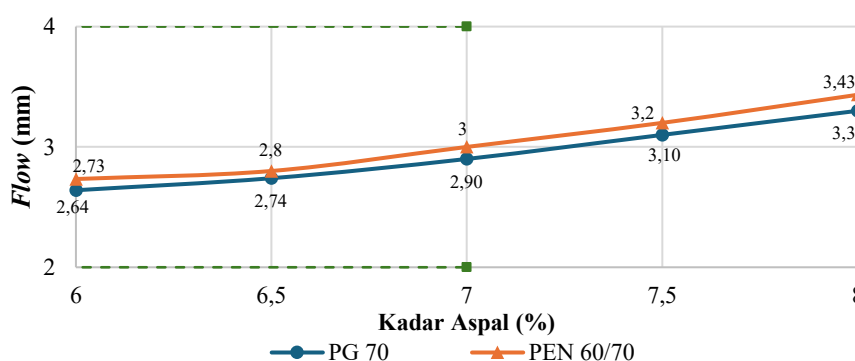
Berdasarkan Gambar 5.3, nilai stabilitas pada campuran HRS-WC dengan bahan ikat PEN 60/70 berada pada rentang kadar aspal 6%–8%, sedangkan campuran HRS-WC dengan bahan ikat PG 70 juga memenuhi spesifikasi pada

rentang kadar aspal yang sama. Campuran HRS-WC bahan ikat PEN 60/70 menunjukkan peningkatan stabilitas dari 876 kg pada kadar 6% menjadi 987 kg pada kadar 7%, kemudian nilai stabilitas menurun menjadi 847 kg pada kadar 8%.

Sementara itu, campuran HRS-WC dengan PG 70 juga memenuhi spesifikasi pada rentang kadar aspal yang sama. Nilai stabilitas pada campuran HRS-WC PG 70 meningkat dari 953,65 kg pada kadar aspal 6% menjadi 1156,87 kg pada kadar 7%. Setelah melewati kadar 7%, nilai stabilitas mengalami penurunan bertahap hingga mencapai 916,77 kg pada kadar aspal 8%. Hasil pengujian tersebut mengindikasikan bahwa nilai stabilitas kedua jenis bahan ikat akan meningkat seiring bertambahnya kadar aspal hingga mencapai titik optimum, kemudian menurun apabila kadar aspal melebihi titik optimum. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa stabilitas optimum pada kedua jenis aspal terjadi pada kadar 7%.

2. Kelelehan (*Flow*)

Flow merupakan besaran deformasi plastis yang terjadi pada campuran akibat pembebanan hingga mencapai batas keruntuhan. Nilai *flow* dinyatakan dalam satuan milimeter atau 0,01 inci. Gambar 5.4 memperlihatkan perbandingan nilai *flow* antara penggunaan bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70.



Gambar 5.4 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow* Campuran HRS – WC pada tiap Bahan Ikat

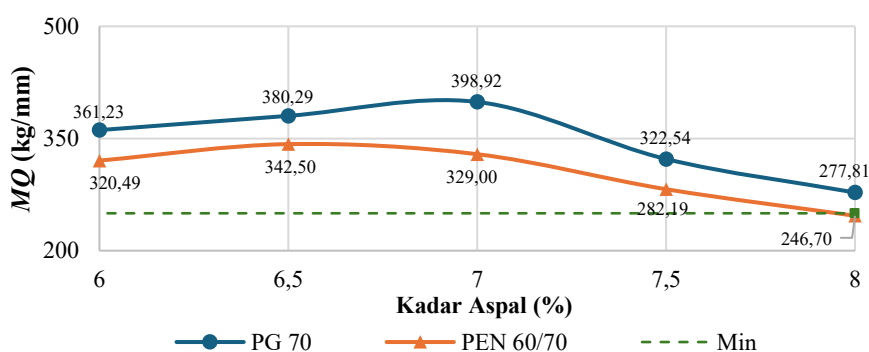
Berdasarkan Gambar 5.4, dapat dilihat bahwa campuran HRS-WC kedua jenis bahan ikat yaitu PEN 60/70 dan PG 70, mengalami peningkatan nilai *flow* seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Pada bahan ikat PEN 60/70, nilai *flow*

meningkat dari 2,73 mm pada kadar aspal 6% menjadi 3,43 mm pada kadar aspal 8%. Sementara itu, pada campuran HRS-WC bahan ikat PG 70, nilai *flow* bertambah dari 2,64 mm pada kadar aspal 6% menjadi 3,30 mm pada kadar aspal 8%. Pada hasil nilai *flow* kedua campuran HRS-WC bahan ikat menunjukkan bahwa semua kadar aspal dari 6% hingga 8% masuk pada spesifikasi Bina Marga 2018.

Peningkatan nilai *flow* ini disebabkan oleh bertambahnya ketebalan film aspal yang menyelimuti agregat. Lapisan *film* aspal yang semakin tebal membuat campuran lebih plastis sehingga mampu mengalami deformasi lebih besar sebelum terjadi keruntuhan. Namun, jika kadar aspal melebihi titik optimum, plastisitas berlebih akan menyebabkan penurunan kekuatan struktural campuran dan meningkatkan risiko deformasi permanen (*rutting*) di lapangan.

3. Marshall Quotient (MQ)

MQ merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow* pada campuran aspal. Parameter ini digunakan untuk menilai tingkat kekakuan suatu lapisan perkerasan. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan bahwa campuran bersifat lebih kaku, sedangkan nilai MQ yang rendah menandakan campuran lebih lentur. Kekakuan yang seimbang sangat diperlukan agar perkerasan tetap stabil, namun tetap memiliki kelenturan yang memadai untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Grafik hubungan nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 5.5.



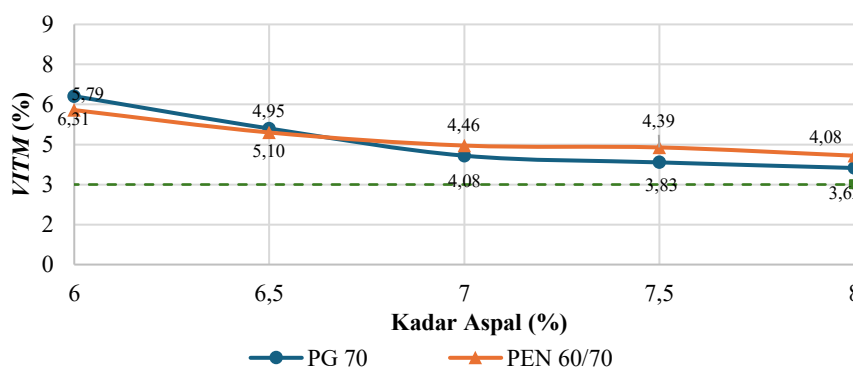
Gambar 5.5 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ Campuran HRS – WC

Berdasarkan Gambar 5.5, terlihat bahwa nilai MQ pada campuran campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 cenderung lebih tinggi dibandingkan campuran campuran HRS-WC dengan aspal PEN 60/70. Pada campuran HRS-WC PEN 60/70, nilai MQ sebesar 320,49 kg/mm pada kadar aspal 6%, kemudian meningkat menjadi 342,50 kg/mm pada kadar 6,5%. Selanjutnya nilai MQ menurun kembali menjadi 329,00 kg/mm pada kadar 7%, 282,19 kg/mm pada 7,5%, dan mencapai 246,70 kg/mm pada kadar 8%. Pada campuran HRS-WC bahan ikat PEN 60/70 kadar aspal dari 6% hingga kadar 8% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Sementara itu, pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70, nilai MQ lebih tinggi, yaitu 361,23 kg/mm pada kadar aspal 6%, kemudian naik menjadi 380,29 kg/mm pada kadar 6,5%, dan mencapai nilai tertinggi 398,92 kg/mm pada kadar 7%. Setelah itu, nilai MQ menurun menjadi 322,54 kg/mm pada kadar 7,5% dan 277,81 kg/mm pada kadar 8%. Pada bahan ikat PG 70 menunjukkan bahwa semua kadar aspal dari 6% hingga kadar 8% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

4. *Void In Total Mix (VITM)*

VITM menunjukkan persentase volume udara yang tersisa di dalam campuran aspal-agregat setelah proses pemadatan. Secara sederhana, VITM menggambarkan bagian dari volume total campuran yang tidak terisi oleh agregat maupun aspal, melainkan ditempati oleh udara. Keberadaan rongga udara ini diperlukan dalam jumlah tertentu agar kinerja campuran beraspal di lapangan tetap terjaga. Nilai VITM hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Campuran HRS - WC

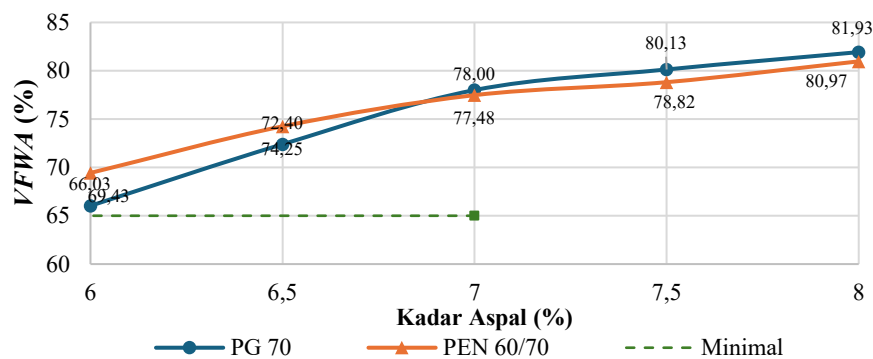
Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 5.6, terlihat bahwa nilai VITM menunjukkan pola penurunan seiring peningkatan kadar aspal. Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, kisaran nilai VITM yang dipersyaratkan adalah 3%–5%. Berdasarkan grafik, pada kadar aspal 6% kedua jenis aspal pada campuran HRS-WC menunjukkan nilai VITM di atas batas maksimum PG 70 sebesar 6,79% dan PEN 60/70 sebesar 6,31%, sehingga tidak memenuhi spesifikasi. Hal ini terjadi karena pada awal penambahan aspal, jumlah aspal dalam campuran belum mencukupi untuk melapisi seluruh permukaan agregat dan mengisi rongga di antara butiran. Akibatnya, masih terdapat banyak rongga udara yang tersisa di dalam campuran sehingga tingkat kepadatannya rendah dan nilai VITM menjadi tinggi.

Pada kadar aspal 6,5%, nilai VITM mulai mendekati kisaran spesifikasi. Campuran HRS-WC PEN 60/70 menunjukkan nilai 4,95% yang sudah masuk dalam rentang 3–5%, sedangkan campuran HRS-WC PG 70 masih sedikit di atas batas maksimum yaitu 5,10%. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal mulai memberikan efek yang signifikan terhadap pengisian rongga dan peningkatan kepadatan campuran. Selanjutnya, pada kadar 7% hingga 7,5%, kedua jenis aspal sudah sepenuhnya memenuhi spesifikasi. Nilai VITM berada dalam kisaran 3,83%–4,46%, yang menunjukkan campuran telah mencapai kepadatan yang baik. Pada kadar aspal 8%, nilai VITM campuran HRS-WC PG 70 menurun hingga 3,62%, mendekati batas bawah spesifikasi, sedangkan pada campuran HRS-WC PEN 60/70 tetap berada di tengah kisaran dengan nilai 4,08%. Tren ini mencerminkan karakteristik umum campuran beraspal, di mana peningkatan kadar aspal secara bertahap mengurangi rongga udara hingga mencapai kadar optimum.

5. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA merupakan persentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal. Parameter ini sangat menentukan tingkat kepadatan campuran serta berpengaruh terhadap sifat elastis maupun kekuatan struktur campuran, yang pada akhirnya berdampak pada stabilitas dan daya tahan perkerasan. Apabila nilai VFWA terlalu tinggi, campuran berisiko mengalami bleeding, sedangkan jika terlalu rendah, campuran cenderung menjadi porous. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai

VFWA pada campuran HRS - WC untuk kedua jenis gradasi dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA Campuran HRS - WC pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

Berdasarkan Gambar 5.7, terlihat bahwa nilai VFWA pada campuran campuran HRS-WC dengan aspal PEN 60/70 menunjukkan tren peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal. Pada kadar aspal 6%, nilai VFWA sebesar 66,03% dan meningkat menjadi 72,40% pada kadar 6,5%. Selanjutnya, nilai ini naik menjadi 77,48% pada kadar 7%, kemudian 78,82% pada kadar 7,5%, dan mencapai 80,97% pada kadar 8%.

Sementara itu, pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 juga terlihat peningkatan nilai VFWA. Pada kadar aspal 6% nilai VFWA sebesar 69,43%, kemudian naik menjadi 74,25% pada 6,5%, meningkat menjadi 78,00% pada 7%, lalu 80,13% pada 7,5%, dan mencapai 81,93% pada kadar 8%.

Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, nilai VFWA yang dipersyaratkan adalah $\geq 65\%$. Berdasarkan hasil pengujian, baik campuran HRS-WC dengan aspal PEN 60/70 maupun PG 70 telah memenuhi spesifikasi pada seluruh kadar aspal yang diuji, karena seluruh nilai VFWA berada di atas batas minimal.

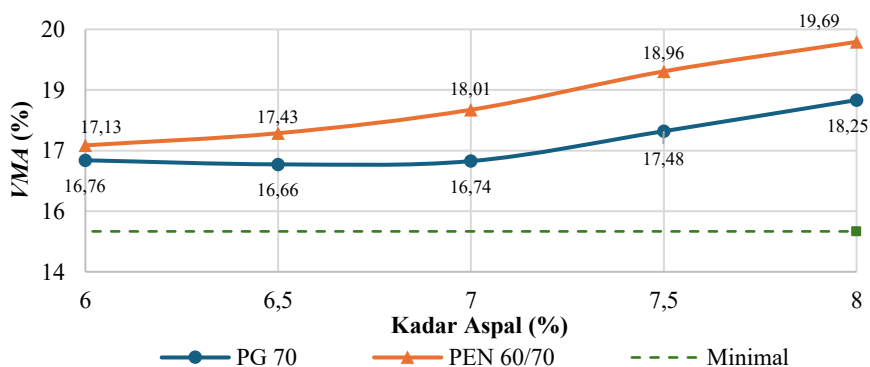
Meskipun demikian, kondisi nilai VFWA yang terlalu tinggi, seperti pada campuran HRS-WC kadar aspal 8% dengan nilai 80,97% untuk PEN 60/70 dan 81,93% untuk PG 70, berpotensi menimbulkan *bleeding* akibat kelebihan aspal

yang mengisi hampir seluruh rongga antar agregat sehingga stabilitas campuran menurun. Sebaliknya, pada kadar aspal rendah seperti 6%, nilai VFWA untuk PEN 60/70 sebesar 66,03% dan PG 70 sebesar 69,43%, meskipun masih memenuhi spesifikasi, namun sudah mendekati batas bawah. Jika nilainya semakin menurun hingga di bawah 65%, campuran berpotensi porous karena rongga antar agregat tidak terisi optimal oleh aspal.

Oleh karena itu, penentuan kadar aspal optimum menjadi penting untuk memastikan nilai VFWA berada dalam kisaran yang dipersyaratkan. Dengan demikian, campuran aspal memiliki kerapatan yang cukup tanpa berlebihan, sehingga dapat menjaga stabilitas dan ketahanan perkerasan jalan.

6. *Void in Mineral Agregate (VMA)*

VMA adalah persentase volume rongga yang terbentuk di antara butiran agregat dalam campuran aspal setelah proses pemadatan. Parameter ini menggambarkan ruang yang tersedia untuk ditempati oleh aspal sekaligus rongga udara yang diperlukan pada struktur campuran aspal-agregat. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA Campuran HRS – WC pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

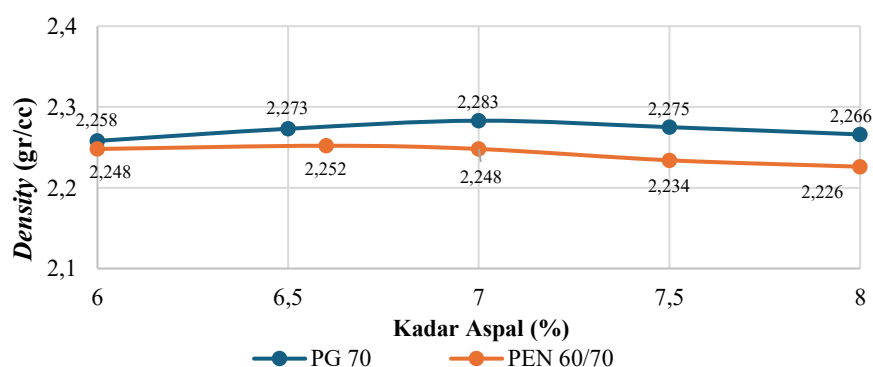
Berdasarkan Gambar 5.8, terlihat bahwa nilai VMA pada kedua jenis aspal menunjukkan tren peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Pada campuran HRS-WC dengan aspal PEN 60/70, nilai VMA meningkat dari 14,79% pada kadar aspal 6% menjadi 15,17% pada 6,5%, kemudian naik menjadi 15,98%

pada 7%, 16,49% pada 7,5%, dan mencapai 17,19% pada kadar aspal 8%. Sementara itu, pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70, nilai VMA meningkat dari 14,12% pada kadar aspal 6% menjadi 15,57% pada 6,5%, kemudian naik menjadi 15,68% pada 7%, 16,49% pada 7,5%, dan 17,19% pada kadar aspal 8%.

Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, nilai VMA minimum yang dipersyaratkan adalah $\geq 15\%$ untuk campuran beraspal panas. Berdasarkan data grafik, campuran HRS-WC dengan aspal PEN 60/70 belum memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 6% (14,79%), namun mulai memenuhi pada kadar 6,5% ke atas. Sedangkan campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 tidak memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 6% (14,12%), namun mulai sesuai pada kadar 6,5% dan seterusnya.

7. *Density*

Density menunjukkan berat campuran per satuan volume yang menggambarkan tingkat kepadatan lapisan aspal-agregat. Jika nilai *density* meningkat, berarti campuran semakin padat karena rongga yang ada di dalamnya semakin sedikit. Kondisi ini membuat campuran lebih mampu menahan beban lalu lintas dan sekaligus lebih kedap terhadap udara maupun air, sehingga memperlambat terjadinya proses oksidasi. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *density* pada campuran HRS – WC untuk kedua jenis bahan ikat dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA Campuran HRS – WC pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

Berdasarkan Gambar 5.9, hubungan antara kadar aspal dengan nilai *density* didapatkan nilai *density* tertinggi pada campuran HRS-WC PG 70 dicapai pada kadar aspal 7% sebesar 2,283 gr/cc, sedangkan untuk campuran PEN 60/70 nilai tertinggi diperoleh pada kadar 6,5% sebesar 2,252 gr/cc. Setelah titik tersebut, nilai *density* cenderung menurun seiring bertambahnya kadar aspal. Pada kadar rendah, *density* masih kecil karena ikatan antar agregat belum sepenuhnya rapat. Sementara itu, pada kadar tinggi, penurunan *density* terjadi akibat kelebihan aspal yang justru mengurangi kepadatan efektif campuran.

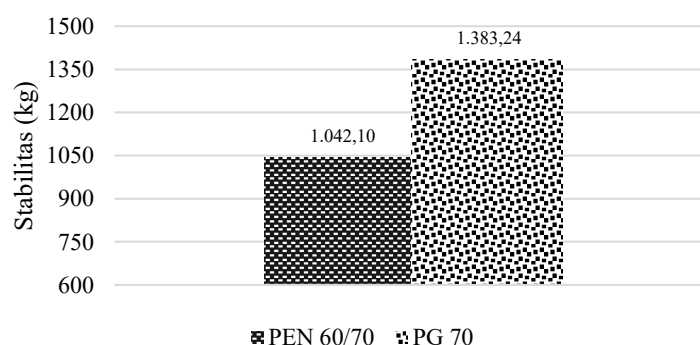
Dari hasil grafik hasil pengujian sebelum KAO yang sudah dilakukan, maka didapatkan hasil KAO untuk campuran HRS-WC dengan bahan ikat PEN 60/70 sebesar 7,2% dan campuran HRS-WC dengan bahan ikat PG 70 sebesar 7,3%. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian setelah KAO.

5.2.5 Pengaruh Bahan Ikat Terhadap Kinerja Campuran HRS-WC pada KAO berdasarkan Jenis Bahan Ikat.

Peninjauan pengaruh bahan ikat terhadap jenis campuran gradasi HRS – WC pada bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70 sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan dalam menahan beban lalu lintas hingga terjadi deformasi atau kelelahan plastis. Grafik pada Gambar 5.10 menunjukkan pengaruh variasi metode pencampuran terhadap nilai stabilitas.



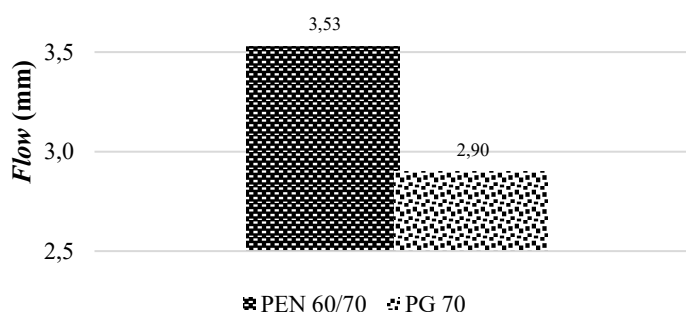
Gambar 5.10 Pengaruh Bahan Ikat Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran HRS – WC

Berdasarkan Gambar 5.10, terlihat bahwa campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 memiliki nilai stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRS-WC aspal PEN 60/70. Nilai stabilitas campuran HRS-WC dengan PG 70 mencapai 1.383,24 kg, sedangkan pada campuran HRS-WC dengan PEN 60/70 hanya sebesar 1.042,10 kg. Perbedaan nilai stabilitas sebesar 32,73% antara PG 70 dan PEN 60/70 menunjukkan bahwa campuran HRS-WC PG 70 lebih unggul dalam meningkatkan ketahanan terhadap beban lalu lintas.

Peningkatan stabilitas pada campuran HRS-WC PG 70 dapat dikaitkan dengan sifat pengikatnya yang lebih kaku, hal ini dibuktikan dengan hasil nilai *Sbit* dan *Smix* campuran HRS-WC PG 70 yaitu 20,9 MPa dan 4030,42 MPa sedangkan nilai *Sbit* dan *Smix* campuran HRS-WC PEN 60/70 adalah 10,62 MPa dan 1960,42 MPa dimana nilai *Sbit* dan *Smix* PG 70 lebih tinggi yang artinya lebih kaku. Hal ini sejalan dengan temuan Putri dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa campuran dengan aspal PG 70 memiliki nilai stabilitas *Marshall* yang lebih tinggi dibandingkan campuran dengan aspal PEN 60/70. Hasil serupa juga dijelaskan oleh Widhiatmoko & Hadi (2025), di mana penggunaan PG 70 meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi akibat lalu lintas berat.

2. Kelelehan (*Flow*)

Flow adalah besaran deformasi yang dialami campuran akibat pembebanan hingga mencapai kondisi keruntuhan, yang dinyatakan dalam satuan mm atau 0,01 inci. Pengaruh bahan ikat terhadap nilai *flow* ditunjukkan pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Pengaruh Bahan Ikat Terhadap Nilai *Flow* pada Campuran HRS – WC

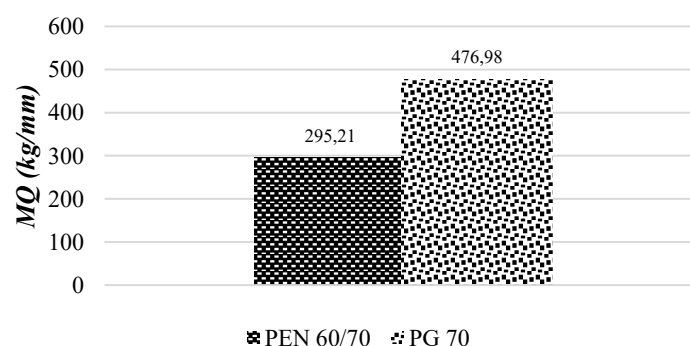
Berdasarkan Gambar 5.11, nilai *Flow* pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 lebih tinggi dibandingkan campuran dengan campuran HRS-WC aspal PEN 60/70. Nilai *Flow* pada campuran HRS-WC PG 70 tercatat sebesar 2,90 mm, sedangkan pada campuran HRS-WC PEN 60/70 sebesar 3,53 mm. Perbedaan ini menunjukkan bahwa campuran dengan PEN 60/70 memiliki deformasi plastis yang lebih besar saat mencapai beban maksimum, sedangkan PG70 menghasilkan campuran yang relatif lebih kaku hal ini ditandai dengan nilai *Sbit* dan *Smix* campuran HRS-WC PG 70 yang lebih besar dibanding campuran HRS-WC PEN 60/70.

Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, kisaran nilai *Flow* yang dipersyaratkan adalah 2–4 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua jenis aspal masih berada dalam rentang spesifikasi yang ditentukan. Persen selisih nilai *Flow* sebesar 0,63 mm atau sekitar 17,85% dengan nilai PG 70 lebih rendah dibandingkan dengan PEN 60/70.

Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Mardatillah & Aprizal (2022), yang menjelaskan bahwa aspal modifikasi atau dengan performa tinggi dapat meningkatkan kelenturan campuran tanpa menurunkan stabilitas secara signifikan.

3. *Marshall Quotient (MQ)*

MQ merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow* yang digunakan untuk menilai kekakuan serta ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi plastis. Pengaruh bahan ikat terhadap nilai MQ ditunjukkan pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai MQ pada Campuran HRS – WC

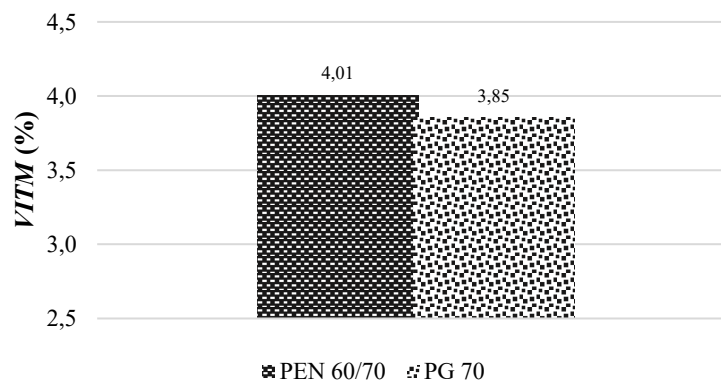
Berdasarkan Gambar 5.12, nilai MQ pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRS-WC yang menggunakan aspal PEN 60/70. Nilai MQ pada campuran HRS-WC PG 70 tercatat sebesar 476,98 kg/mm, sedangkan pada campuran HRS-WC PEN 60/70 sebesar 295,21 kg/mm. Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga (2018), nilai MQ minimum yang dipersyaratkan adalah ≥ 250 kg/mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua jenis campuran, baik dengan PG 70 maupun PEN 60/70, telah memenuhi syarat tersebut.

Perbedaan nilai MQ ini menunjukkan bahwa campuran HRS-WC dengan PG 70 memiliki tingkat kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi plastis yang lebih baik dibandingkan dengan campuran HRS-WC PEN 60/70. Hal ini disebabkan oleh kombinasi nilai stabilitas yang lebih tinggi dan nilai *flow* yang masih dalam batas spesifikasi, sehingga rasio stabilitas terhadap *flow* meningkat pada campuran HRS-WC PG 70. Hasil ini sejalan dengan temuan Haryanto dan Susanto (2019) yang menjelaskan bahwa peningkatan nilai stabilitas dan pengendalian *flow* secara bersamaan akan meningkatkan rasio MQ, yang menunjukkan campuran lebih kaku dan tahan deformasi. Penelitian lain oleh Apteda dkk. (2023) juga menjelaskan bahwa penggunaan aspal modifikasi seperti PG 70 memberikan nilai MQ yang lebih tinggi dibandingkan aspal PEN 60/70 karena sifat pengikatnya yang lebih kuat dan stabil terhadap suhu tinggi.

Sementara itu, nilai MQ yang lebih rendah pada campuran HRS-WC dengan PEN 60/70 mengindikasikan bahwa campuran tersebut lebih lentur. Sifat ini dapat membantu menyerap tegangan akibat beban berulang, tetapi juga membuat campuran lebih rentan mengalami deformasi permanen. Selisih nilai MQ antara campuran HRS-WC PG 70 dan campuran HRS-WC PEN 60/70 sebesar 61,57% memperlihatkan bahwa penggunaan campuran HRS-WC PG 70 memberikan kinerja mekanis yang lebih baik dalam hal kekakuan serta kemampuan menahan deformasi plastis. Dengan demikian, campuran HRS-WC PG 70 dapat dipertimbangkan sebagai bahan pengikat yang lebih unggul untuk campuran HRS-WC PG 70 dibandingkan campuran HRS-WC PEN 60/70.

4. *Void in the Total Mix (VITM)*

VITM adalah persentase rongga udara yang terdapat di dalam campuran aspal dan agregat secara keseluruhan. Besarnya nilai VITM berkaitan erat dengan kemampuan campuran dalam menahan deformasi plastis. Jika nilai VITM terlalu tinggi, campuran menjadi lebih berpori dan rentan mengalami deformasi plastis. Sebaliknya, apabila nilainya terlalu rendah, campuran bisa kehilangan kestabilannya. Gambar 5.13 berikut memperlihatkan diagram batang yang menggambarkan pengaruh perbedaan campuran HRS-WC PEN 60/70 dan campuran HRS-WC PG 70.



Gambar 5.13 Perbandingan Bahan Ikut PEN 60/70 dengan PG 70 Terhadap Nilai VITM pada Campuran HRS-WC

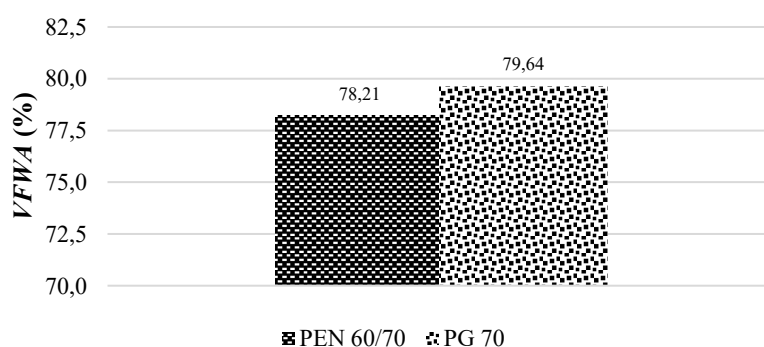
Berdasarkan Gambar 5.13, nilai VITM pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 sebesar 3,85%, sedangkan pada campuran HRS-WC dengan aspal PEN 60/70 sebesar 4,01%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa baik campuran HRS-WC dengan PG 70 maupun campuran HRS-WC PEN 60/70 memiliki rongga udara yang dapat memenuhi spesifikasi campuran HRS-WC, campuran memiliki nilai VITM yang cenderung tidak jauh berbeda. Kedua bahan ikat dapat mampu menjadikan perkerasan yang mempunyai rongga udara sedikit sehingga berpotensi memiliki stabilitas yang lebih baik.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Agustina dkk. (2023), di mana modifikasi PG 70 dengan *filler* semen *Portland* dapat menurunkan volume rongga udara setelah modifikasi PG 70.

Campuran HRS-WC aspal PG 70 memiliki persen selisih nilai VITM 3,82% dengan campuran HRS-WC aspal Pen 60/70. Angka ini menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan pada VITM saat menggunakan campuran HRS-WC PG 70. Penurunan ini menggambarkan bahwa kemampuan campuran HRS-WC aspal PG 70 maupun campuran HRS-WC Pen 60/70 dapat menghasilkan campuran yang sama padat melalui distribusi agregat dan pelapisan aspal yang lebih merata, sehingga ruang antar agregat dapat terisi dengan lebih optimal.

5. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA adalah persentase volume rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal. Parameter ini berpengaruh terhadap tingkat kedapatan (*impermeability*) dan sifat elastis campuran, yang pada akhirnya berdampak pada stabilitas dan umur layan perkerasan. Apabila nilai VFWA terlalu tinggi, campuran berisiko mengalami *bleeding* karena aspal berlebih mengisi hampir seluruh rongga. Sebaliknya, bila terlalu rendah, campuran menjadi lebih *porous* dan rentan terhadap kerusakan akibat masuknya air maupun beban lalu lintas. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA pada campuran HRS-WC dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai VFWA pada Campuran HRS – WC

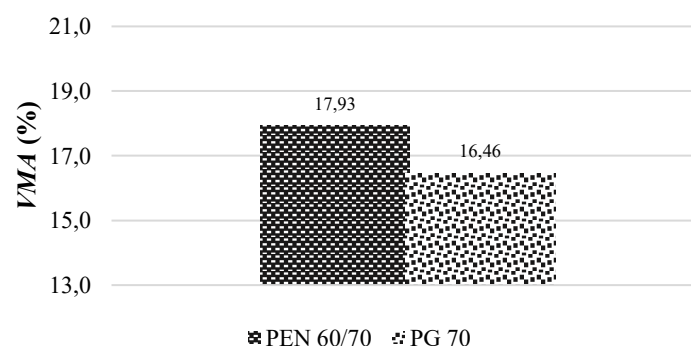
Berdasarkan Gambar 5.14, nilai VFWA pada campuran HRS-WC dengan campuran HRS-WC aspal PG 70 sebesar 79,64%, sedangkan pada campuran HRS-WC dengan aspal PEN 60/70 sebesar 78,21%. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua bahan ikat mampu mengisi rongga dalam campuran sama banyaknya, sehingga menghasilkan campuran yang sama rapat dengan kekedapan dan elastisitas yang baik.

Campuran HRS-WC aspal PG 70 memiliki nilai VFWA 1,83% lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRS-WC PEN 60/70. Hal ini menunjukkan bahwa campuran HRS-WC PG 70 memberikan tingkat pengisian rongga yang lebih optimal, meskipun tetap perlu pengendalian agar tidak melebihi batas optimum.

Hasil ini sejalan dengan temuan Rahman dkk, (2024) yang membandingkan campuran *Superpave* berbahan pengikat PG 70 dengan Pen 60/70, di mana campuran dengan PG 70 menunjukkan peningkatan karakteristik *Marshall*, termasuk nilai VFWA yang lebih besar.

6. *Void in Mineral Agregat (VMA)*

VMA adalah persentase rongga yang terbentuk di antara butiran agregat dalam campuran aspal setelah melalui proses pemadatan. Rongga ini berperan penting sebagai ruang untuk menampung aspal sekaligus menyediakan volume udara yang dibutuhkan dalam struktur campuran. Gambar 5.15 menunjukkan perbandingan nilai VMA pada campuran HRS-WC dengan bahan ikat aspal PEN 60/70 dan PG 70.



Gambar 5.15 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai VMA pada Campuran HRS-WC

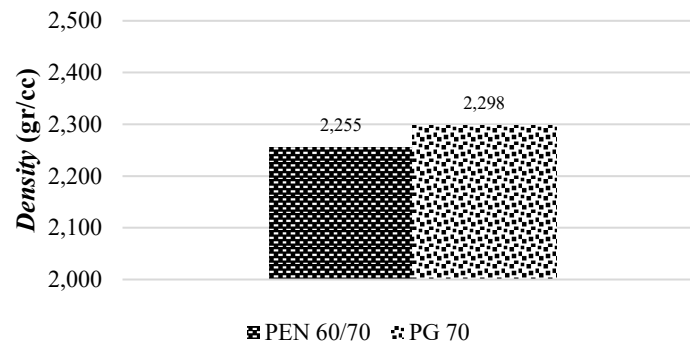
Berdasarkan Gambar 5.15, nilai VMA pada campuran HRS-WC dengan aspal PEN 60/70 sebesar 17,93%, sedangkan pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 sebesar 16,46%. Perbedaan ini tidak signifikan untuk menunjukkan bahwa campuran HRS-WC dengan PEN 60/70 memiliki volume rongga antar-agregat yang lebih besar dibandingkan campuran HRS-WC PG 70. Namun aspal PG 70 tetap mampu menghasilkan campuran HRS-WC yang lebih rapat dengan distribusi agregat dan aspal yang lebih optimal.

Hal ini sejalan dengan penelitian Li, dkk. (2018), yang menyatakan bahwa aspal modifikasi PG cenderung membentuk struktur campuran yang lebih rapat dan stabil karena viskositasnya yang tinggi serta ketahanannya terhadap perubahan suhu, sehingga berdampak pada peningkatan karakteristik volumetrik termasuk VMA.

Perselisihan nilai VMA campuran HRS-WC PG 70 sebesar 4,53% lebih rendah dibandingkan dengan PEN 60/70, hasil ini tidak berbeda signifikan. Kedua bahan ikat baik itu Aspal PG 70 dan Pen 60/70 sama-sama mampu menghasilkan campuran HRS-WC dengan rongga antar agregat sama padat, sehingga memberikan stabilitas dan durabilitas yang baik.

7. Density (*Density*)

Densitas merupakan ukuran berat per satuan volume yang menggambarkan tingkat kepadatan campuran antara aspal dan agregat. Parameter ini sangat penting karena berhubungan langsung dengan stabilitas struktural campuran perkerasan. Semakin tinggi nilai densitas, semakin rapat susunan partikel di dalam campuran, yang berarti jumlah rongga udara semakin kecil. Kondisi ini membuat campuran lebih kuat dalam menahan beban lalu lintas, lebih tahan terhadap deformasi permanen, serta memiliki kemampuan kedap air yang lebih baik sehingga potensi kerusakan akibat infiltrasi air dapat diminimalkan. Pada Gambar 5.16 ditunjukkan perbandingan nilai densitas antara campuran HRS-WC yang menggunakan aspal Pen 60/70 dan PG 70, sehingga dapat diamati bagaimana jenis bahan ikat memengaruhi tingkat kepadatan dan kualitas campuran yang dihasilkan.



Gambar 5.16 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai *Density* pada Campuran HRS-WC

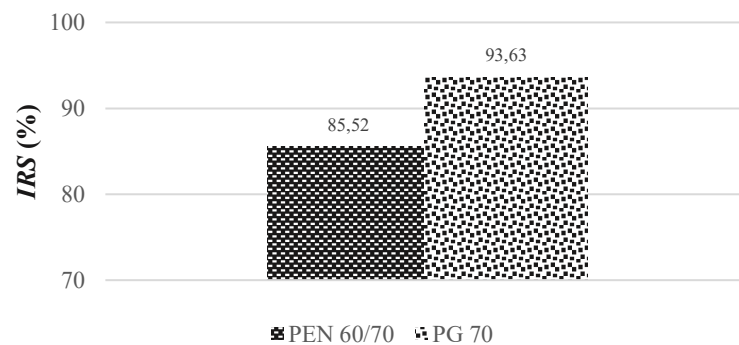
Berdasarkan Gambar 5.16, nilai densitas pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 sebesar 2,298 g/cm³, sedangkan pada campuran HRS-WC dengan Pen 60/70 sebesar 2,255 g/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa campuran HRS-WC dengan PG 70 memiliki tingkat kepadatan yang sama dengan campuran HRS-WC Pen 60/70. Kepadatan ini menunjukkan jumlah rongga udara dalam campuran, dari nilai kepadatan dapat dilihat seberapa rapat dan kedap campuran aspal terhadap udara maupun air. Campuran yang padat dapat memperlambat terjadinya oksidasi, meningkatkan ketahanan terhadap deformasi plastis, serta memperpanjang umur layan perkerasan.

Selisih densitas antara campuran HRS-WC dengan PG 70 dan campuran HRS-WC Pen 60/70 adalah 0,046 gr/cc atau dinyatakan dalam persen selisih nilai *density* sebesar 1,11% yang menunjukkan bahwa hasil ini tidak signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan campuran HRS-WC aspal PG 70 dan campuran HRS-WC aspal Pen 60/70 sama-sama mampu menghasilkan campuran yang padat dan memiliki kinerja yang baik.

5.2.6 Perbandingan Nilai IRS Campuran HRS – WC Terhadap Bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70.

IRS diperoleh dari pengujian ketahanan campuran terhadap kondisi perendaman, yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat durabilitas aspal. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai stabilitas setelah perendaman selama 24 jam pada *water bath* bersuhu 60°C dengan nilai stabilitas setelah

perendaman 30 menit. Hasil perbandingan dinyatakan dalam bentuk persentase. Gambar 5.17 memperlihatkan grafik pengaruh perbedaan jenis bahan ikat terhadap nilai IRS pada campuran HRS-WC.



Gambar 5.17 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai IRS pada Campuran HRS-WC

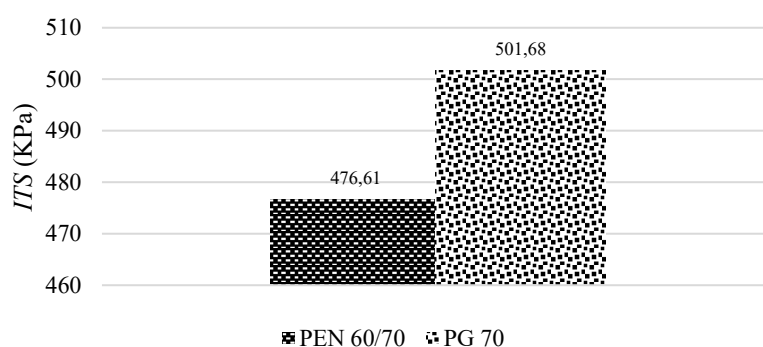
Berdasarkan Gambar 5.17, nilai IRS pada campuran HRS-WC menunjukkan bahwa campuran HRS – WC dengan aspal PG 70 memiliki IRS lebih tinggi (93,63%) dibandingkan campuran HRS -WC dengan aspal PEN 60/70 (85,52%). Selisih 9,48% ini menunjukkan bahwa penggunaan PG 70 membuat campuran lebih mampu mempertahankan kekuatannya setelah perendaman. Temuan ini sejalan dengan Rahman dkk, (2025) dan Suryana dkk, (2022), yang menyatakan bahwa aspal PG memiliki ketahanan *stripping* dan kelembapan yang lebih baik dibandingkan aspal konvensional.

Kondisi ini berkaitan dengan nilai *Penetration Index* (PI), yang menggambarkan stabilitas perubahan kekerasan aspal terhadap suhu. Semakin tinggi nilai PI, semakin stabil ikatan aspal–agregat terhadap pelemahan. Pada penelitian ini, PG 70 memiliki PI –0,191, lebih tinggi dibandingkan PEN 60/70 dengan PI –0,275, yang menunjukkan stabilitas termal PG 70 lebih baik. Stabilitas ini membuat ikatan binder–agregat pada PG 70 tidak mudah terdegradasi selama perendaman, sehingga menghasilkan nilai IRS yang lebih tinggi.

Oleh karena itu, hubungan antara PI yang lebih tinggi dan IRS yang lebih besar menunjukkan bahwa stabilitas termal binder mempengaruhi secara langsung ketahanan campuran terhadap kerusakan akibat air.

5.2.7 Perbandingan Nilai ITS Campuran HRS – WC Terhadap Bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70

ITS merupakan metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan tarik tidak langsung pada campuran beraspal, yaitu dengan memberikan beban tekan secara horizontal yang menghasilkan tegangan tarik di bidang vertikal benda uji. Parameter ini sangat penting karena mampu memberikan gambaran mengenai ketahanan campuran terhadap gaya tarik yang sering menjadi penyebab awal terjadinya retak, terutama akibat beban berulang maupun perubahan suhu. Nilai ITS yang tinggi menunjukkan bahwa campuran memiliki ikatan internal yang kuat serta mampu menahan tegangan tarik sebelum mengalami kegagalan. Gambar 5.18 memperlihatkan grafik pengaruh penggunaan aspal PEN 60/70 dan PG 70 terhadap nilai ITS pada campuran HRS-WC, sehingga dapat dilihat bagaimana jenis bahan ikat memengaruhi kemampuan tarik campuran tersebut.



Gambar 5.18 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai ITS pada Campuran HRS-WC

Berdasarkan Gambar 5.18, terlihat bahwa nilai ITS pada campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan PEN 60/70. Nilai ITS campuran HRS-WC dengan PG 70 mencapai 501,68 KPa, sedangkan pada campuran HRS-WC dengan PEN 60/70 hanya sebesar 476,61 KPa. Persen selisih keduanya sebesar 5,26%, yang menunjukkan bahwa penggunaan PG 70 lebih unggul memberikan kinerja yang baik dalam menahan gaya tarik tidak langsung.

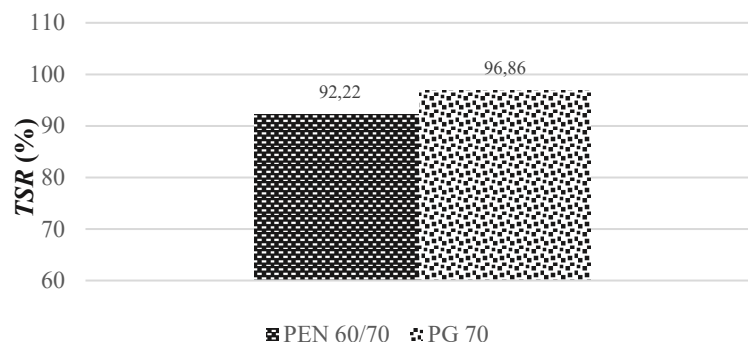
Perbedaan nilai ITS pada kedua bahan menandakan bahwa sifat adhesi pada campuran aspal lebih kuat yang menunjukkan bahwa gaya tarik antara aspal dengan agregat lebih kuat. Sehingga, campuran lebih tahan terhadap potensi retak akibat pembebanan lalu lintas. Secara umum, kedua bahan ikat memiliki ketahanan terhadap gaya tarik yang sama baik itu campuran HRS-WC pada PG 70 maupun campuran HRS-WC Pen 60/70.

Hasil ini sejalan Alsolieman dkk. (2021), yang menunjukkan bahwa campuran beraspal dengan pengikat modifikasi polimer, termasuk aspal PG, memiliki ketahanan tarik dan kekuatan struktural yang lebih baik dibandingkan campuran dengan pengikat konvensional. Selain itu, Lee (2023) juga menjelaskan bahwa penggunaan *binder* berkinerja tinggi (*PG binder*) secara signifikan meningkatkan resistansi terhadap keretakan dan memperbaiki perilaku tegangan tarik campuran beraspal, terutama pada kondisi beban berulang.

5.2.8 Perbandingan Nilai TSR Pada Campuran HRS – WC Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

TSR adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi ketahanan campuran beraspal terhadap kerusakan akibat air dan kelembapan. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai kekuatan tarik tidak langsung ITS pada sampel kondisi kering dengan nilai ITS pada sampel setelah jenuh air. Hasil perbandingan tersebut kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai TSR yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal mampu mempertahankan kekuatannya

meskipun terpapar kondisi jenuh air, sehingga menandakan ketahanan yang baik terhadap potensi kerusakan akibat kelembapan. Oleh karena itu, TSR sering digunakan sebagai salah satu parameter utama dalam menilai durabilitas campuran beraspal, khususnya pada kondisi lingkungan dengan curah hujan tinggi atau kelembapan udara yang dominan. Gambar 5.19 menampilkan grafik pengaruh bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70 terhadap nilai TSR pada campuran HRS-WC.



Gambar 5.19 Pengaruh Bahan Ikut PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai TSR pada Campuran HRS - WC

Berdasarkan Gambar 5.19, hasil uji TSR menunjukkan bahwa campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRS-WC aspal PEN 60/70. Nilai TSR pada campuran HRS-WC aspal PG 70 mencapai 96,86%, sedangkan pada campuran HRS-WC aspal PEN 60/70 sebesar 92,22%. Persen selisih keduanya sebesar 5,02%, dengan hasil TSR lebih tinggi pada PG 70. Hal ini menandakan bahwa penggunaan PG 70 pada campuran HRS-WC memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan akibat kelembapan.

Nilai TSR yang tinggi pada campuran HRS-WC dengan PG 70 menunjukkan bahwa campuran mampu mempertahankan kekuatan tariknya walaupun telah direndam selama 24 jam. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kedua bahan ikat memiliki kemampuan pengikatan agregat yang lebih baik, sehingga lapisan film aspal lebih stabil dan tidak mudah terlepas akibat infiltrasi air.

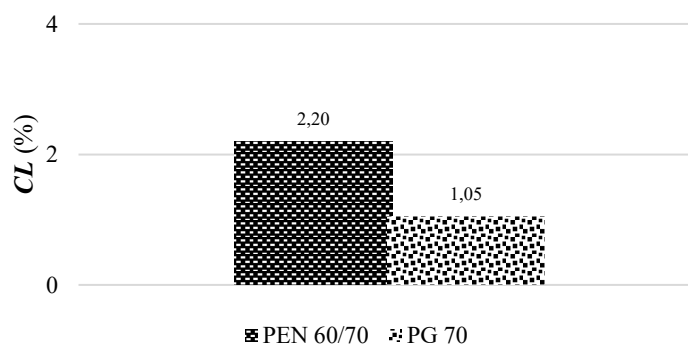
Secara spesifikasi, mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, nilai TSR minimum yang dipersyaratkan adalah 80%. Dengan demikian, penggunaan aspal dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan, namun penggunaan campuran HRS-WC pada PG 70 terbukti memberikan kinerja yang lebih baik.

Peningkatan nilai TSR sebesar 5,02% menunjukkan adanya perbaikan secara signifikan, yang mengindikasikan bahwa campuran HRS-WC aspal PG 70 memiliki kinerja lebih baik dalam mempertahankan kekuatan tarik campuran terhadap kerusakan akibat air dan kelembapan. Hasil ini menunjukkan bahwa

campuran HRS-WC bahan ikat PG 70 mampu memberikan sifat adhesi yang lebih kuat, sehingga memperkuat ikatan antara agregat dengan aspal sehingga memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan karena air, karakteristik modifikasi pada aspal PG 70 memberikan daya tahan dan daya lekat yang sedikit lebih baik dalam kondisi lingkungan basah atau lembap.

5.2.9 Perbandingan nilai CL Campuran HRS - WC Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70

Pengujian CL bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan campuran beraspal terhadap abrasi atau kehilangan butiran akibat gaya mekanis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles* sebanyak 300 putaran tanpa bola baja. Parameter ini digunakan untuk menilai daya tahan terhadap kerusakan akibat beban lalu lintas maupun kondisi lingkungan. Gambar 5.20 menampilkan grafik pengaruh penggunaan aspal PEN 60/70 dan PG 70 terhadap nilai CL pada campuran HRS-WC.



Gambar 5.20 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Nilai CL pada Campuran HRS - WC

Berdasarkan Gambar 5.20, nilai CL pada campuran dengan aspal PEN 60/70 tercatat sebesar 2,20%, sedangkan pada campuran dengan aspal PG 70 hanya sebesar 1,05%. Selisih nilai keduanya mencapai 1,15%, yang menunjukkan adanya perbedaan performa yang cukup signifikan antara kedua jenis aspal tersebut. Jika dilihat secara relatif, campuran HRS-WC dengan aspal PG 70 memiliki ketahanan terhadap abrasi sekitar 52,27% lebih baik dibandingkan dengan campuran HRS-

WC yang menggunakan aspal PEN 60/70. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan aspal PG 70 pada campuran HRS-WC mampu meningkatkan daya tahan lapisan terhadap keausan akibat beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan, seperti gesekan roda kendaraan maupun air hujan yang dapat menyebabkan terlepasnya butiran agregat.

Nilai CL yang lebih rendah pada campuran HRS-WC dengan PG 70 menunjukkan bahwa campuran tersebut lebih resisten terhadap kehilangan butiran akibat abrasi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa campuran HRS-WC dengan PG 70 memiliki kemampuan ikatan yang lebih baik dengan agregat, sehingga pelepasan partikel agregat akibat gesekan selama pengujian menjadi lebih kecil. Sebaliknya, campuran HRS-WC dengan PEN 60/70 menunjukkan kehilangan massa yang lebih besar, sehingga lebih rentan terhadap aus dan kerusakan permukaan.

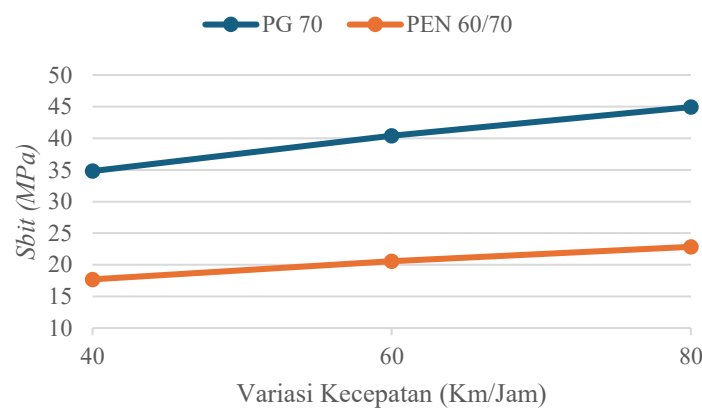
Temuan ini sejalan dengan penelitian Mulyono dkk. (2023) yang menyatakan bahwa aspal modifikasi memiliki daya rekat yang lebih tinggi sehingga mampu meningkatkan ketahanan campuran terhadap abrasi. Selain itu, Gazalie dkk. (2023) juga melaporkan bahwa peningkatan kualitas pengikatan pada campuran dapat secara signifikan menurunkan nilai CL, yang menunjukkan ketahanan lapisan terhadap kehilangan agregat selama masa layan.

Secara prinsip, semakin rendah nilai CL maka semakin baik ketahanan lapisan beraspal terhadap abrasi. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa PG 70 lebih unggul dalam menjaga integritas campuran, terutama pada kondisi lalu lintas berat yang berpotensi menyebabkan pelepasan butiran di permukaan jalan. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa penggunaan aspal PG 70 pada campuran HRS-WC mampu memberikan daya tahan abrasi yang lebih baik dibandingkan dengan campuran HRS-WC aspal PEN 60/70, sehingga memberikan peningkatan durabilitas perkerasan jalan.

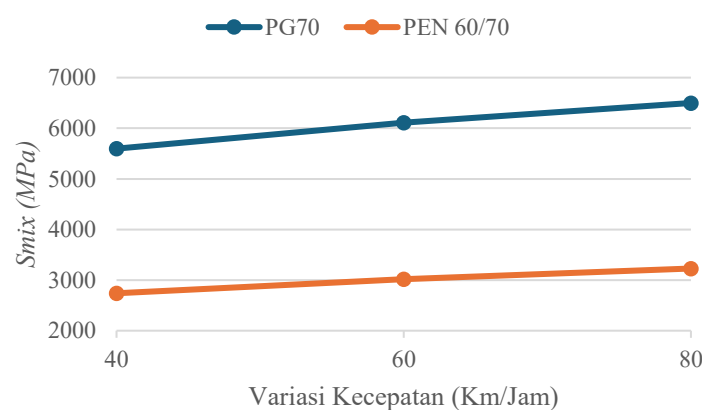
5.2.10 Perbandingan Nilai *Stiffness Modulus* Campuran HRS-WC dengan Bahan Ikat PG70 dan PEN 60/70

Stiffness modulus yang terdiri dari *Sbit* dan *Smix* adalah parameter yang menunjukkan seberapa kaku material aspal dalam menahan beban lalu lintas, di mana nilai yang lebih besar berarti campuran lebih tahan terhadap deformasi. Pada

grafik terlihat bahwa S_{bit} dan S_{mix} meningkat saat kecepatan bertambah karena semakin tinggi kecepatan, semakin singkat waktu kontak ban dengan permukaan sehingga beban menjadi lebih dinamis dan membuat campuran bereaksi lebih kaku. Variasi kecepatan 40, 60, dan 80 km/jam dipilih karena mewakili kondisi jalan di Indonesia, mulai dari kecepatan rendah di area perkotaan, kecepatan sedang di jalan arteri, hingga kecepatan tinggi di jalan raya atau jalan bebas hambatan. Grafik perbandingan nilai *stiffness modulus* pada dengan bahan ikat PG 70 dan PEN 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 berikut ini.



Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Nilai S_{bit} Campuran HRS-WC dengan Bahan Ikat PG 70 dan Pen 60/70



Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Nilai S_{mix} Campuran HRS-WC dengan Bahan Ikat PG 70 dan Pen 60/70

Berdasarkan Gambar 5.21, nilai *Sbit* (Modulus Kekakuan Aspal) untuk kedua jenis bahan pengikat, yaitu PG 70 dan Pen 60/70, menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya kecepatan kendaraan dari 40 km/jam hingga 80 km/jam. Aspal PG 70 menunjukkan nilai *Sbit* yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Pen 60/70, dengan peningkatan dari sekitar 34,81 MPa menjadi 44,93 MPa, sedangkan Pen 60/70 meningkat dari 17,7 MPa menjadi 22,8 MPa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa aspal PG 70 memiliki kekakuan dan daya tahan deformasi yang lebih baik terhadap pengaruh beban berulang pada kecepatan tinggi. Fenomena tersebut selaras dengan penelitian Kumar dkk, (2023) yang menyatakan bahwa peningkatan *grade* aspal berbanding lurus dengan peningkatan kekakuan material, sehingga mampu menahan deformasi permanen.

Berdasarkan Gambar 5.22, nilai *Smix* (Modulus Kekakuan Campuran) juga menunjukkan tren peningkatan terhadap kecepatan. Campuran dengan PG 70 menghasilkan nilai *Smix* tertinggi, meningkat dari sekitar 5596,7 MPa menjadi 6498,75 MPa, sedangkan PEN 60/70 meningkat dari 2738,9 MPa menjadi 3228,4 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa campuran beraspal dengan bahan pengikat PG 70 memiliki modulus kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan PEN 60/70. Nilai *Smix* yang tinggi menandakan campuran memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi akibat beban dinamis dan suhu tinggi, yang berarti performa perkerasan akan lebih stabil dalam jangka panjang. Temuan ini didukung oleh penelitian Aji dkk, (2025) yang menunjukkan bahwa penggunaan aspal modifikasi dapat meningkatkan nilai modulus kekakuan campuran hingga 80–100% dibandingkan aspal konvensional.

5.2.11 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Ikat PEN 60/70 dengan PG 70

Berikut merupakan rekapitulasi signifikansi hasil pengujian bahan ikat PEN 60/70 dan PG 70 terhadap karakteristik mekanik yang disajikan pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Signifikansi Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Karakteristik Mekanik dengan Campuran HRS - WC

Parameter	Stabilitas	Flow	MQ	ITS	CL
Selisih Nilai PEN 60/70 dan PG 70 (%)	32,73	17,85	61,57	5,26	52,27
Hasil Uji	√	√	√	√	√

Keterangan :

√ = signifikan (jika $> 5\%$)

× = tidak signifikan (jika $\leq 5\%$)

Tabel 5.15 menunjukkan bahwa seluruh parameter hasil pengujian karakteristik mekanik berbeda signifikan pada kedua bahan ikat tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan campuran HRS-WC dengan PG 70 dapat dengan signifikan memperbaiki karakteristik mekanik. Berikut merupakan rekapitulasi signifikansi hasil pengujian bahan ikat Pen 60/70 dan PG 70 terhadap karakteristik volumetrik pada campuran HRS-WC dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Signifikansi Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Karakteristik Volumetrik dengan Campuran HRS - WC

Parameter	VITM	VMA	VFWA	density
Selisih Nilai PEN 60/70 dan PG 70 (%)	3,82	4,53	1,83	1,11
Hasil Uji	×	×	×	×

Keterangan :

√ = signifikan (jika $> 5\%$)

×

Tabel 5.16 memperlihatkan bahwa hasil pengujian parameter volumetrik menghasilkan perbedaan yang tidak signifikan pada kedua bahan ikat tersebut. Sehingga penggunaan campuran HRS-WC PG70 tidak memberikan perubahan signifikan pada volumetrik. Berikut rekapitulasi signifikansi hasil pengujian bahan ikat Pen 60/70 dan PG 70 terhadap durabilitas dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Signifikansi Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Terhadap Karakteristik Durabilitas dengan Campuran HRS - WC

Parameter	IRS	TSR
Selisih Nilai PEN 60/70 dan PG 70 (%)	9,48	5,02
Hasil Uji	√	√

Keterangan :

√ = signifikan (jika $> 5\%$)

× = tidak signifikan (jika $\leq 5\%$)

Tabel 5.17 memperlihatkan bahwa hasil pengujian karakteristik durabilitas baik itu IRS maupun TSR menghasilkan perbedaan yang signifikan pada kedua bahan ikat tersebut. Maka dengan penggunaan campuran HRS-WC pada aspal PG 70 dapat memperbaiki secara signifikan parameter mekanik dan durabilitas. Berikut merupakan rincian lebih lanjut mengenai hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Kinerja Campuran HRS - WC

No	Pengujian	Bahan Ikat		Keterangan
		PEN 60/70	PG 70	
1	Stabilitas (kg)	1042,10	1383,24	Pada campuran HRS-WC bahan ikat PG 70 menunjukkan nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRS-WC bahan ikat PEN 60/70. Kondisi ini menandakan PG 70

**Lanjutan Tabel 5.18 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Kinerja
Campuran HRS - WC**

No	Pengujian	Bahan Ikat		Keterangan
		PEN 60/70	PG 70	
				lebih mampu menahan beban lalu lintas. Persen selisih stabilitas keduanya adalah 32,74%.
2	<i>Flow</i> (mm)	3,53	2,90	Nilai <i>flow</i> pada campuran HRS-WC PG 70 lebih rendah dibandingkan campuran HRS-WC PEN 60/70. Hal ini mengindikasikan campuran HRS-WC PEN 60/70 lebih plastis, sedangkan campuran HRS-WC PG 70 lebih kaku. Selisih rata-rata sebesar 17,84%.
3	MQ (kg/mm)	295,21	476,98	Nilai MQ campuran HRS-WC PG 70 lebih tinggi dibandingkan campuran HRS-WC PEN 60/70. Hal ini menunjukkan campuran HRS-WC PG 70 memiliki keseimbangan lebih baik antara stabilitas dan kelenturan. Persen selisih sebesar 61,57%.
4	VITM (%)	4,01	3,85	Nilai VITM pada campuran HRS-WC PG 70 tidak berbeda jauh dengan campuran HRS-WC PEN 60/70. Hal ini menunjukkan kedua

**Lanjutan Tabel 5.18 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Kinerja
Campuran HRS - WC**

No	Pengujian	Bahan Ikat		Keterangan
		PEN 60/70	PG 70	
				bahan ikat memiliki jumlah rongga udara dan kerapatan yang sama sama. Selisih keduanya sebesar 3,82%.
5	VFWA (%)	78,21	79,64	Nilai VFWA campuran HRS-WC PG 70 tidak berbeda signifikan dibandingkan campuran HRS-WC PEN 60/70 menunjukkan rongga campuran sama-sama optimal terlapisi aspal, sehingga kedua bahan ikat sama kedapnya terhadap air. Persen selisihnya sebesar 1,83%.
6	VMA (%)	17,93	7,11	VMA pada kedua bahan ikat memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Sehingga sama-sama memberikan rongga antar agregat yang sama besarnya. Persen selisihnya sebesar 4,54%.
7	<i>Density</i> (gr/cc)	2,255	2,280	Campuran HRS-WC PG 70 tidak berbeda signifikan dengan selisih 1,11%, yang berarti campuran sama rapatnya.
8	IRS (%)	85,52	93,63	Nilai IRS campuran HRS-WC PG 70 lebih tinggi dibandingkan

**Lanjutan Tabel 5.18 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan PG 70 Kinerja
Campuran HRS - WC**

No	Pengujian	Bahan Ikat		Keterangan
		PEN 60/70	PG 70	
				campuran HRS-WC Pen 60/70. Hal ini menunjukkan ketahanan lebih baik. Persen selisih keduanya sebesar 9,49%.
10	ITS (kg/cm ²)	20,35	21,55	Nilai ITS campuran HRS-WC PG 70 lebih tinggi dibandingkan campuran HRS-WC Pen 60/70. Kondisi ini menunjukkan bahwa campuran HRS-WC PG 70 lebih kuat menahan gaya tarik tidak langsung. Persen selisih sebesar 5,26%.
11	TSR (%)	92,22	96,86	Nilai TSR campuran HRS-WC PG 70 lebih tinggi dibandingkan campuran HRS-WC Pen 60/70, yang berarti lebih tahan terhadap kerusakan akibat kelembapan. Persen selisih nilai TSR keduanya adalah 5,02%.
12	CL (%)	2,20	1,05	Nilai CL campuran HRS-WC PG 70 lebih rendah dibandingkan campuran HRS-WC Pen 60/70. Hal ini menunjukkan ketahanan abrasi yang lebih baik. Persen selisih nilai CL sebesar 52,27%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis laboratorium yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahan ikat campuran HRS-WC Pen 60/70 dan campuran HRS-WC PG 70 sama-sama memiliki karakteristik volumetrik seperti VITM, VMA, dan VFVA, serta *density* yang dapat memenuhi spesifikasi campuran HRS. Kedua bahan ikat memiliki hasil volumetrik seperti VITM, VMA, VFVA dan *density* yang tidak berbeda secara signifikan. Nilai persen selisih rata-ratanya didapatkan sebesar 2,825%.
2. Pengaruh bahan ikat terhadap karakteristik mekanik pada campuran HRS-WC bahan ikat PG 70 memiliki karakteristik mekanik seperti stabilitas, kelelahan, MQ, ITS, dan CL yang lebih baik dibandingkan dengan campuran HRS-WC Pen 60/70 dengan persen selisih sebesar 26,98 %. Sehingga dengan penggunaan campuran HRS-WC bahan ikat PG 70 dapat memperbaiki secara signifikan karakteristik mekanik pada campuran HRS-WC.
3. Pengaruh bahan ikat terhadap karakteristik durabilitas dengan melakukan pengujian IRS pada campuran HRS-WC bahan ikat PG 70 menghasilkan peningkatan nilai IRS dan TSR secara signifikan dibandingkan dengan campuran HRS-WC Pen 60/70. Campuran HRS-WC dengan campuran HRS-WC dengan bahan ikat PG 70 dapat menghasilkan nilai IRS 9,48% lebih tinggi dibandingkan dengan Pen 60/70. Campuran HRS-WC dengan bahan ikat PG, menghasilkan nilai TSR berbeda dengan rata-rata persentase peningkatan sebesar 5,02%. Sehingga dengan penggunaan bahan ikat PG 70 pada campuran HRS-WC dapat memperbaiki secara signifikan parameter durabilitas.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Pemilihan jenis aspal Penggunaan PG 70 lebih disarankan dibandingkan PEN 60/70 karena memberikan kinerja stabilitas, kepadatan, dan ketahanan terhadap kelembapan yang lebih baik.
2. Pengendalian parameter volumetrik Parameter seperti VITM, VMA, VFWA, dan densitas perlu dikendalikan dengan ketat agar tetap berada dalam batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, sehingga kualitas campuran tetap optimal.
3. Uji lapangan tambahan Diperlukan pengujian lebih lanjut dengan variasi suhu dan beban lalu lintas untuk memvalidasi performa PG 70 terhadap kondisi nyata di lapangan, terutama pada jalan dengan lalu lintas padat.
4. Pemanfaatan hasil penelitian Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam penyusunan pedoman teknis penggunaan PG 70 pada campuran HRS-WC agar mutu konstruksi jalan di Indonesia semakin meningkat
5. Riset lanjutan Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambahkan modifikasi aspal (misalnya campuran polimer atau aditif lain) guna membandingkan performanya dengan PG 70 dan PEN 60/70, sehingga dapat diperoleh bahan ikat yang lebih ekonomis namun tetap berkualitas tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Absyah, M. R., & Hartatik, N. (2023). Analisis perbandingan penggunaan aspal PEN 60/70 modif PG 70 dengan aspal curah pada campuran AC-WC. *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 3(2), 1275–1289.
- Agustina, E., Wisman, M., & Hadi, Y. M. (2023). Pengaruh penggunaan filler semen Portland pada campuran aspal PG 70 terhadap karakteristik Marshall. *Jurnal Teknik Sipil Unisla*, 9(2), 45–54.
- Aji, R., Prasetyo, D., & Widodo, B. (2025). *Performance Evaluation of Modified Asphalt Binder Using Superpave Method. Journal of Road Engineering*, 18(2), 115–126.
- Al Mamun, A., Gazder, U., Islam, M. K., Arifuzzaman, M., Wahhab, H. A.-A., & Rahman, M. M. (2025). Predicting indirect tensile strength of rejuvenated asphalt mixes using machine learning with high reclaimed asphalt pavement content. *Processes*, 13(5), 1489.
- Al-Mansob, R. A., Hassan, N. A., Airey, G., Jaya, R. P., Mashaan, N. S., & Alduri, A. N. (2017). Moisture damage evaluation of warm mix asphalt incorporating nano materials using multiple cohesion tests. *Construction and Building Materials*, 146, 20–29.
- Alsolieman, H., Fawaz, S. A., & Khan, M. I. (2021). Evaluation and comparison of mechanical properties of various polymer-modified asphalt mixtures. *Applied Sciences*, 11(14), 6547.
- Apteda, P. E., Royyan, M., Putra, Y. A., Romadhon, M. H. S., & Putri, A. M. (2023). Perbandingan karakteristik Marshall pada aspal modifikasi polimer PG70 dengan aspal minyak Pen 60/70 pada proyek preservasi jalan Sidoarjo–Malang. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik (JURRITEK)*, 2(1), 23–31.
- Bahri, S., & Irawan, D. A. S. (2010). Pengaruh limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus terhadap campuran aspal. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 25–32.

- Bina Marga. (2018). Spesifikasi umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- 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).
- Dwi Putri, A., Putra, S., Sulistyorini, R., & Herianto, D. (2022). Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa terhadap durabilitas campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1).
- Gazalie, R., Fauzi, M., Hawinuti, R., & Helmi, M. (2023). Pemanfaatan limbah abu batu bara sebagai filler pada Lataston Lapis AUS (HRS-WC). *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 7(1), 71–85.
- Haryanto, T., & Susanto, B. (2019). Evaluasi parameter Marshall Quotient pada campuran aspal dengan variasi kadar aspal. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 21(1), 55–64.
- Hislop, W. P., & Coree, B. J. (2000). *VMA as a design parameter in hot-mix asphalt. Mid-Continent Transportation Symposium*. Iowa State University.
- Kaffa, N. S. (2025). Perbandingan kinerja campuran beraspal dengan Pen 60/70, PG 70, dan PG 76. *Jurnal Material & Teknik Sipil*.
- Kalangie, B. V. J., Palenewen, S. C. N., & Lamentik, L. G. J. (2024). Perbedaan penggunaan campuran *fly ash* dan *bottom ash* batu bara sebagai *filler* pada campuran beraspal panas jenis lapis tipis aspal beton – *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC). *TEKNO*, 22(90), 1940–1950.
- Karimi, H. R., Khedri, E., Aliha, M. R. M., Shaker, H., & Haghighatpour, P. J. (2023). Repair efficiency evaluation for cracked asphalt mixture pavement in different ambient temperatures using bitumen and polymer concrete as repair materials. *Construction and Building Materials*, 373, 130829.
- Kennedy, T. W., & Anagnos, J. N. (1984). *Wet-dry indirect tensile test for evaluating moisture susceptibility of asphalt mixtures*. Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin.

- Khosla, N. P. (2009). *Evaluation of indirect tensile strength as design criteria*. North Carolina State University, North Carolina Department of Transportation.
- Kumar, S. (2021). *Constructing high performance asphalt pavements by improving in-place pavement density*. U.S. Department of Transportation.
- Kumar, P., Sharma, N., & Gupta, R. (2023). *Influence of Asphalt Grade on Stiffness and Rutting Resistance of Hot Mix Asphalt*. *International Journal of Pavement Engineering*, 24(6), 678–689.
- Li, S., Luo, R., & Zhang, Y. (2018). Effect of PG asphalt binder on volumetric and mechanical properties of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 171, 747–756.
- Li, X., Zhang, Y., & Chen, M. (2020). *Effect of blending penetration asphalt with modified asphalt on performance of asphalt mixtures*. *Road Materials and Pavement Design*, 21(7), 1749–1765.
- Lusyana, L., Syaifullah Ali, S., Mukhlis, M., Rahmadini Fitri, R., & Dessy Chintya Sagita, D. C. (2021). Perbandingan durabilitas campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) menggunakan Aspal Pen 60/70 dan Aspal PG 76. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5, 130–132.
- Mardatillah, R., & Aprizal, F. (2022). Pengaruh penggunaan aspal modifikasi polimer terhadap nilai stabilitas dan kelelahan pada campuran AC-WC. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Infrastruktur*, 3(2), 87–93.
- Muhammad, D. R., & Hadi, M. A. (2025). Pengaruh pasir pantai Glagah Kabupaten Kulon Progo dalam campuran perkerasan aspal *Hot Rolled Sheet (HRS)*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia*, 4(2), 123–132.
- Mariato, K., & Langi, J. E. W. (2020). Pengujian karakteristik campuran HRS-WC menggunakan batu sungai Makawa. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(2), 62–70.
- Mulyono, A. T., Setiawan, I., & Santosa, B. (2023). Performance evaluation of AC-BC asphalt mixture using MFO-modified Asbuton and HDPE plastic.

International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science (IRJMETs), 5(7), 7324–7333.

- Nuswantoro, W., Desriantomy, & 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.
- Putri, M. M., Gusty, S., & Indrayani, P. (2025). Marshall test comparison of asphalt mix PG 70 and asphalt Pen 60/70. *Astonjadro: Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(1), 15–24,
- Rahman, I. Y., Puspitasari, R., & Supriyadi, B. (2025). Evaluasi kinerja campuran beraspal dengan penggunaan aspal PG terhadap ketahanan air (Tesis). Universitas Gadjah Mada.
- Rahman, M. A., Karim, M. R., Hassan, N. A., & Hossain, M. I. (2024). Performance evaluation of asphalt mixtures using PG 70 binder compared to conventional Pen 60/70 asphalt. *International Journal of Pavement Engineering and Technology*, 14(2), 112–123.
- Rahman, M. T., & Adhikari, S. (2020). *Performance grading of asphalt and its correlation with rutting resistance*. *Construction and Building Materials*, 247, 117164.
- Rahman, M. M., Al Mamun, A., Gazder, U., Islam, M. K., Arifuzzaman, M., & Wahhab, H. A.-A. (2024). Performance evaluation of modified PG binders in hot mix asphalt under moisture susceptibility. *Construction and Building Materials*, 403, 133248.
- Soenen, H., Vansteenkiste, S., & De Maeijer, P. K. (2020). Fundamental approaches to predict moisture damage in asphalt mixtures: State-of-the-art review. *Infrastructures*, 5(2), 20.
- Suryana, A., Rachman, F., & Hakim, R. (2022). Performance of asphalt mixture with Asbuton based on Marshall characteristics compacted at hot and cold temperatures. *Proceedings of the International Conference on Civil Engineering and Technology (ICCET)*, 1(1), 45–52.
- Syukuriah, A., Isdyanto, A., & Adha, A. N. (2023). Pengaruh penggunaan serbuk arang tempurung kelapa sebagai bahan pengisi (filler) terhadap karakteristik

- Laston AC-WC. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Keteknikan & Informatika (SENARAI 2023)*, 225–234.
- Tosi, I., Hadi, Y. M., & Wisman, M. (2023). Eksperimen durabilitas aspal modifikasi PG 70 menggunakan limestone (abu batu) sebagai filler terhadap uji Marshall. *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(1), 31–35.
- Trisniati, S. T., Kecamatan, A., Selatan, A., & Kotawaringin Barat, K. (2023). Penggunaan pasir bekas tambang sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran HRS base. *Juristek*, 10(2), 492–501.
- Utomo, R., Prasetyo, A., & Wibowo, H. (2020). Analisis kinerja campuran beraspal dengan pendekatan Marshall. *Jurnal Infrastruktur Sipil*, 8(2), 101–110.
- Wibisono, R. E., & Yuantika, R. (2024). Analisis kualitas Aspal Pertamina dan Aspal PG 70 berdasarkan uji penetrasi menggunakan SNI 2456-2011. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 7(2), 77–79.
- Widhiatmoko, G., & Hadi, M. A. (2025). Analisis perbandingan Marshall pada campuran beraspal menggunakan aspal PG 70 dan PEN 60/70 dengan tambahan serbuk ban karet. *Jurnal Transportasi*, 25(1), 33–42.

LAMPIRAN



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : SNI 2441 - 2011

- 1 Sumber Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
3 Diuji Pada : Juni 2025

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	15,39	15,63
2	Berat vicnometer + Aquadest (gr)	25,96	25,94
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	10,57	10,31
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	16,43	16,78
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	1,04	1,15
6	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	26,01	25,94
7	Berat Aquadest (6 - 4) (gr)	9,58	9,16
8	Volume Aspal (3 - 7) (gr)	0,99	1,15
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,05	1,000
10	Rata-rata BJ Aspal	1,025	



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Gina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

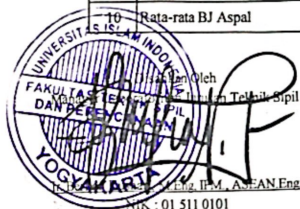
Lampiran 2 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Buton Pracampur

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : SNI 2441 - 2011

- 1 Sumber Material : Aspal Polimer Emulsindo
2 Jenis Material : PG 70
3 Diuji Pada : Juni 2025

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat viciometer kosong (gr)	15,39	15,63
2	Berat viciometer + Aquadest (gr)	25,95	25,92
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	10,56	10,29
4	Berat viciometer + Aspal (gr)	16,4	16,54
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	1,01	0,91
6	Berat viciometer + Aspal + Aquadest (gr)	26,01	25,94
7	Berat Aquadest (6 - 4) (gr)	9,61	9,4
8	Volume Aspal (3 - 7) (gr)	0,95	0,89
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,06	1,022
10	Rata-rata BJ Aspal	1,043	



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

China Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



Lampiran 3 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

RUJUKAN; AASHTO T 49-68, ASTM D 5-71

- 1 Sumber Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
- 2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	27 °C	10.00 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	10.30 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	140 °C	10.30 WIB	
	Selesai	27 °C	13.00 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	25 °C	13.00 WIB	
	Selesai	25 °C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian		Keterangan
	I (mm)	II (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	
1	61	59			
2	60	62			
3	60	61			
4	58	61			
5	62	62			
Rata2	60,2	62			
Rata2	61,1				



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 890444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 4 Pemeriksaan Penetrasi PG 70

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

RUJUKAN: AASHTO T 49-68, ASTM D 5-71

- 1 Sumber Material : Aspal Polimer Emulsindo
- 2 Jenis Material : PG 70
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	27 °C	10.00 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	10.30 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	140 °C	10.30 WIB	
	Selesai	27 °C	13.00 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	25 °C	13.00 WIB	
	Selesai	25 °C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian		Keterangan
	I (mm)	II (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	
1	38	38			
2	37	36			
3	39	40			
4	40	39			
5	42	41			
Rata2	39,2	38,8			
Rata2	39				



Dibuat dan Oleh
M. Eng. I.P.M., ASEAN.Eng.

NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895130
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 5 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR

RUJUKAN; AASITO T 48-74, ASTM D 92-52

- 1 Sumber Material : Pertamina
- 2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	27 °C	09.40 WIB	
	Selesai	330 °C	10.20 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	320 °C	330 °C	
2	Benda uji 2			
3	Rata - rata	320 °C	330 °C	



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

 Peneliti


Ghina Hanifah Farza
NIK : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal PG 70

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR

RUJUKAN; AASHTO T 48-74, ASTM D 92-52

- 1 Sumber Material : Aspal Polimer Emulsindo
2 Jenis Material : PG 70
3 Diuji Pada : Juni 2025

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	27 °C	09.40 WIB	
	Selesai	330 °C	10.20 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	324 °C	330 °C	
2	Benda uji 2			
3	Rata - rata	324 °C	330 °C	

Dibuatkan Oleh
Ir. Muhammad Kurniawan, M.Eng., ASEAN Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalirang km 14.5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftpp@uii.ac.id
W. ftpp.uii.ac.id

Lampiran 7 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEC ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

- 1 Sumber Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
- 2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	5 °C	13.15 WIB	
	Selesai	49 °C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	I	II
1	5 °C	0 detik	0 detik		
2	10 °C	60 detik	60 detik		
3	15 °C	120 detik	120 detik		
4	20 °C	180 detik	180 detik		
5	25 °C	240 detik	240 detik		
6	30 °C	300 detik	300 detik		
7	35 °C	360 detik	360 detik		
8	40 °C	420 detik	420 detik		
9	45 °C	480 detik	480 detik		
10	50 °C	525 detik	527 detik	49°C	49°C



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



Lampiran 8 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal PG 70

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

- 1 Sumber Material : Aspal Polimer Emulsindo
- 2 Jenis Material : PG 70
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	5 °C	13.15 WIB	
	Selesai	55 °C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	I	II
1	5 °C	0 detik	0 detik		
2	10 °C	60 detik	60 detik		
3	15 °C	120 detik	120 detik		
4	20 °C	180 detik	180 detik		
5	25 °C	240 detik	240 detik		
6	30 °C	300 detik	300 detik		
7	35 °C	360 detik	360 detik		
8	40 °C	420 detik	420 detik		
9	45 °C	480 detik	480 detik		
10	50 °C	525 detik	527 detik		
11	55 °C	580 detik	574 detik		
12	60 °C	632 detik	621 detik		
13	65 °C	685 detik	668 detik		
14	70 °C	737 detik	715 detik		
15	75 °C	790 detik	762 detik		
16	80 °C	842,5 detik	809 detik		
17	85 °C	895 detik	856 detik	81°C	81°C



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Jr. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 9 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

RUJUKAN : AASHTO : T - 51 - 74 ; ASTM D - 113 - 69

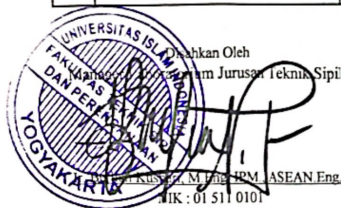
- 1 Contoh dari : Aspal Pertamina Pen 60/70
2 Jenis contoh : Aspal Pertamina Pen 60/70
3 Diperiksa tg : Juni 2025

Persiapan pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan benda uji	Aspal dipanaskan	15 menit	suhu pemans $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2	Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	suhu ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$
3	Perendaman benda uji	Direndam dalam water pada suhu 25°C	60 menit	suhu water bath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4	Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25°C , kecepatan 5 cm per menit	20 menit	suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

Hasil pemeriksaan

No	Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	164 cm	Tidak Putus
2	Sampel 2	164 cm	Tidak Putus
4	Rata-rata	164 cm	



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalurung km 14.5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fsp@uii.ac.id
W. fsp.uii.ac.id

Lampiran 10 Pemeriksaan Daktilitas Aspal PG70

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

RUJUKAN : AASHTO : T - 51 - 74 ; ASTM D - 113 - 69

- 1 Contoh dari : Aspal Polimer Emulsindo
2 Jenis contoh : PG 70
3 Diperiksa tg : Juni 2025

Persiapan pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan benda uji	Aspal dipanaskan	15 menit	suhu pemans $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2	Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	suhu ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$
3	Perendaman benda uji	Direndam dalam water pada suhu 25°C	60 menit	suhu water bath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4	Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25°C , kecepatan 5 cm per menit	20 menit	suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

Hasil pemeriksaan

No	Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	63 cm	Putus
2	Sampel 2	67 cm	Putus
4	Rata-rata	65 cm	



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

[Signature]
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

[Signature]
Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran II Pemeriksaan Klarutan Aspal PEN 60/70 dalam TCE

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCIA/TCE

RUJUKAN : AASHTO T - 44 - 70 ; ASTM D - 165 - 42

- 1 Sumber Material : Pertamina
- 2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

Persiapan pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
1	Persiapan	Mulai	13.20	WIB 28 °C
		Selesai	13.30	WIB 28 °C
2	Penimbangan	Mulai	13.30	WIB 28 °C
3	Pelarutan	Mulai	13.40	WIB 28 °C
4	Penyaringan	Mulai	13.45	WIB 28 °C
		Selesai	14.15	WIB 28 °C
5	Di Oven	Mulai	14.15	WIB 130 °C
6	Peminbangan	Mulai	14.30	WIB 28 °C

Hasil pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Benda Uji		Keterangan
		1	2	
1	Berat erlen meyer kosong	58,580 gr	56,110 gr	
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	59,400 gr	57,530 gr	
3	Berat Aspal (2 - 1)	0,820 gr	1,420 gr	
4	Berat kertas saring bersih	0,540 gr	0,550 gr	
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,550 gr	0,560 gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,010 gr	0,010 gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	1,220 %	0,704 %	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	98,780 %	99,296 %	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,038		%



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIK : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 878444 ext. 3200, 3201
F. (0274) 875130
E. dekanat@uii.ac.id
W. <http://uii.ac.id>

Lampiran 12 Pemeriksaan Kelarutan Aspal PG 70 dalam TCE

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

RUJUKAN : AASHTO T - 44 - 70 ; ASTM D - 165 - 42

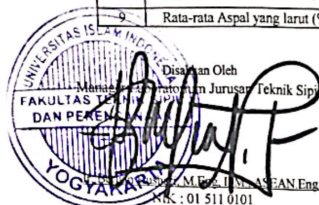
- 1 Sumber Material : Aspal Polimer Emulsindo
- 2 Jenis Material : PG 70
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

Persiapan pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
1	Persiapan	Mulai	13.20 WIB	28 °C
		Selesai	13.30 WIB	28 °C
2	Penimbangan	Mulai	13.30 WIB	28 °C
3	Pelarutan	Mulai	13.40 WIB	28 °C
4	Penyaringan	Mulai	13.45 WIB	28 °C
		Selesai	14.15 WIB	28 °C
5	Di Oven	Mulai	14.15 WIB	130 °C
6	Peminangan	Mulai	14.30 WIB	28 °C

Hasil pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Benda Uji		Keterangan
		1	2	
1	Berat erlen meyer kosong	58,600 gr	56,190 gr	
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	59,600 gr	57,530 gr	
3	Berat Aspal (2 - 1)	1,000 gr	1,340 gr	
4	Berat kertas saring bersih	0,540 gr	0,550 gr	
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,541 gr	0,551 gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,001 gr	0,001 gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	0,100 %	0,075 %	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	99,900 %	99,925 %	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,913		%



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 13 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

RUJUKAN : SNI 03-1969-2008

- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
2 Jenis Material : Agregat Kasar
3 Diuji Pada : Juni 2025

No.	Keterangan	Benda uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ) gr	1635,10	1637,25	1636,18
2	Berat benda uji dalam Air (BA) gr	1000,25	1000,39	1000,32
3	Berat benda uji dkering oven (BK) gr	1600,78	1601,89	1601,34
4	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,522	2,515	2,518
5	Berat jenis (SSD) = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,576	2,571	2,573
6	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,666	2,663	2,664
7	Penyerapan air = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	2,144	2,207	2,176
8	Berat Jenis Efektif = $(BJ \text{ Bulk} + BJ \text{ Semu})/2$	2,594	2,589	2,591



Disahkan Oleh
Nidhiya Dharman Jurusan Teknik Sipil
Ir. Berlian Sumari, M.Eng, IPM, ASEAN Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 14 Pemeriksaan Kelekatatan Agregat Terhadap Aspal

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

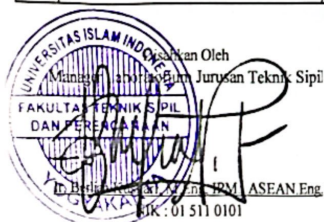
- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Kasar
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

Persiapan pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Suhu	Waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda Uji			
	Mulai	25°C	08.00 WIB	
	Selesai	150°C	08.15 WIB	
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang			
	Mulai	150°C	08.15 WIB	
	Selesai	25°C	09.45 WIB	
3	Perendaman benda uji			
	Mulai	25°C	09.45 WIB	
	Selesai	25°C	10.15 WIB	

Hasil pemeriksaan

No	Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	99%	
2	Sampel 2	97%	
	Rata-rata	98%	



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

Peneliti

Ghina Haniffah Farza
NIM : 21 511 221



Lampiran 15 Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR

AASHTO T 96 - 77 ; SNI 2417 : 2008

- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Kasar
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No	Jenis Gradasi		B		Keterangan
	Saringan		Benda Uji (gram)		
	Lolos	Tertahan	1	2	
1	72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")			
2	63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")			
3	50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")			
4	37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")			
5	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")			
6	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500,00	2500,00	
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500,00	2500,00	
8	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")			
9	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (4")			
10	04.75 mm (No 4)	02.36 mm (No 8)			
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000,00	5000,00	
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		3937,00	4123,00	
13	KEAUSAN $100x = \frac{(A-B)}{A} \times 100\%$		21,260	17,540	
17	Rata-rata Keausan (%)		19,40		



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3290, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp@uii.ac.id

Lampiran 16 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

RUJUKAN : SNI 1970 - 2008

- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Kasar
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No.	Keterangan	Benda uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ) gr	500,00	500,00	
2	Berat Vicnometer + Air (B) gr	704,53	697,90	
3	Berat Vicnometer + Air + benda uji (BT) gr	1003,73	1000,28	
4	Berat benda uji kering oven (BK)	492,46	493,55	
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B + 500) - BT}$	2,452	2,497	2,475
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B + 500) - BT}$	2,490	2,530	2,510
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B + BK) - BT}$	2,548	2,582	2,565
8	Penyerapan air = $\frac{(500 - BK)}{BK} \times 100\%$	1,531	1,307	1,419
9	Berat Jenis Efektif = (BJ Bulk + BJ Semu)/2	2,500	2,540	2,520



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

China Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895130
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 17 Pemeriksaan Sand Equivalent

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

RUJUKAN : SNI 3423-2008

- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Halus
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No.	Keterangan		Benda uji		Rata-rata
			1	2	
1	Persiapan, dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl_2 selama (± 10.1 menit).	Mulai	15.40	15.40	
		Selesai	15.50	15.50	
2	Waktu pengendapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x, dan di tambah larutan CaCl_2)	Mulai	15.55	15.55	
		Selesai	16.15	16.15	
4	Clay reading (Pembacaan Lumpur) Inchi		4,42	4,50	4,46
5	Sand reading (Pembacaan Pasir)		4,13	4,20	4,16
6	$\text{Sand Equivalent} = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100 \%$		93,44	93,27	93,35
7	Kandungan Lumpur = 100 - SE		6,56	6,73	6,65



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

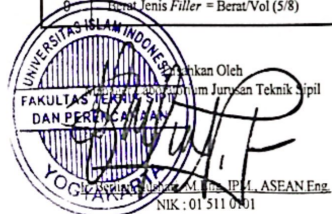
Lampiran 18 Pemeriksaan Berat Jenis Filler Debu

PEMERIKSAAN BERAT JENIS FILLER DEBU

RUJUKAN : SNI 2441-2011

- 1 Jenis Material : Filler Abu Batu
- 2 Sumber Material : Clereng
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No.	Keterangan	Benda uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat Vicnometer Kosong gr	20,45	23,81	
2	Berat Vicnometer + Air gr	42,49	46,97	
3	Berat Vicnometer (2-1) gr	22,04	23,16	
4	Berat Vicnometer + Filler gr	28,54	30,29	
5	Berat Filler (4-1) gr	8,090	6,480	7,29
6	Berat Vicnometer + Filler + Aquadest gr	47,800	50,910	49,36
7	Berat Aquadest (6-4) gr	19,260	20,620	19,94
8	Volume Filler (3-7) gr	2,775	2,540	2,66
9	Berat Jenis Filler = Berat/Vol (5/8)	2,915	2,551	2,733



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

HASIL PENGUJIAN MARSHALL KAO ASPAL PEN 60/70 DENGAN METODA MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)

No.	Tinggi	Berat Jenis		Berat (Gram)			Bj		(%)			Stabilitas		Kekerasan	Marshall
Benda Uji	Benda Uji	Kadar Aspal B	Maks. Campuran C	di Udara D	dalam Air E	SSD F	Isi G	Bulk Campuran H	Rongga dlm camp (VITM) I	2 Agreg (VMA) J	Rongga terisi Aspal (VFA) K	di Baca L	di Sesuaikan M	Plastis (Flow) N	Quotient (MO) O
A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		% Total Campuran	100 - B + C	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	F - E	D / G	C - H x 100 C	100 - (H x (100-B) / Gsb	B x H / T (B x H / T) - 1 x 100	Data Pemboh. Prov. Rong.	Nilai Stabilitas (ksi)	Data Pemboh. Lab.	M
1	63.54	6,00	2.386	1.174.83	651.27	1.177.97	526,70	2.231				64,0	867,1	2,30	
2	64.59			1.171.23	653.41	1.174.56	521,15	2.247				67,0	907,8	3,20	
3	65.38			1.161.36	652.12	1.164.61	512,49	2.266				65,0	853,6	2,70	
3	64.50			1.169.14	652.27	1.172.38		2.248	5,79	17,13	69,43	64,7	876,0	2,73	320,49
1	62.83	6,50	2.370	1.174.76	655.32	1.178.32	523,00	2.246				69,0	993,0	2,80	
2	63.61			1.171.29	654.21	1.176.32	522,11	2.243				66,0	949,8	3,20	
3	63.44			1.170.43	655.87	1.172.17	516,30	2.267				65,0	935,4	2,40	
3	63.29			1.172.16	655.13	1.175.60		2.252	4,95	17,43	74,25	66,7	959,0	2,80	342,50
1	62.51	7	2.353	1.170.34	653.43	1.172.43	519,00	2.255				69,0	972,0	2,30	
2	65.45			1.171.29	654.21	1.174.53	520,32	2.251				70,0	987,0	3,00	
3	61.31			1.173.87	652.44	1.176.76	524,32	2.239				71,0	1.001,1	3,70	
3	63.09			1.171.83	653.36	1.174.57		2.248	4,46	18,01	77,48	70,0	987,0	3,00	329,00
1	63.76	7,5	2.337	1.175.43	655.47	1.178.60	523,13	2.247				62,0	889,5	3,50	
2	65.21			1.169.92	649.12	1.175.09	525,97	2.224				66,0	946,9	3,10	
3	61.29			1.172.51	652.32	1.177.62	525,30	2.232				61,0	875,1	3,00	
3	63.42			1.172.62	652.30	1.177.10		2.234	4,39	18,96	78,82	63,0	903,0	3,20	282,19
1	63.55	8	2.321	1.170.26	654.32	1.175.31	520,99	2.246				60,0	824,8	4,40	
2	64.81			1.168.38	645.12	1.173.52	528,40	2.211				62,0	852,3	3,40	
3	63.62			1.160.43	642.01	1.164.21	522,20	2.222				63,0	866,0	2,50	
	64.00			1.166.36	647.15	1.171.01		2.226	4,08	19,69	80,97	61,7	847,0	3,43	246,70
									4-6	18	68		mm 500	2 - 4	200 - 350



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

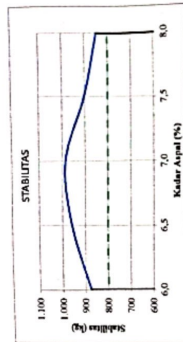
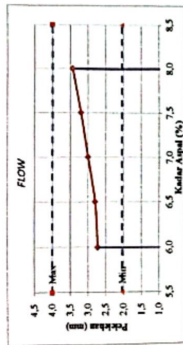
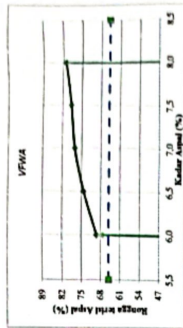
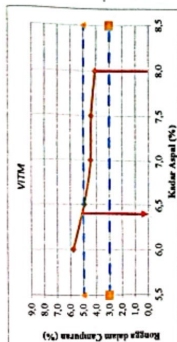
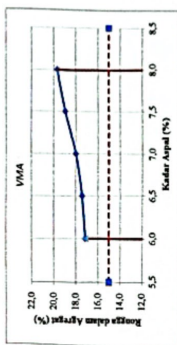
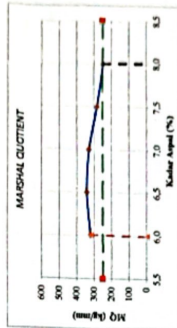
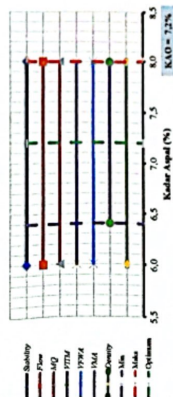
Ghina Hamidah Farza
NIM : 21 511 221



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung RII, Muli, Negeri
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 886444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fkip@uii.ac.id
W. fkip@uii.ac.id



Oleh
Nama
Jenis Sipi

Menggambar
Kadar Aspal

Yogyakarta, November 2025
Penulis
Gloria Mantihi Purno
NIM. 21 511 221

HASIL PENGUJIAN MARSHALL KAO ASPAL PG 70
DENGAN METODE MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Beras Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)	di Udara	dalam Air	SSD	Isi	Bj. Bulk Campuran	Rongga dim camp (VTM)	2 (%)	Rongga tersu Aspal (VFA)	di Baza	Serabilitas	Serabilitas di Serabilitas	Maksimal Plasir (Flow)	Maksimal Quotient (MO)
1	67.267																
2	65.943																
3	65.19																
1	62.263																
2	62.007																
3	68.093																
1	64.254																
2	62.343																
3	62.443																
1	63.49																
2	60.013																
3	62.463																
1	61.323																
2	63.857																
3	61.59																

Yogyakarta, November 2025

Peneliti

Mengetahui
Kalib. Jalan Raya



Il. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

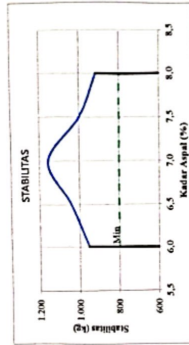
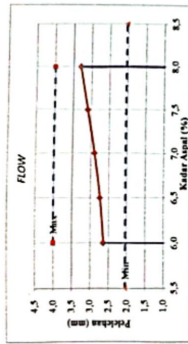
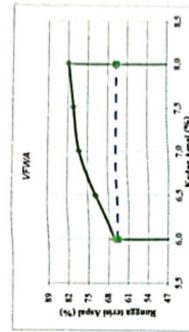
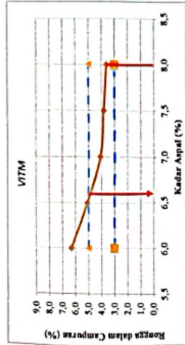
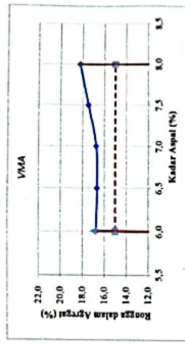
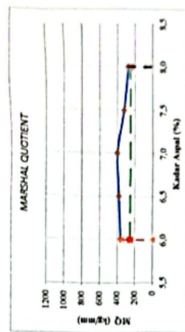
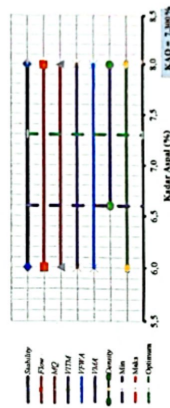
China Hamidah Farza
NIK : 21 511 221



UNIVERSITAS
ISLAM
YOGYAKARTA
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung Rte. Muli. Marzu
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14.5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 899444 ext 2020, 3201
F. (0274) 899330
E. dekanat@uii.ac.id
W. uii.ac.id



Yogyakarta, November 2023
Peneliti

Mengesahkan
Kaharudin Nuzul
Jr. Muhammad Anshul Huda, S.T., M.T.
NIK. 21 511 1307

Yogyakarta, November 2023
Peneliti

Yogyakarta, November 2023
Peneliti

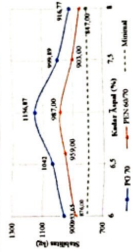


UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

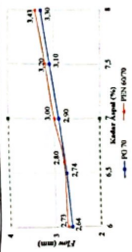
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung K1, Muli, Negeri
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 899444 ext 2200, 2201
F. (0274) 895330
E. dekanat@uii.ac.id
<http://uii.ac.id>

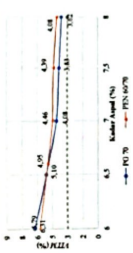
Jurnal Uraian Berat				
K-Adm Aspek	PTS (%)	K-Adm Aspek	PTS (%)	PTS (Nilai)
6,5	93,10	6	93,10	93,10
7	93,10	7	93,10	93,10
7,5	93,10	7,5	93,10	93,10
8	93,10	8	93,10	93,10



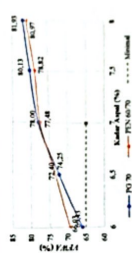
Jurnal Uraian Berat				
K-Adm Aspek	PTS (%)	K-Adm Aspek	PTS (%)	PTS (Nilai)
6,5	93,10	6	93,10	93,10
7	93,10	7	93,10	93,10
7,5	93,10	7,5	93,10	93,10
8	93,10	8	93,10	93,10



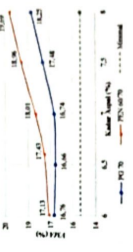
Jurnal Uraian Berat				
K-Adm Aspek	PTS (%)	K-Adm Aspek	PTS (%)	PTS (Nilai)
6,5	5,10	6	6,5	4,5
7	4,08	7	3	4,40
7,5	3,62	8	3	3,8
8	3,62	8	3	4,5



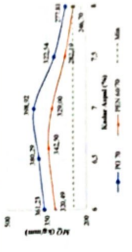
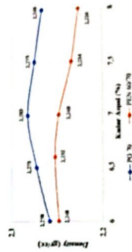
Jurnal Uraian Berat				
K-Adm Aspek	PTS (%)	K-Adm Aspek	PTS (%)	PTS (Nilai)
6,5	72,40	6	6,5	74,25
7	78,00	7	7	75,48
7,5	81,10	7,5	7,5	75,72
8	81,10	8	8	80,17



Jurnal Uraian Berat				
K-Adm Aspek	PTS (%)	K-Adm Aspek	PTS (%)	PTS (Nilai)
6,5	16,50	6	6,5	17,1
7	16,74	7	7	17,1
7,5	16,25	7,5	7,5	16,9
8	16,25	8	8	16,9



Jurnal Uraian Berat				
K-Adm Aspek	PTS (%)	K-Adm Aspek	PTS (%)	PTS (Nilai)
6,5	100,78	6	6,5	120,44
7	100,78	7	7	121,2
7,5	100,78	7,5	7,5	121,2
8	100,78	8	8	121,2



Jurnal Uraian Berat				
K-Adm Aspek	PTS (%)	K-Adm Aspek	PTS (%)	PTS (Nilai)
6,5	2,278	6	2,282	2,282
7	2,283	7	2,284	2,284
7,5	2,275	7,5	2,274	2,274
8	2,266	8	2,259	2,259

Yogyakarta, November 2023

Mengajar
Kuliah

China University
SAM 21-11-21

Yogyakarta, November 2023

Yogyakarta, November 2023

Yogyakarta, November 2023



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

HASIL PENGUJIAN MARSHALL SETELAH KAO ASPAL PEN 60/70
DENGAN METODA MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal B	Berat Jenis Maks. Campuran C	Berat (Gram)			Isi G	Bj Bulk Campuran H	(%)			Stabilitas		Kelelahan Plastis (Flow) N	Marshall Quotient (MQ) O
				di Udara D	dalam Air E	SSD F			Rongga dlm camp (VITM) I	2 Agregt (VMA) J	Rongga terisi Aspal (VFWA) K	di Baca L	di Sesuaikan M		
		% Total Campuran	$\frac{100}{100-B} + \frac{B}{T}$ Gsc	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	F - E	D / G	$C - H \times 100$ C	$100 - (H \times (100-B)) / Gsb$ J	$\frac{B \times H / T}{(B \times H / T) + I \times 100}$ K	Data Pembc. Prov. Ring L	Nilai Stabilitas (kg) M	Data Pembc. Lab N	M
1	64,1067	7,20	2,350	1.170,00	652,5	1.173,10	520,60	2,247	4,36	18,23	78,21	75,0	972,9	3,96	245,68
2	61,64			1.171,30	654,62	1.174,00	519,38	2,255	4,02	17,94	79,62	82,0	1.063,7	3,40	312,86
3	64,8833			1.171,60	657,92	1.175,50	517,58	2,264	3,64	17,61	81,24	84,0	1.089,7	3,21	339,46
	63,5433			1.170,97	655,01	1.174,20		2,255	4,01	17,93	79,69	80,3	1.042,1	3,53	295,21
									3-5	>15	>65		min 800	2 - 4	200 - 350



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

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

**HASIL PENGUJIAN MARSHALL SETELAH KAO ASPAL PG 70
DENGAN METODA MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)**

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)			Isi	Bj Bulk Campuran	(%)			Stabilitas		Kelembahan Plastis (Flow)	Marshall Quotient (M Q)
				di Udara	dalam Air	SSD			Rongga dlm camp (VITM)	2 Agrgt (VMA)	Rongga terisi Aspal (VFA)	di Baca	di Sesuaikan		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		% Total Campuran	$\frac{100}{100-B + \frac{B}{T}}$	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	F - E	D / G	$C \cdot H \times 100$	$100 - \frac{(H \times (100-B))}{Gsb}$	$\frac{B \times H / T}{(B \times H / T) + I \times 100}$	Data Pembe. Prov. Ring	Nilai Stabilitas (kg)	Data Pembe. Lab	M
1	68.2133	7,30	2,371	1.168,22	670	1.183,62	513,62	2,274	4,11	17,33	78,53	117,0	1.466,8	3,00	488,94
2	65.3167			1.170,52	673,00	1.186,00	513,00	2,282	3,77	17,04	80,00	113,0	1.416,7	2,80	505,96
3	66.5233			1.175,20	673,49	1.188,00	514,51	2,284	3,68	16,97	80,40	101,0	1.266,2	2,90	436,63
	66.6844			1.171,31	672,16	1.185,87		2,280	3,85	17,11	79,64	110,3	1.383,2	2,90	476,98
									3-5	>15	>65		min 800	2 - 4	200 - 350



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

Peneliti

Ghina Hamidah Farza
NIM : 21 511 221

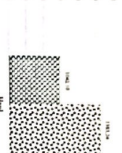


FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung VII, Mah. Nurul
Kampus Himpunan Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 200, 3031
F. (0274) 895350
E. dekanat@himpunanid.ac.id
W. <http://uicid.ac.id>

B.L.N. 1P		
Parameter	Before Test	After
Substrat	PT.N.6/79	1.68 x 1.4
Flow	PT.N.6/79	2.36
VTM	PT.N.6/79	79.21
VTM	PT.N.6/79	79.84
VTM	PT.N.6/79	8.01
VTM	PT.N.6/79	8.01
VTM	PT.N.6/79	17.41
MQ	PT.N.6/79	294.11
MQ	PT.N.6/79	2.26
Densitas	PT.N.6/79	2.28

Substrat (kg)



Flow (mm)



62



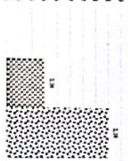
45



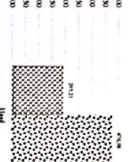
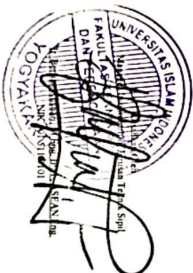
260



Density (gr/cm)



MQ (kg/cm)



Mengajar
Kelas Bimbingan
L.N.6/79, Ar-Raniry, S. NIT
NIM. 21.911.1307

Yogyakarta, November 2023
Peneliti
Gina Hudaib Liza
NIM. 21.911.231



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PENGUJIAN IRS

PEN 60/70

	Tebal Sampel (mm)				koreksi	Arloji Stability			Flow (mm)		Stability (kg)			Angka Koreksi			
	1	2	3	rata2		awal	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX
1	64.40	63.90	62.80	63.70	1.00	60	14.33	859.83	2	0,02	855.53	890,27	600	63,5	65,1	1	0.96
2	64.90	61.30	62.30	62.83	1.02	62	14.33	888.49	2		903.29			61,9	63,5	1.04	1
3	65.50	54.30	62.19	60,66	1.08	59	14,33	845,49	2		911,99			60,3	61,9	1.09	1.04

PG 70

1	65.90	65.70	66.20	65.93	0.94	105	14.33	1504.69	3	0,03	1421.00	1296,94	600	65,1	66,7	0.96	0.93
2	65.70	65.37	64.90	65.32	0.96	96	14.33	1375.72	3		1314.93			65,1	66,7	0.96	0.93
3	66.20	65.80	65.20	65,73	0.95	85	14.33	1218,09	4		1154,90			65,1	66,7	0.96	0.93

Disahkan Oleh
Muh. H. Fauzan
Juruas Teknik Sipil
Ir. Muh. H. Fauzan, M.Eng., P.M. JASS, N.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Azzam Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Pencliti

Ghina Hanifah Farza
NIK : 21 511 221

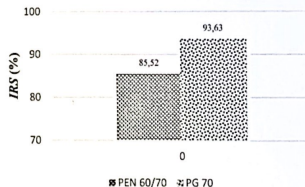


FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

REKAP ITS DAN TSR

Jenis	Ke	stabilitas	stabilitas	IRS
		0.5 jam (kg)	24 jam (kg)	%
PEN 60/70	1	972,91	855,53	87,93
	2	1063,72	903,29	84,92
	3	1089,66	911,99	83,69
PG 70	1	1466,82	1421,00	96,88
	2	1416,67	1314,93	92,82
	3	1266,23	1154,90	91,21



Jenis	IRS
PEN 60/70	85,52
PG 70	93,63

Disahkan Oleh
Manajemen Jurusan Teknik Sipil



Ir. Berlian Kushari, M.Eng. IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

Peneliti

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



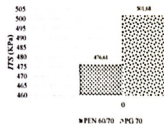
**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

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

HASIL PENGUJIAN ITS

PEN 60/70																															
Kadar Aspal	Tebal Sampel				koreksi	Diameter Sampel				A0	Arloji Stability				Stabilitas				Angka Koreksi Tebal				Angka Koreksi Diameter				ITS 0 JAM				REKAP
	(mm)					(Inchi)									(kg)				Tebal Sampel		Koreksi		Tebal Sampel		Koreksi						
	1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		Meas	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX		
	1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
7,20%	64.70	64.40	64.90	64.67	0.97	4.00	3.98	4.17	4.05	0.15	14	14.33	200.63	194.77	202.24	-	63.5	65.1	1	0.96	4	4.1	0.156	0.152	454.74	476.61	-	4.64	4.86		
	64.50	63.30	63.80	63.87	0.99	4.12	4.00	4.13	4.09	0.15	14	14.33	200.63	198.79			63.5	65.1	1	0.96	4	4.1	0.156	0.152	465.75			4.75			
	64.00	62.90	64.60	63.83	0.99	4.04	3.99	4.01	4.01	0.16	15	14.33	214.96	213.16			63.5	65.1	1	0.96	4	4.1	0.156	0.152	509.33			5.20			

PG 70																																
Kadar Aspal	Tebal Sampel				koreksi	Diameter Sampel				A0	Arloji Stability				Stabilitas				Angka Koreksi Tebal				Angka Koreksi Diameter				ITS 0 JAM				REKAP	
	(mm)					(Inchi)									(kg)				Tebal Sampel		Koreksi		Tebal Sampel		Koreksi		Kpa					
	1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		Meas	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN		MAX
7,30%	64.70	64.50	67.60	65.60	0.95	4.07	4.00	4.15	4.07	0.15	16	14.33	229.29	217.97	219,05	-	65.1	66.7	0.96	0.93	4	4.1	0.156	0.152	498.56	501,68	-	5.09	5.12			
	66.00	66.30	64.40	65.57	0.95	4.15	4.04	4.11	4.10	0.15	17	14.33	243.62	231.74			65.1	66.7	0.96	0.93	4	4.1	0.156	0.152	526.88			5.37				
	64.40	66.20	64.10	64.90	0.97	4.09	4.05	4.09	4.07	0.15	15	14.33	214.96	207.43			63.5	65.1	1	0.96	4	4.1	0.156	0.152	479.59			4.89				



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 01 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

China Hanifah Farza
NIM : 21 511 221



FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

HASIL PENGUJIAN TSR

PEN 60/70																													
Kadar Aspal	Tebal Sampel				koreksi	Diameter Sampel				A0	Arloji Stability			Stabilitas		Angka Koreksi Tebal				Angka Koreksi Diameter				ITS 0 JAM			Rekap		
	(mm)					(Inchi)								(kg)		Tebal Sampel		Koreksi		Tebal Sampel		Koreksi		Kpa					
	1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		Meas	kalibras	Adjust	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	awal	rata2		MIN	
7.20%	62.80	61.40	63.10	62.43	1.03	4.03	4.06	4.04	4.04	0.15	12	14.33	171.97	176.55	180.84	600	61.9	63.5	1.04	1	4	4.1	0.156	0.152	427.66	439.20	600	4.36	4.48
	61.80	62.40	63.20	62.47	1.03	3.98	4.09	4.00	4.02	0.16	12	14.33	171.97	176.41			61.9	63.5	1.04	1	4	4.1	0.156	0.152	429.27			4.70	
	62.20	62.60	63.60	62.80	1.02	3.99	4.04	4.00	4.01	0.16	13	14.33	186.30	189.56			61.9	63.5	1.04	1	4	4.1	0.156	0.152	460.68				

PG 70																													
Kadar Aspal	Tebal Sampel				koreksi	Diameter Sampel				A0	Arloji Stability				Stability		Angka Koreksi Tebal				Angka Koreksi Diameter				ITS 0 JAM			Rekap	
	(mm)					(Inchi)									(kg)		Tebal Sampel		Koreksi		Tebal Sampel		Koreksi		Kpa				
	1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		Meas	Kalibras	Adjust	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	awal	rata2	MIN		
7,30%	63.14	65.01	65.76	64.64	0.97	4.00	3.99	4.07	4.02	0.16	15	14.33	214.96	208.85			63.5	65.1	1	0.96	4	4.1	0.156	0.152	491.80			5.02	4.96
	64.55	64.99	65.69	65.08	0.96	4.00	3.99	4.05	4.01	0.16	16	14.33	229.29	220.25	207.42	600	63.5	65.1	1	0.96	4	4.1	0.156	0.152	515.83	485.98	600	4.56	5.26
	64.59	64.93	65.45	64.99	0.96	4.00	4.06	4.06	4.04	0.15	14	14.33	200.63	193.15			63.5	65.1	1	0.96	4	4.1	0.156	0.152	450.30				

Disahkan Oleh
Ketua Program Jurusan Teknik Sipil

[Signature]

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

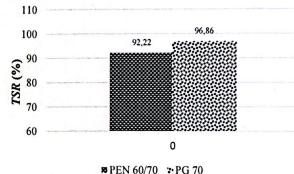
[Signature]
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

[Signature]
Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221

REKAP ITS DAN TSR

Jenis	Ke	ITS		TSR %
		0.5 jam (kg)	24 jam (kg)	
PEN 60/70	1	454,74	427,66	94,05
	2	465,75	429,27	92,17
	3	509,33	460,68	90,45
PG 70	1	498,56	491,80	98,64
	2	526,88	515,83	97,90
	3	479,59	450,30	93,89



Jenis	TSR
PEN 60/70	92,22
PG 70	96,86

Disahkan Oleh
Manajemen Laboratorium Jurusan Teknik Sipil


Ir. Berlian Kusnadi, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya


Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
 Peneliti

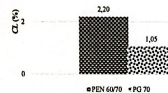

Ghina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221

HASIL PENGUJIAN CL

Aspal PEN 60/70						
Metode	No.	Keterangan	Rumus	Benda uji		
				1	2	3
1	1	Berat Sebelum Abrasi		1178,37	1181,85	1184,00
	2	Berat Sesudah Abrasi		1156,67	1148,59	1161,04
	3	Persentase Kehilangan Berat		1,84	2,81	1,94
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler		2,20		

Aspal PG 70						
1	1	Berat Sebelum Abrasi		1180,89	1185,27	1183,05
	2	Berat Sesudah Abrasi		1168,62	1172,94	1170,27
	3	Persentase Kehilangan Berat		1,04	1,04	1,08
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler		1,05		

REKAP		
Jenis Gradasi		Hasil
PEN 60/70		2,20
PG 70		1,05



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025
Peneliti

Githina Hanifah Farza
NIM : 21 511 221