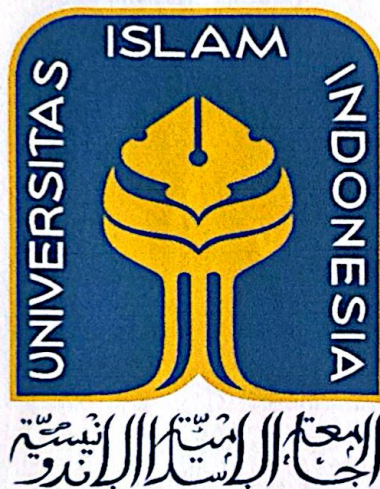


TUGAS AKHIR

**Studi Komparasi Kinerja Perkerasan Bergradasi *Superpave* pada
penggunaan Aspal Buton dan Aspal PEN 60/70
(*Comparative Study of Superpave Graded Pavement
Performance Using Buton Asphalt and PEN 60/70 Asphalt*)**

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



YAFI DZAKIA MUTTAQIN

21511214

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

2025

TUGAS AKHIR

Studi Komparasi Kinerja Perkerasan Bergradasi *Superpave* pada penggunaan Aspal Buton dan Aspal PEN 60/70

***(Comparative Study of Superpave Graded Pavement
Performance Using Buton Asphalt and PEN 60/70 Asphalt)***

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



YAFI DZAKIA MUTTAQIN

21511214

**Disetujui :
Pembimbing**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ir. Muhamad Abdul Hadi', written over a horizontal line.

**Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
Tanggal : 13 November 2025**

TUGAS AKHIR

Studi Komparasi Kinerja Perkerasan Bergradasi *Superpave* pada penggunaan Aspal Buton dan Aspal PEN 60/70 (*Comparative Study of Superpave Graded Pavement Performance Using Buton Asphalt and PEN 60/70 Asphalt*)

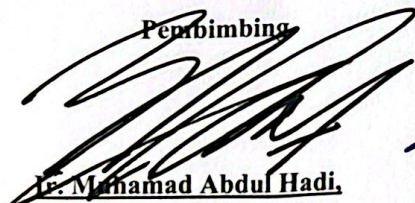
Disusun Oleh

YAFI DZAKIA MUTTAQIN

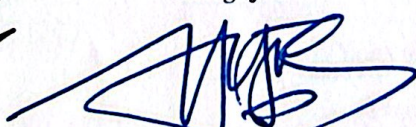
21511214

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

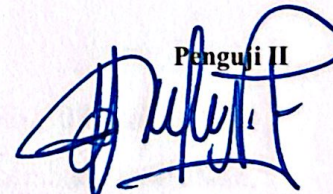
Pembimbing


Ir. Muhammad Abdul Hadi,
S.T., M.T.
NIK : 215111307

Oleh Dewan Penguji
Penguji I

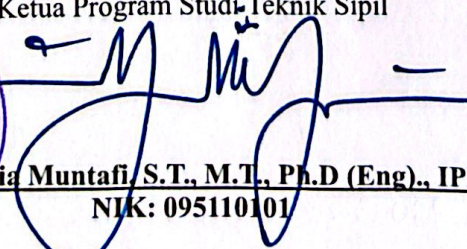

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D
NIK : 955110103

Penguji II


Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng,
IPM., ASEAN. Eng.
NIK : 015110101

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil




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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan 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, 30 Oktober 2025

Yang membuat pernyataan,



Yafi Dzakia Muttaqin

(21511214)

DEDIKASI

Alhamdulillahirabbilalamin

“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 Komparasi Kinerja Perkerasan Bergradasi *Superpave* pada penggunaan Aspal Buton dan Aspal PEN 60/70 (*Comparative Study of Superpave Graded Pavement Performance Using Buton Asphalt and PEN 60/70 Asphalt*) 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., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing dan memberikan arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng, IPM., ASEAN. Eng. dan Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D 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 Sukamto dan Mas Giri Widhiatmoko selaku laboran Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan yang telah banyak membantu penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Ghina Hanifah Farza, Muhammad Fathan Ariefka, 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.

6. 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, 30 Oktober 2025

Yang membuat pernyataan,



Yafi Dzakia Muttaqin

(21511214)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
DEDIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Tentang Penggunaan Aspal Buton	5
2.2 Penelitian Tentang <i>Superpave</i>	6
2.3 Perbandingan Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Perkerasan Jalan	11
3.2 Jenis-Jenis Perkerasan Jalan	11
3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur Jalan	13
3.3.1 Agregat	13

3.3.2	Aspal	15
3.4	Campuran <i>Superpave</i>	17
3.5	Penentuan Nilai Kadar Aspal Campuran <i>Superpave</i>	18
3.6	Karakteristik Marshall Standard	19
3.6.1	Stabilitas (<i>Stability</i>)	19
3.6.2	Kelelahan (<i>Flow</i>)	20
3.6.3	<i>Void in the Total Mix</i> (VITM)	20
3.6.4	<i>Marshall Quotient</i> (MQ)	20
3.6.5	Kepadatan (<i>Density</i>)	21
3.6.6	<i>Void Filled With Asphalt</i> (VFWA)	21
3.6.7	<i>Void in Mineral Agregate</i> (VMA)	22
3.7	Pengujian <i>Index of Retained Strength</i> (IRS)	22
3.8	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> (ITS)	23
3.9	<i>Tensile Strength Retained</i> (TSR)	23
3.10	<i>Contabro Loss</i> (CL)	24
BAB IV METODE PENELITIAN		25
4.1	Metode Penelitian	25
4.2	Metode Pengambilan Sampel	25
4.3	Metode Pengambilan Data	26
4.4	Tahapan Penelitian	26
4.4.1	Persiapan dan Pemeriksaan Material	26
4.4.2	Persiapan Alat	28
4.4.3	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	29
4.4.4	Pembuatan Campuran Sampel	33
4.5	Variasi dan Jumlah Benda Uji Penelitian	34
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		37
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		37
5.1	Hasil Penelitian	37
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	37
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	38

5.1.3	Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Superpave</i>	38
5.1.4	Hasil Pengujian Campuran <i>Superpave</i> Berdasarkan Jenis Bahan Ikat PEN 60/70 dengan Asbuton Pracampur pada KAO	41
5.2	Pembahasan	42
5.2.1	Karakteristik Aspal	42
5.2.2	Karakteristik Agregat Kasar	44
5.2.3	Karakteristik Agregat Halus	44
5.2.4	Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur untuk mencari KAO	45
5.2.5	Pengaruh Bahan Ikat Terhadap Kinerja Campuran <i>Superpave</i> pada KAO berdasarkan Jenis Bahan Ikat	53
5.2.6	Perbandingan nilai IRS Campuran <i>Superpave</i> Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	63
5.2.7	Perbandingan nilai ITS Campuran <i>Superpave</i> Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	64
5.2.8	Perbandingan nilai TSR Campuran <i>Superpave</i> Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	65
5.2.9	Perbandingan nilai CL Campuran <i>Superpave</i> Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	67
5.2.10	Perbandingan Nilai <i>Stiffness modulus</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan Bahan Ikat Asbuton Pracampur dan PEN 60/70	68
5.2.11	Rekapitulasi Perbandingan Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Ikat PEN 60/70 dengan Asbuton Pracampur	69
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		75
6.1	Pembahasan	75
6.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN		82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	8
Tabel 3.1	Persyaratan Agregat Halus	14
Tabel 3.2	Persyaratan Agregat Kasar	14
Tabel 3.3	Persyaratan Aspal Pen 60/70	16
Tabel 3.4	Persyaratan Aspal Buton Pracampur	16
Tabel 3.5	Spesifikasi Gradasi Campuran <i>Superpave</i>	18
Tabel 3.6	Spesifikasi <i>Superpave</i>	18
Tabel 4.1	Gradasi Agregat Campuran <i>Superpave</i> Ukuran Nominal Maksimum 12,5 mm	28
Tabel 4.2	Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 4,5%	30
Tabel 4.3	Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%	31
Tabel 4.4	Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%	31
Tabel 4.5	Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6 %	32
Tabel 4.6	Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%	32
Tabel 4.7	Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO Aspal PEN 60/70	34
Tabel 4.8	Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO Asbuton Pracampur	34
Tabel 4.9	Jumlah Benda Uji untuk Pengujian KAO	35
Tabel 5.1	Data Pengujian Karakteristik Aspal PEN 60/70	37
Tabel 5.2	Data Pengujian Karakteristik Aspal Asbuton Pracampur	37
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Agregat Kasar	38
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i>	38
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Menentukan KAO Campuran <i>Superpave</i> Aspal PEN 60/70	39
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Penentuan KAO Campuran <i>Superpave</i> Asbuton	

	Pracampur	40
Tabel 5.7	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall Standard</i> pada Campuran <i>Superpave</i> Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	41
Tabel 5.8	Rekapitulasi Hasil Pengujian IRS pada Campuran <i>Superpave</i> Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	41
Tabel 5.9	Rekapitulasi Hasil Pengujian ITS pada Campuran <i>Superpave</i> Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	41
Tabel 5.10	Rekapitulasi Hasil Pengujian TSR pada Campuran <i>Superpave</i> Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	42
Tabel 5.11	Rekapitulasi Hasil Pengujian CL pada Campuran <i>Superpave</i> Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	42
Tabel 5.12	Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dengan Asbuton Pracampur Terhadap Campuran <i>Superpave</i>	68
Tabel 5.13	Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/79 dan Asbuton Pracampur Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran <i>Superpave</i>	69
Tabel 5.14	Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Kinerja Campuran <i>Superpave</i>	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Gradasi Rencana <i>Superpave</i>	29
Gambar 4.2	<i>Flowchart</i> Penelitian	36
Gambar 5.1	Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Superpave</i> Aspal PEN 60/70	39
Gambar 5.2	Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Superpave</i> Asbuton Pracampur	40
Gambar 5.3	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas Campuran <i>Superpave</i> pada tiap Bahan Ikat	45
Gambar 5.4	Hubungan antara Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur dengan Nilai Flow Campuran <i>Superpave</i>	46
Gambar 5.5	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ Campuran <i>Superpave</i>	48
Gambar 5.6	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Campuran <i>Superpave</i>	49
Gambar 5.7	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA Campuran <i>Superpave</i> pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	50
Gambar 5.8	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA Campuran <i>Superpave</i> pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	51
Gambar 5.9	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i> Campuran <i>Superpave</i> pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	53
Gambar 5.10	Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran <i>Superpave</i>	54
Gambar 5.11	Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai <i>Flow</i> pada Campuran <i>Superpave</i>	55

Gambar 5.12 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai MQ pada Campuran <i>Superpave</i>	56
Gambar 5.13 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dengan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai VITM pada Campuran <i>Superpave</i>	58
Gambar 5.14 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai VFWA pada Campuran <i>Superpave</i>	59
Gambar 5.15 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai VMA pada Campuran <i>Superpave</i>	60
Gambar 5.16 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai <i>Density</i> pada Campuran <i>Superpave</i>	62
Gambar 5.17 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai IRS pada Campuran <i>Superpave</i>	63
Gambar 5.18 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai ITS pada Campuran <i>Superpave</i>	65
Gambar 5.19 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai TSR pada Campuran <i>Superpave</i>	66
Gambar 5.20 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur	
Terhadap Nilai CL pada Campuran <i>Superpave</i>	67
Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Nilai <i>Sbit</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan	
Bahan Ikat Asbuton Pracampur dan PEN 60/70	69
Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Nilai <i>Smix</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan	
Bahan Ikat Asbuton Pracampur dan PEN 60/70	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal PEN 60/70	83
Lampiran 2	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Buton Pracampur	84
Lampiran 3	Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70	85
Lampiran 4	Pemeriksaan Penetrasi Asbuton Pracampur	86
Lampiran 5	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal PEN 60/70	87
Lampiran 6	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Asbuton Pracampur	88
Lampiran 7	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal PEN 60/70	89
Lampiran 8	Pemeriksaan Titik Lembek Asbuton Pracampur	90
Lampiran 9	Pemeriksaan Daktilitas Aspal PEN 60/70	91
Lampiran 10	Pemeriksaan Daktilitas Asbuton Pracampur	92
Lampiran 11	Pemeriksaan Kelarutan Aspal PEN 60/70 dalam TCE	93
Lampiran 12	Pemeriksaan Kelarutan Asbuton Pracampur	94
Lampiran 13	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	95
Lampiran 14	Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	96
Lampiran 15	Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	97
Lampiran 16	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	98
Lampiran 17	Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	99
Lampiran 18	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Debu	100
Lampiran 19	Grafik Rekap <i>Marshall Standard</i> sebelum KAO	101
Lampiran 20	Pengujian <i>Marshall</i> Mencari KAO Asbuton Pracampur	102
Lampiran 21	Grafik Pengujian <i>Marshall</i> mencari KAO Asbuton Pracampur	103
Lampiran 22	Pengujian <i>Marshall</i> Mencari KAO PEN 60/70	104
Lampiran 23	Grafik Pengujian <i>Marshall</i> Mencari KAO PEN 60/70	105
Lampiran 24	Pengujian <i>Marshall</i> Setelah KAO Asbuton Pracampur	106
Lampiran 25	Pengujian <i>Marshall</i> Setelah KAO PEN 60/70	107

Lampiran 26	Perbandingan Hasil <i>Marshall Standard</i> Kedua Bahan Ikat	108
Lampiran 27	Pengujian IRS	109
Lampiran 28	Rekap Pengujian IRS	110
Lampiran 29	Pengujian ITS	111
Lampiran 30	Rekap Pengujian ITS	112
Lampiran 31	Pengujian TSR	113
Lampiran 32	Rekap Pengujian TSR	114
Lampiran 33	Pengujian CL	115

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CL	= <i>Cantabro Loss</i>
Cm	= Centimeter
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)
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 Aggregate</i>

ABSTRAK

Aspal merupakan komponen utama pada perkerasan jalan yang menentukan stabilitas dan umur layan. Penelitian ini membandingkan kinerja Aspal PEN 60/70 dengan Aspal Buton Pracampur (Asbuton Pracampur) menggunakan metode *Superpave*. Asbuton Pracampur merupakan pencampuran aspal alam Pulau Buton dengan aspal. Pengujian meliputi *Marshall Standard*, IRS, ITS, TSR, dan *Cantabro Loss*.

Hasil menunjukkan Asbuton Pracampur memiliki kinerja mekanik lebih baik dibanding PEN 60/70, dengan perbedaan *stability* sebesar 10,5%, MQ 28,04%, ITS 10,37%, serta penurunan *flow* dan *Cantabro Loss* masing-masing 13,7% dan 6,83%. Parameter volumetrik tidak berbeda signifikan seperti VITM menurun 4,78%, VMA menurun 0,13%, dan VFWA meningkat 1,78%. Sedangkan parameter durabilitas menunjukkan perbedaan tidak signifikan, dengan TSR meningkat 2% dan IRS meningkat 3,19%.

Secara keseluruhan, Asbuton Pracampur tidak memberikan perubahan signifikan pada parameter volumetrik dan durabilitas, namun memberikan performa mekanik lebih tinggi dan direkomendasikan sebagai bahan pengikat alternatif untuk meningkatkan kinerja serta umur layan perkerasan jalan di Indonesia.

Kata kunci: Aspal Buton Pracampur, Aspal PEN 60/70, *Superpave*, Karakteristik Volumetrik, *Index of Retained Strength*, *Indirect of Tensile Strength*, *Tensile Strength Ratio*, *Cantabro Loss*

ABSTRACT

Asphalt is the main component in road pavement that determines stability and service life. This study compares the performance of PEN 60/70 asphalt with Pre-Mixed Buton Asphalt (Asbuton Pracampur) using the Superpave method. Asbuton Pracampur is a mixture of natural Buton Island asphalt and petroleum asphalt. The tests conducted include the Marshall Standard, IRS, ITS, TSR, and Cantabro Loss.

The results show that Asbuton Pracampur exhibits better mechanical performance compared to PEN 60/70, with differences of 10.5% in stability, 28.04% in MQ, and 10.37% in ITS, as well as reductions of 13.7% in flow and 6.83% in Cantabro Loss. The volumetric parameters show no significant differences, with VITM decreasing by 4.78%, VMA decreasing by 0.13%, and VFWA increasing by 1.78%. Meanwhile, the durability parameters show no significant differences, with TSR increasing by 2% and IRS increasing by 3.19%.

Overall, Asbuton Pracampur does not cause significant changes in volumetric and durability parameters but provides higher mechanical performance. It is therefore recommended as an alternative binder material to improve the performance and service life of road pavements in Indonesia.

Keywords: *Buton Pre-blended Asphalt, PEN 60/70, Superpave, Volumetric Properties, Index of Retained Strength, Indirect of Tensile Strength, Tensile Strength Ratio, Cantabro Loss*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur jalan adalah bagian penting dari sistem transportasi, yang berfungsi untuk mendukung aktivitas ekonomi, sosial, dan budaya. (Rudy Santosa dkk, 2021) Indonesia masih perlu melakukan pengembangan terhadap perkerasan jalan yang digunakan. Dikarenakan semakin padat jumlah pengguna jalan di Indonesia menjadi masalah saat ini. Pengaruh cuaca, beban lalu-lintas, dan jumlah pengguna jalan di Indonesia ini harus diperhitungkan supaya aspal dapat bekerja dengan baik dan bertahan sesuai dengan umur desain. Kualitas jalan sangat dipengaruhi oleh material yang digunakan, terutama aspal yang digunakan untuk mengikat perkerasan. Sehingga mencari alternatif aspal yang tepat sangat penting untuk menjamin jalan bekerja dengan baik dan tahan lama, terutama di negara tropis seperti Indonesia, yang memiliki banyak variasi suhu dan air.

Dengan perkembangan teknologi dan semakin kompleksnya tuntutan terhadap perkerasan jalan, muncul kebutuhan untuk menguji material alternatif seperti Aspal Buton, yang merupakan sumber aspal alam yang tersedia melimpah di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Menurut (Setiowati dkk, 2023) aspal Buton merupakan batuan yang didalamnya terkandung aspal dan dapat dengan mudah ditemukan di alam. Aspal Buton memiliki kandungan bitumen alami yang tinggi dan diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap aspal impor yang mahal. Potensi Aspal Buton sebagai pengganti aspal minyak telah menarik perhatian berbagai pihak, termasuk peneliti dan pemerintah, dalam upaya mendukung ketahanan sumber daya material lokal. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa Aspal Buton menunjukkan peningkatan kinerja dalam kondisi

iklim tropis dan lalu lintas tinggi. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh (Songtao dkk, 2020) menunjukkan bahwa Aspal Buton yang dimodifikasi dengan *Styrene-Butadiene-Rubber* (SBR) dapat meningkatkan resistensi terhadap deformasi plastis (*rutting*) dan meningkatkan daya tahan pada suhu tinggi.

Pada penelitian ini jenis aspal buton yang digunakan adalah Asbuton Pracampur. Asbuton pracampur (*preblended*) merupakan inovasi teknologi asbuton yang saat ini dianggap paling potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal. Jenis asbuton ini diperoleh melalui proses pencampuran antara asbuton butir yang telah mengalami semi-ekstraksi, sehingga kadar bitumennya meningkat menjadi sekitar 40%–60%. Bitumen hasil proses tersebut kemudian dicampur dengan aspal minyak tipe Pen 60 atau Pen 80 pada suhu kurang lebih 155°C dengan komposisi tertentu, sehingga terbentuk aspal modifikasi yang memiliki karakteristik sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

Gradasi *Superpave* merupakan salah satu jenis gradasi yang dapat diaplikasikan di wilayah Indonesia. Campuran *Superpave* dapat mengurangi pengaruh deformasi plastis dan retak awal akibat beban lalu lintas yang berulang. Berdasarkan penelitian Hadi dan Fauziah (2022), campuran *Superpave* menunjukkan performa yang lebih unggul serta masa layanan yang lebih lama dibandingkan dengan campuran AC-WC. Penggunaan metode desain perkerasan modern seperti *Superpave* (*Superior Performing Asphalt Pavement*) juga diharapkan dapat meningkatkan kinerja campuran aspal. *Superpave* dirancang untuk memaksimalkan kinerja perkerasan dengan menyesuaikan campuran berdasarkan kondisi lingkungan dan beban lalu lintas setempat.

Dengan adanya studi ini, diharapkan dapat diperoleh data empiris yang mendukung potensi penggunaan Asbuton sebagai bahan perkerasan yang lebih ekonomis, berkelanjutan, dan berkinerja tinggi dibandingkan dengan aspal minyak konvensional. Pengujian yang akan dilakukan pada studi ini berupa pengujian *Marshall Standard* (MS), *Index of Retained Strength* (IRS), *Indirect Tensile Strength* (ITS), *Tensile Strength Ratio* (TSR), dan *Cantabro Loss* (CL). Belum terdapat penelitian yang menyinggung persoalan perbandingan penggunaan aspal buton dengan aspal PEN 60/70 pada perkerasan *Superpave*. Sehingga studi

ini dapat dikembangkan secara kompeherensif lagi. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi rujukan bagi pengembangan kebijakan pemerintah dalam mendukung penggunaan material lokal untuk proyek infrastruktur jalan, yang pada akhirnya dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat dan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perbandingan kinerja Asbuton Pracampur dengan aspal PEN 60/70 menggunakan campuran bergradasi *Superpave* terhadap karakteristik volumetrik?
2. Bagaimana perbandingan kinerja Asbuton Pracampur dengan aspal PEN 60/70 menggunakan campuran bergradasi *Superpave* terhadap karakteristik mekanik?
3. Bagaimana perbandingan kinerja Asbuton Pracampur dengan aspal PEN 60/70 menggunakan campuran bergradasi *Superpave* terhadap karakteristik durabilitas?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dirumuskan, tujuan penelitian dapat ditetapkan sebagai berikut.

1. Mengetahui perbandingan kinerja Asbuton Pracampur dengan aspal PEN 60/70 menggunakan campuran bergradasi *Superpave* terhadap karakteristik volumetrik?
2. Mengetahui perbandingan kinerja Asbuton Pracampur dengan aspal PEN 60/70 menggunakan campuran bergradasi *Superpave* terhadap karakteristik mekanik?
3. Mengetahui perbandingan kinerja Asbuton Pracampur dengan aspal PEN 60/70 menggunakan campuran bergradasi *Superpave* terhadap karakteristik durabilitas?

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan dan mempunyai manfaat sebagai berikut.

1. Memperluas pemahaman dan pengetahuan tentang kinerja karakteristik perkerasan lentur
2. Mengembangkan kualitas perkerasan jalan dengan metode *Superpave*
3. Memperluas pengetahuan dan pemahaman tentang perbandingan penggunaan Aspal Buton dengan Aspal PEN 60/70

1.5 Batasan Penelitian

Untuk memastikan bahwa penelitian ini tetap dalam topik dan memberikan penjelasan yang jelas, ada kebutuhan untuk membatasi diskusinya. Batasan penelitian yang digunakan selama penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tipe gradasi campuran yang digunakan adalah gradasi campuran *Superpave*
2. Bahan ikat yang digunakan adalah aspal PEN 60/70 dengan Asbuton Pracampur
3. Material Aspal Buton Pracampur diperoleh dari PT Olah Bumi Mandiri.
4. Aspal Buton yang digunakan merupakan tipe Asbuton Pracampur.
5. Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
6. Pengujian untuk mengetahui karakteristik volumetrik dan mekanik aspal dilakukan dengan cara pengujian *Marshall Standard* (MS)
7. Pengujian untuk mengetahui karakteristik durabilitas aspal dilakukan dengan cara pengujian *Index of Retained Strength* (IRS), *Indirect Tensile Strength* (ITS), *Tensile Strength Ratio* (TSR), dan *Cantabro Loss* (CL)
8. Fokus analisis pada karakteristik volumetrik, mekani, dan durabilitas, tanpa menganalisis parameter lainnya seperti workability, retakan kelelahan, atau permeabilitas.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Tentang Penggunaan Aspal Buton

Bahan ikat asbuton pernah dilakukan penelitian oleh Ruhaidani dkk, (2020) pada jurnalnya yang berjudul *Durability Characteristics of Asphalt Concrete Binder Course Utilizing Bantak and Clereng as Aggregate and Asbuton Lawele as fine Aggregate*. Dengan dilakukan pengujian variasi perendaman dengan air asbuton standar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% nilai stabilitas campuran berturut-turut adalah 1498 kg, 1629 kg, 1405 kg, 1264 kg dan 1258 kg. Sedangkan pada perendaman 48 jam indeks kekuatan sisa adalah 97,97%, 88,86%; 71,06%; 64,41% dan 57%. Pemanfaatan Asbuton optimum adalah 25% dengan nilai aspal optimum 56% karena mempunyai stabilitas yang tinggi, tetapi mempunyai durabilitas yang rendah.

Fatoni (2021) dalam jurnalnya menyebutkan bahwa produk Asbuton yang sedang banyak dikembangkan saat ini adalah Asbuton jenis BGA (*Buton Granular Asphalt*). Material ini mengandung bitumen sebanyak 20-25% dari total beratnya dan telah diterapkan di beberapa lokasi, meskipun pemanfaatannya belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik *marshall* berdasarkan parameter seperti stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFB, dan *Marshall Quotient* (MQ). Kadar Asbuton yang digunakan dalam penelitian adalah 0%, 2%, 2,5%, dan 3%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran dengan kadar Asbuton B5/20 sebesar 3% dan aspal sebanyak 5,2% memenuhi persyaratan nilai *density* dan stabilitas. Dari hasil uji *marshall*, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Asbuton B5/20 dengan agregat lokal Madura memengaruhi karakteristik *Marshall* dan menghasilkan campuran optimum pada kadar Asbuton B5/20 3% dengan penggunaan aspal 5,2%.

Kafabihi, dkk (2020) melakukan penelitian dengan judul penggunaan asbuton pada campuran AC-WC. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kadar

aspal yang terkandung dalam asbuton, untuk mengetahui kadar aspal optimum pada campuran AC-WC, dan juga mengetahui penggunaan aspal buton yang maksimal pada campuran AC-WC. Penelitian tersebut dilakukan dengan memeriksa campuran AC-WC menggunakan Asbuton sebagai bahan pengganti dengan persentase sebesar 5%, 7%, 9%, dan 11% terhadap KAO. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah kadar aspal yang terkandung dalam asbuton hasil ekstraksi yaitu sebesar 20,6%. Kadar aspal optimum pada campuran AC-WC tanpa menggunakan Asbuton didapat 5,8%, nilai stabilitas sebesar 982,4 kg. Sedangkan presentase kadar maksimum penggunaan asbuton pada campuran AC-WC berada pada 8,4% dengan nilai stabilitas sebesar 1341,33 kg.

2.2 Penelitian Tentang *Superpave*

Pengaruh gradasi aspal terhadap kinerja perkerasan lentur sudah dilakukan oleh Asidin (2019). Penelitian tersebut mempelajari mengenai pengaruh gradasi agregat terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *CPHMA (Cold Paving Hot Mix Asbuton)*. Berdasarkan apa yang sudah diteliti, campuran dengan gradasi berbeda dilakukan pengujian. Gradasi yang digunakan untuk pengujian merupakan gradasi senjang dan menerus. Hasil penelitian Asidin menunjukkan bahwa gradasi menerus memberikan karakteristik campuran seperti *Density*, VMA, VIM, dan Stabilitas lebih baik jika dibandingkan dengan gradasi senjang. Sementara itu, peneliti lain Husain dan Khan, (2019) juga melakukan penelitian tentang jenis campuran dan gradasi terhadap kinerja perkerasan. Husain dan Khan menggunakan gradasi yang berbeda yaitu *NHA-A*, *NHA-B*, *SP-1*, *SP-2* dan *MS-2*. Dengan menggunakan *Hamburg Wheel Tracking Test* dan *Modified Lottman test* didapatkan nilai ketahanan terhadap *rutting* dan kerusakan terhadap kelembaban. Hasil menunjukkan bahwa perkerasan dengan bahan ikat *NRL 40/50* dengan gradasi *NHA-A* menunjukkan performa terbaik dalam mempertahankan *rutting*. Sedangkan perkerasan dengan bahan ikat *Parco 60/70* yang bergradasi *SP-1* menunjukkan nilai TSR tertinggi.

Strategic Highway Research Program (SHRP) membuat penetapan persyaratan spesifikasi gradasi *Superpave* untuk mengurangi deformasi plastis dan

keretakan awal akibat beban kendaraan menerus. Gradasi *Superpave* didesain untuk mengatur gradasi agregat supaya sesuai dengan kondisi lokal, baik dari kondisi iklim ataupun beban lalu lintas Zumrawi dan Edrees, (2019). Penelitian yang dilakukan oleh Hadi, dkk (2025) tentang Investigasi Pengaruh Zona Larangan pada Gradasi *Superpave* Terhadap Standar Marshall didapat Kesimpulan bahwa kelelahan dan kepadatan gradasi batas atas menunjukkan nilai yang dominan lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan gradasi batas Tengah (zona larangan) dan gradasi batas bawah. Namun penggunaan gradasi Tengah memiliki nilai lebih unggul dibandingkan dengan nilai gradasi bawah secara keseluruhan yaitu 10,66% pada parameter stabilitas, 3,03% pada parameter kelelahan, dan 7,25 % pada parameter kepadatan. Persentase gradasi tengah memiliki perbedaan 17,5 % pada parameter kelelahan dan 6,87% pada parameter kepadatan jika dibandingkan dengan gradasi atas.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hadi dkk, (2021), tentang komparasi penggunaan bahan ikat starbit E-55 dengan PEN 60/70. Penelitian menunjukkan bahwa campuran *Superpave* yang menggunakan Starbit E-55 memiliki performa Marshall yang secara keseluruhan lebih baik, terutama dalam hal stabilitas dan *Marshall Quotient* (MQ). Namun, karakteristik volumetrik seperti *Void In Total Mix* (VITM), *Void Filled With Asphalt* (VFWA), dan densitasnya sedikit lebih rendah dibandingkan dengan campuran AC-WC.

2.3 Perbandingan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan antara penggunaan aspal buton dengan aspal PEN 60/70 pada campuran *Superpave* untuk mengetahui nilai karakteristik yang di uji seperti uji *Marshall*, *Indirect Tensile Strength Test*, *Contabro Loss*, *Index of Retained Strength*. Adapun persamaan dan perbedaan dengan penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya Tentang Perbandingan Aspal

Peneliti	Hadi, dkk (2021)	Purnama (2021)	Hadi & Fauziah (2019)	Tutu, dkk (2022)	Zeiada dkk (2022)	Muttaqin (2025)
Judul Peneliti	<i>Comparative Study of Marshall Properties and Durability of Superpave and AC-WC Pavement by Using Starbit E-55 and Pen 60/70</i>	Kinerja Campuran Beraspal Dengan Menggunakan Aspal Starbit E-55 dan Aspal PG 76 FR Berdasarkan Gradasi AsphaltConcrete(AC) Bandar Udara	Perbandingan Karakteristik Campuran <i>Superpave</i> antara yang Menggunakan Bahan Ikat Starbit E-55 dengan PEN 60/70 pada Variasi Durasi Rendaman Air Payau	<i>Superpave Performance Graded Asphalt Binder Selection for Asphalt Mixture Design in Ghana</i>	<i>Review of the Superpave performance grading system and recent developments in the performance-based test methods for asphalt binder characterization</i>	Studi Komparasi Kinerja <i>Superpave</i> pada Aspal PEN 60/70 dengan Aspal Buton
Campuran	<i>Superpave</i>	AC	<i>Superpave</i>	<i>Superpave</i>	<i>Superpave</i>	<i>Superpave</i>
Aspal	Starbit E-55 and Pen 60/70	Starbit E-55 dan Aspal PG 76 FR	Starbit E-55 dengan PEN 60/70	PG 70-10 dan PG 64-10	PG 64-10 dan PG 76-22	PEN 60/70 dan Aspal Buton Pracampur

Sumber: Hadi & Fauziah (2019), Hadi, dkk (2021), Purnama (2021), Tutu, dkk (2022), Zeiada dkk (2022), Muttaqin (2025)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya Tentang Perbandingan Aspal

Peneliti	Hadi, dkk (2021)	Purnama (2021)	Hadi & Fauziah (2019)	Tutu, dkk (2022)	Zeiada dkk (2022)	Muttaqin (2025)
Metode Penelitian	<i>Marshall Standard, Index of Retained Strength (IRS), Indirect Tensile Strenght (ITS), Tensile Strength Ratio (TSR) dan Cantabro Loss (CL)</i>	<i>VIM, VFA, Stabilitas dan Flow</i>	<i>Marshall Standard, Index of Retained Strenth, Indirect Tensile of Retained Strength, Contabro Loss</i>	<i>LTTP dan ICM</i>	<i>Dynamic Shear Rheometer (DSR), Bending Beam Rheometer (BBR), Rotational Viscosity Test (RV), Multiple Stress Creep Recovery (MSCR), Linear Amplitude Sweep (LAS)</i>	<i>Marshall Standard, Index of Retained Strength (IRS), Indirect Tensile Strenght (ITS), Tensile Strength Ratio (TSR) dan Cantabro Loss (CL)</i>
Hasil Penelitian	<i>Superpave dengan Starbit E-55 lebih unggul dalam hal kinerja mekanis, ketahanan, dan durabilitas dibandingkan AC-WC dengan Pen 60/70.</i>	<i>Aspal PG 76 FR memberikan kinerja dan durabilitas yang lebih unggul dalam aplikasi bandar udara, Aspal Starbit E-55 layak</i>	<i>Starbit E-55 unggul dalam hal ketahanan terhadap pengaruh rendaman air payau dibandingkan PEN 60/70, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk kondisi</i>	<i>Perkerasan di Ghana menjadi lebih baik</i>	<i>Superpave Performance Grading telah memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan kualitas pengikat aspal, tetapi masih memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kinerja lapangan yang sebenarnya.</i>	<i>Asbuton Pracampur dengan campuran Superpave tidak berbeda signifikan pada parameter volumetrik dan durabilitas, namun lebih unggul dalam kinerja mekanik</i>

Sumber: Hadi & Fauziah (2019), Hadi, dkk (2021), Purnama (2021), Tutu, dkk (2022), Zeiada dkk (2022), Muttaqin (2025)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Peneliti Sebelumnya Tentang Perbandingan Aspal

Peneliti	Hadi, dkk (2021)	Purnama (2021)	Hadi & Fauziah (2019)	Tutu, dkk (2022)	Zeiada dkk (2022)	Muttaqin (2025)
	meskipun biaya awal <i>Superpave</i> dan aspal modifikasi lebih tinggi, memberikan keuntungan dalam jangka panjang untuk jalan dengan beban berat dan kondisi lingkungan ekstrem	area dengan beban lalu lintas sedang, dengan catatan bahwa daya tahannya lebih rendah dibandingkan PG 76 FR. Gradasi campuran AC yang dirancang khusus untuk kebutuhan bandar udara terbukti mendukung stabilitas dan ketahanan deformasi dari kedua jenis aspal	lingkungan basah atau korosif. Durasi rendaman air payau berdampak signifikan pada stabilitas dan durabilitas campuran aspal, tetapi Starbit E-55 mampu mempertahankan kinerjanya dengan lebih baik dibandingkan PEN 60/70.		MSCR dan LAS, memberikan peluang untuk mengatasi kelemahan tersebut dan memastikan bahwa aspal dapat memenuhi kebutuhan jalan modern yang semakin kompleks. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memperbaiki pengujian berbasis kinerja dan meningkatkan relevansinya terhadap kondisi lapangan.	dibandingkan dengan PEN 60/70.

Sumber: Hadi & Fauziah (2019), Hadi, dkk (2021), Purnama (2021), Tutu, dkk (2022), Zeiada dkk (2022), Muttaqin (2025)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan campuran antara bahan pengikat dan agregat yang digunakan dengan tujuan untuk menahan beban lalu lintas yang lewat. Agregat yang digunakan biasanya seperti batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Tujuan dari perkerasan jalan adalah untuk mendistribusikan beban dari kendaraan melalui roda ke perkerasan jalan hingga ke tanah supaya lebih tersebar, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi yang berlebihan selama masa pelayanan perkerasan.

3.2 Jenis-Jenis Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah salah satu komponen penting dalam infrastruktur transportasi karena berfungsi menahan beban kendaraan sekaligus memberikan kenyamanan dan keselamatan bagi pengguna. 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

Berikut merupakan macam-macam lapisan pada perkerasan lentur

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan teratas pada perkerasan lentur yang langsung bersentuhan dengan kendaraan. Fungsinya adalah menahan beban

kendaraan, memberikan kenyamanan, serta melindungi lapisan-lapisan di bawahnya dari air dan cuaca.

a. Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus merupakan bagian teratas dari lapisan perkerasan yang terletak diatas lapisan permukaan antara (*Binder Course*). Lapisan ini bersentuhan langsung dengan kendaraan, sehingga lebih rentan terhadap keausan. Ketebalan minimum untuk lapisan ini adalah 4 cm. Fungsi dari Lapis Aus untuk melindungi lapisan bawah dari kerusakan akibat beban dan cuaca, memberi permukaan jalan yang halus dan aman untuk kendaraan seperti daya cengkram ban.

b. Lapis Permukaan Antara (*Binder Course*)

Lapis permukaan antara berada di antara lapisan aus dan lapisan dasar. Ketebalan minimum lapisan ini adalah 6 cm. Material yang digunakan untuk lapisan ini serupa dengan lapisan dasar, tetapi memiliki persyaratan yang lebih ketat. Hal ini membuat lapisan permukaan antara memiliki sifat kedap air dan mampu meningkatkan kapasitas dukung terhadap beban roda kendaraan. Fungsi dari lapisan ini digunakan untuk mendistribusikan beban ke lapisan bawahnya, mendukung lapisan *wearing course* supaya rata dan awet, serta melindungi lapisan dasar dan tanah di bawahnya dari pengaruh cuaca.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas terletak di bawah lapisan permukaan dan berfungsi mendistribusikan beban lalu lintas dari lapisan permukaan ke lapis pondasi bawah secara merata. Material yang digunakan biasanya berupa agregat dengan gradasi tertentu, seperti agregat bergradasi kasar atau campuran material granular yang memiliki daya dukung tinggi. Lapis pondasi atas ini juga membantu menambah stabilitas dan kekuatan struktur jalan.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah terletak di bawah lapis pondasi atas dan memiliki dua fungsi utama: memberikan dukungan tambahan untuk lapisan-lapisan di atasnya dan menyediakan drainase untuk mengalirkan air sehingga tidak

menggenang di dalam struktur jalan. Material yang digunakan pada lapisan ini biasanya berupa bahan granular bergradasi kasar atau bahan stabilisasi lainnya. Kualitas lapis pondasi bawah sangat memengaruhi efisiensi distribusi beban ke tanah dasar.

4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah lapisan paling bawah dari struktur perkerasan lentur. Lapisan ini berupa tanah alami atau tanah hasil pemadatan yang menjadi fondasi utama seluruh struktur jalan. Tanah dasar harus memiliki kekuatan dan stabilitas yang memadai untuk menahan beban dari lapisan-lapisan di atasnya, termasuk beban lalu lintas. Stabilitas tanah dasar dapat ditingkatkan dengan metode pemadatan atau stabilisasi menggunakan bahan tambahan seperti kapur atau semen, terutama jika tanah aslinya memiliki daya dukung rendah.

3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur Jalan

Material penyusun perkerasan jalan terdiri dari agregat halus, agregat kasar, *filler*, gradasi agregat dan aspal. Setiap material penyusun jalan memiliki peran tersendiri.

3.3.1 Agregat

Agregat merupakan material granular seperti batu belah, batu pecah, dan kerikil yang digunakan bersama dengan bahan ikat seperti aspal untuk membentuk campuran perkerasan. Agregat berperan besar dalam perkerasan sehingga agregat harus memiliki sifat dan kualitas yang baik untuk menahan beban lalu lintas yang melaluinya. Berdasarkan ukurannya, agregat dibagi menjadi agregat kasar dan agregat halus, masing masing memiliki peran penting dalam membentuk struktur dan tekstur permukaan jalan. Agregat harus memiliki sifat-sifat fisik yang baik untuk menjamin daya tahan perkerasan.

1. Agregat Halus

Agregat halus yaitu material yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan tertahan di saringan No. 200 (0,075 mm). Bahan-bahan dari agregat halus terdiri dari butiran batu pecah, pasir alam ataupun campuran dari keduanya. Agregat halus penting

dalam menjaga daya tahan terhadap deformasi namun apabila proporsinya melebihi yang diisyaratkan akan menyebabkan penurunan daya tahan campuran.

Berikut merupakan ketentuan pada agregat halus menurut Binamarga (2018) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min.45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117 : 2012	Min.60%

Sumber : Bina Marga (2018)

2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material batuan yang tertahan oleh saringan No.8 (2,36 mm) pada saat penyaringan. Agregat kasar ini memiliki ukuran butir antara 3,75 mm (No.4) sampai 40mm (No. 1 ½”). Agregat ini merupakan hasil perpecahan alami oleh batuan maupun berupa batu pecah yang didapat dari industri pemecah batu.

Berikut merupakan Persyaratan agregat kasar berdasarkan Binamarga (2018) yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks. 12%
	Magnesium sulfat		Maks 18%

Sumber: Bina Marga (2018)

Lanjutan Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai	
Abrasi dengan mesin Loss 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%
	Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619 : 2012	100/90*)	
Lainnya		95/90**)			
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	SNI 8287 : 2016	Maks. 5%	
		Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%	
Material lolos Ayakan No.200			SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 1%	

Catatan :

*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah atau lebih

**) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Sumber : Bina Marga (2018)

3.3.2 Aspal PEN 60/70

Aspal PEN 60/70 merupakan jenis aspal keras yang diperoleh dari hasil penyulingan minyak bumi. Nilai 60/70 menunjukkan tingkat penetrasi aspal pada suhu 25°C, yaitu antara 60 hingga 70 dmm (deci-millimeter), yang mencerminkan karakteristik kekerasan serta konsistensi aspal tersebut. Aspal ini bersifat termoplastis, artinya akan melunak ketika dipanaskan dan kembali mengeras saat didinginkan, sehingga memudahkan dalam proses pencampuran dan pemadatan.

Karena memiliki keseimbangan antara kekakuan dan elastisitas, aspal PEN 60/70 cocok digunakan di daerah beriklim tropis seperti Indonesia, di mana aspal harus mampu menahan deformasi akibat suhu tinggi dan beban lalu lintas berat. Selain itu, aspal ini juga dikenal memiliki ketahanan yang baik terhadap panas dan oksidasi, sehingga masih banyak digunakan sebagai bahan pengikat utama dalam campuran beraspal konvensional. Persyaratan teknis untuk aspal PEN 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Persyaratan Aspal PEN 60/70

No.	Nilai Persyaratan	Jenis Pengujian	Standar
1	$\geq 1,0$	Berat Jenis	SNI 2441:2011
2	60-70	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011
3	≥ 100	Daktilitas pada 25 °C (cm)	SNI 2432:2011
4	≥ 232	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011
5	≥ 48	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011
6	≥ 99	Kelarutan dalam TCE (%)	SNI 2438:2015

Sumber : Bina Marga (2018)

3.3.3 Asbuton Pracampur

Asbuton pracampur merupakan jenis aspal modifikasi yang dikembangkan dari Asbuton melalui proses penyulingan dan ekstraksi yang kemudian dilakukan pencampuran dengan aspal minyak konvensional. Komposisi campuran ini terdiri dari sekitar 20% bitumen alami Asbuton yang dikombinasikan dengan 80% aspal minyak (PEN 60/70), sehingga menghasilkan material pengikat dengan kadar bitumen sekitar 55%. Selain kandungan bitumen tersebut, campuran ini masih mengandung filler berupa mineral atau batuan halus dari ekstraksi Asbuton yang berfungsi mengisi rongga antar agregat, meningkatkan adhesi antara bitumen dan agregat, serta menambah kekakuan campuran. Persyaratan teknis untuk Asbuton Pracampur dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Persyaratan Aspal Buton Pracampur

No.	Nilai Persyaratan	Jenis Pengujian	Standar
1	$\geq 1,0$	Berat Jenis	SNI 2441:2011
2	50-60	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011
3	≥ 100	Daktilitas pada 25 °C (cm)	SNI 2432:2011
4	≥ 232	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011
5	≥ 51	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011
6	≥ 90	Kelarutan dalam TCE (%)	SNI 2438:2015

Sumber: Bina marga (2018)

3.4 Campuran *Superpave*

Superpave merupakan desain campuran aspal yang dikembangkan melalui *Strategic Highway Research Program* (SHRP). *Superpave* didesain untuk campuran dengan ketahanan tinggi terhadap deformasi permanen, kelelahan, dan kerusakan akibat suhu. *Superpave* memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan kinerja dari suatu perkerasan.

Spesifikasi baru yang dikeluarkan oleh SHRP yang disebut *Superpave* memiliki ketetapan persyaratan spesifikasi untuk mengurangi kerusakan pada perkerasan jalan berupa keretakan dan deformasi permanen. Menurut Hadi (2022), *Superpave* dapat meningkatkan performa perkerasan akibat beban kendaraan maupun kondisi alam sekalian. Penelitian lain yang dilakukan oleh Hadi, dkk (2025) tentang Investigasi Pengaruh Zona Larangan pada Gradasi *Superpave* Terhadap Standar Marshall disimpulkan bahwa kelelahan dan kepadatan gradasi batas atas menunjukkan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan gradasi batas Tengah (zona larangan) dan gradasi batas bawah. Namun penggunaan gradasi Tengah lebih unggul dibandingkan dengan nilai gradasi bawah. Spesifikasi gradasi dan sifat campuran gradasi *Superpave* dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Spesifikasi Gradasi Campuran *Superpave*

Ukuran Saringan (mm)			Spesifikasi	
			Min	Max
¾"	19	mm	100	100
½"	12,5	mm	90	100
3/8"	9,5	mm	78	90
No.8	2,36	mm	28	58
No.16	1,18	mm	14,57	33,21
No.30	0,6	mm	7,97	25
No.50	0,3	mm	4,56	17
No.200	0,075	mm	2	10
Pan			0	0

Sumber : *Strategic Highway Research Program (SHRP) A-407 (1994)*

Tabel 3.6 Spesifikasi *Superpave*

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	VITM (%)	3-5
2	VMA (%)	> 15
3	VFWA (%)	> 65
4	Flow (mm)	2-4
5	Stabilitas (kg)	> 800
6	MQ (kg/mm)	≥ 250

Sumber: Bina Marga (2018)

3.5 Penentuan Nilai Kadar Aspal Campuran *Superpave*

Menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan dengan cara menentukan persen gradasi, kemudian dihitung persen total campurannya untuk memperkirakan KAO. Mencari nilai KAO dapat digunakan Persamaan 3.1 berikut ini.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + C \quad (3.1)$$

Dengan :

- P_b = kadar aspal perkiraan,
 CA = agregat kasar tertahan saringan no.8,
 FA = agregat halus lolos saringan no.8 dan tertahan no.200,
 $Filler$ = agregat halus lolos saringan no.200, dan
 Konstanta (C) = konstanta 0.5 – 1 untuk lapisan aspal beton (Laston).

3.6 Karakteristik *Marshall Standard*

Terdapat beberapa parameter pengujian *Marshall* untuk menguji suatu campuran sebagai berikut.

3.6.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan pekerasan jalan untuk menahan deformasi tanpa terjadi perubahan bentuk pada pekerasan jalan seperti terdapat alur dan gelombang hingga dapat menyebabkan kelelahan plastis. Faktor yang menentukan nilai stabilitas adalah dari tekstur permukaan agregat, gradasi agregat, kepadatan campuran dan kadar aspal. Nilai stabilitas merepresentasikan ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*) dan menjadi batasan maksimal dari beban yang diterima saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$Q = p \times q \quad (3.2)$$

dengan :

- Q = nilai stabilitas,
 P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi probing ring, dan
 Q = angka koreksi benda uji.

3.6.2 Kelelahan (*Flow*)

Nilai *flow* didapatkan melalui pembacaan langsung menggunakan alat uji dengan mengamati posisi jarum dial saat dilakukan pengujian *Marshall*. Campuran dengan tingkat kelelahan yang lebih rendah akan memiliki sifat yang lebih kaku dan berisiko mengalami retak lebih awal selama masa penggunaannya.

3.6.3 *Void in the Total Mix* (VITM)

VITM adalah persentase rongga udara yang terdapat dalam campuran agregat aspal yang telah dipadatkan. Besaran VITM memiliki hubungan yang erat dengan kemampuan campuran untuk menahan deformasi plastis. Jika nilai VITM terlalu kecil, campuran menjadi tidak stabil. Sebaliknya, jika nilai VITM terlalu besar, campuran menjadi lebih berpori, sehingga lebih rentan terhadap oksidasi dan deformasi plastis. Nilai VITM dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 dan 3.4 berikut.

$$n = 100 - (100 - \frac{g}{h}) \quad (3.3)$$

$$h = 100 - \left(\frac{100}{\frac{\%Agregat}{BJ\ Agregat} + \frac{\%Aspal}{BJ\ Aspal}} \right) \quad (3.4)$$

dengan :

n = nilai VITM,

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

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

3.6.4 *Marshall Quotient* (MQ)

MQ adalah nilai yang diperoleh dengan membagi stabilitas *Marshall* dengan nilai *flow* (kelenturan) dari campuran aspal. Parameter ini digunakan untuk mengukur kekakuan campuran aspal, yang mencerminkan kemampuan campuran untuk menahan beban tanpa mengalami deformasi berlebihan. Semakin tinggi nilai MQ, semakin kaku dan stabil campuran aspal tersebut, Nilai MQ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut ini.

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.5)$$

dengan:

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

q = nilai stabilitas (kg), dan

r = nilai *flow* (mm).

3.6.5 Kepadatan (*Density*)

Nilai *density* menggambarkan berat per volume yang mencerminkan kepadatan campuran agregat aspal. Campuran dengan *density* yang lebih tinggi cenderung lebih mampu menahan beban, karena memiliki rongga yang lebih sedikit dan butiran agregat yang lebih besar. Kepadatan yang lebih baik juga meningkatkan ketahanan campuran terhadap udara dan air, sehingga membuatnya lebih sulit teroksidasi. Nilai *density* ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6 dan 3.7 berikut.

$$g = \frac{e}{d-1} \quad (3.6)$$

$$f = d-e \quad (3.7)$$

dengan:

g = nilai *density* (gr/cc),

c = berat benda uji sebelum direndam (gr), dan

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

3.6.6 *Void Filled With Asphalt* (VFWA)

VFWA adalah persentase rongga di antara partikel agregat yang diisi oleh aspal. Nilai rongga yang terisi aspal ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$VFWA = \frac{100(VMA-VITM)}{VMA} \quad (3.8)$$

dengan:

VFWA = rongga terisi aspal. Persen VITM,

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*, dan

VITM = Volume pori dalam beton aspal padat.

3.6.7 Void in Mineral Agregate (VMA)

VMA adalah jumlah pori-pori yang terdapat di antara agregat pada beton aspal. Faktor yang menyebabkan peingkatan pada VMA adalah jika selimut aspal lebih tebal maupun penggunaan agregat dengan gradasi terbuka. VMA dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal. VMA dihitung tiap volume beton aspal padat = 100 cm³. Perhitungan VMA dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.9 berikut ini.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \quad (3.9)$$

dengan :

VMA = volume pori antara agregat didalam beton aspal, % dari volume *bulk* beton aspal padat,

Gmb = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat,

Ps = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat, dan

Gsb = berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

3.7 Pengujian *Index of Retained Strength* (IRS)

IRS digunakan untuk mengetahui seberapa kekuatan yang dihasilkan oleh campuran setelah mengalami tahapan perendaman selama 24 jam. Perhitungan IRS dapat dilakukan dengan persamaan 3.10.

$$IRS = \frac{S2}{S1} \times 100\% \quad (3.10)$$

dengan :

S1 = rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah direndam selama 0,5 jam (kg), dan

S2 = rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah direndam selama 24 jam (kg).

3.8 Pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS)

ITS adalah pengujian untuk mengukur kekuatan tarik tidak langsung dari campuran aspal. Nilai ITS menunjukkan kemampuan campuran aspal untuk menahan gaya tarik yang terjadi akibat beban lalu lintas, serta menjadi indikator ketahanan retak campuran. Parameter ini penting untuk menilai kinerja perkerasan jalan, terutama pada kondisi beban yang berubah-ubah.

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban tekan secara diametral pada benda uji berbentuk silinder hingga terbelah. Pengujian ITS hampir sama dengan *Marshall Standard*. Hanya saja, pengujian ITS tidak menggunakan cincin penguji tetapi menggunakan plat cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan marshall. Pengujian dilakukan dengan cara ditekan secara terus menerus dengan kecepatan konstan hingga beban maksimum yang menyebabkan keretakan. Perhitungan ITS dapat dilihat pada Persamaan 3.11 berikut ini.

$$ITS = \frac{P_{\text{runtuh}}}{h} \times A_0 \quad (3.11)$$

dengan :

ITS = *Indirect Tensile Strength* (N/mm²),
 Pruntuh = beban puncak (kg),
 h = tinggi sampel (cm), dan
 A₀ = konstanta.

3.9 *Tensile Strength Retained* (TSR)

TSR merupakan nilai perbandingan daya tahan tarik campuran yang sudah direndam dalam *waterbath* selama 24 jam pada suhu 60 derajat celcius dengan daya tahan tarik tanpa rendaman. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai gaya tarik suatu campuran aspal beton yang direndam dengan perendaman yang bervariasi dan juga untuk mengetahui seberapa rentan campuran terhadap air dan

suhu. Berikut merupakan nilai TSR yang dapat diperoleh berdasarkan Persamaan 3.12 berikut.

$$TSR = (T2/T1) \times 100 \quad (3.12)$$

dengan :

T1 : rata-rata nilai ITS tanpa rendaman, dan

T2 : rata-rata nilai ITS setelah perendaman 24 jam (kg).

3.10 *Contabro Loss (CL)*

CL digunakan untuk pengukuran ketahanan benda uji terhadap keausan. Pada uji ini dilakukan dengan mesin *Loss Angeles* dengan benda uji dipadatkan pada kedua sisinya sebanyak 2x75 tumbukan pada setiap sisi. Setelah itu, benda uji dimasukkan ke alat *Loss Angeles* tanpa bola dan diputar sebanyak 300 putaran. Nilai CL didapatkan dengan menggunakan Persamaan 3.13

$$CL = \frac{Mo - Mi}{Mo} \times 100\% \quad (3.13)$$

dengan :

Mo = berat sebelum diabrasi (gr),

Mi = berat setelah diabrasi (kg), dan

CL = persentase kehilangan berat (%).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengumpulkan data dan melakukan analisis terhadap data tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental, yaitu dengan melakukan serangkaian percobaan guna memperoleh data yang dibutuhkan. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah mengolah dan membandingkannya dengan standar atau spesifikasi yang berlaku. Dalam hal ini, acuan yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 sebagai pedoman dalam pelaksanaan dan evaluasi penelitian.

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 Asbuton Pracampur, 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 Asbuton Pracampur

Pengambilan sampel dilakukan secara acak terhadap bahan Aspal Buton Pracampur yang diperoleh dari PT Olah Bumi Mandiri, menggunakan jenis asbuton

butir yang telah dicampur dengan aspal PEN 60/70 dengan komposisi 20% asbuton dan 80% aspal minyak sesuai spesifikasi pabrikan sehingga menjadi Asbuton Pracampur yang siap pakai. Sampel diambil langsung dari drum penyimpanan pabrik, kemudian disimpan dalam wadah logam tertutup. Sebelum digunakan, aspal Asbuton Pracampur dipanaskan pada suhu 160°C–170°C dan diaduk perlahan untuk mencapai kondisi homogen.

4.2.3 Agregat

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

Selama proses pengujian, data dikumpulkan untuk keperluan penelitian tugas akhir ini. Agar proses pengambilan data lebih mudah, benda uji dikelompokkan terlebih dahulu. Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh berbagai data seperti nilai stabilitas, *flow*, MQ, VITM, VMA, VFWA, densitas, serta nilai IRS, ITS, TSR, dan CL.

4.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan material, dilanjutkan dengan pemeriksaan material serta pembuatan benda uji untuk berbagai jenis pengujian, yaitu *Marshall Standard*, IRS, ITS, TSR, dan CL. Seluruh rangkaian penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Adapun tahapan-tahapan penelitian dalam tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut.

5.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Dalam penelitian tugas akhir ini, benda uji campuran perkerasan *Superpave* dibuat menggunakan material agregat, aspal jenis PEN 60/70, dan asbuton. Sebelum digunakan, material tersebut diuji terlebih dahulu untuk memastikan

apakah sudah memenuhi standar spesifikasi yang ditetapkan. Proses pengujian mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Adapun jenis pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pada agregat dan aspal.

1. Pengujian Agregat

- a. Pengujian agregat kasar berupa berat jenis dan penyerapan air berdasar pada SNI 1969 : 2016

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai berat jenis dari material yang digunakan. Berat jenis tersebut bisa dinyatakan dalam beberapa bentuk, seperti berat jenis curah kering, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, atau berat jenis semu. Untuk berat jenis curah (dalam kondisi jenuh kering permukaan) dan daya serap air, pengujian dilakukan setelah material direndam dalam air selama kurang lebih 24 jam (dengan toleransi ± 4 jam).

- b. Pengujian agregat halus berupa berat jenis dan penyerapan air berdasar pada SNI 1970:2016

Pengujian agregat halus bertujuan untuk memperoleh nilai berat kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis (bulk), dan berat jenis semu.

- c. Pengujian kelekatan agregat oleh aspal berdasar pada SNI 06-2439:2011
Pengujian berguna untuk mengetahui seberapa kelekatan agregat terhadap aspal. Tingkat kelekatan tersebut dinyatakan dalam bentuk persentase, yaitu perbandingan luas permukaan agregat yang tertutup aspal dengan total luas permukaan agregat secara keseluruhan.

- d. Pengujian analisa saringan SNI ASTM C136:2012

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui distribusi ukuran butir atau gradasi pada agregat halus maupun kasar, yang dilakukan dengan menggunakan serangkaian saringan.

- e. Pengujian *Sand Equivalent* mengacu pada SNI 3423:2008

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan debu, lumpur, atau material berlempung yang terdapat dalam tanah atau agregat halus.

- f. Pengujian keausan pada agregat atau *Los Angeles* mengacu pada SNI 2417:2008

2. Pengujian Aspal

Bahan pengikat yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal jenis PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur. Sebelum digunakan, aspal tersebut diuji terlebih dahulu untuk memastikan kualitasnya sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pengujian dilakukan dengan beberapa aspek sebagai berikut:

- a. Pengujian penetrasi aspal mengacu pada SNI 2456:2011 Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan aspal dengan cara menusukkan jarum ke dalam aspal, yang kemudian akan dibebani dengan berat dan waktu tertentu pada suhu yang telah ditentukan.
- b. Pengujian berat jenis aspal mengacu pada SNI 2441:2011
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis aspal, yang diperoleh dari perbandingan berat air suling dan berat aspal terhadap volume pada suhu yang ditentukan.
- c. Pengujian titik lembek mengacu pada SNI 2434:2011
Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kelelehan akan terjadi pada suhu berapa.
- d. Pengujian daktilitas mengacu pada SNI 2432:2011
Pengujian ini berfungsi untuk mengukur kohesi pada aspal, yaitu dengan melihat seberapa panjang aspal dapat ditarik dalam proses pengujian.
- e. Pengujian titik nyala dan titik bakar mengacu pada SNI 2433:2011
Pengujian ini berfungsi untuk mengukur suhu maksimum dari pemanasan aspal supaya aspal yang akan digunakan tidak terbakar.

5.4.2 Persiapan Alat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta.

5.4.3 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Campuran terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan aspal yang terlebih dahulu diuji untuk memastikan kesesuaiannya dengan spesifikasi. Setelah pengujian sifat fisik, agregat disaring menggunakan saringan standar untuk menentukan gradasinya.

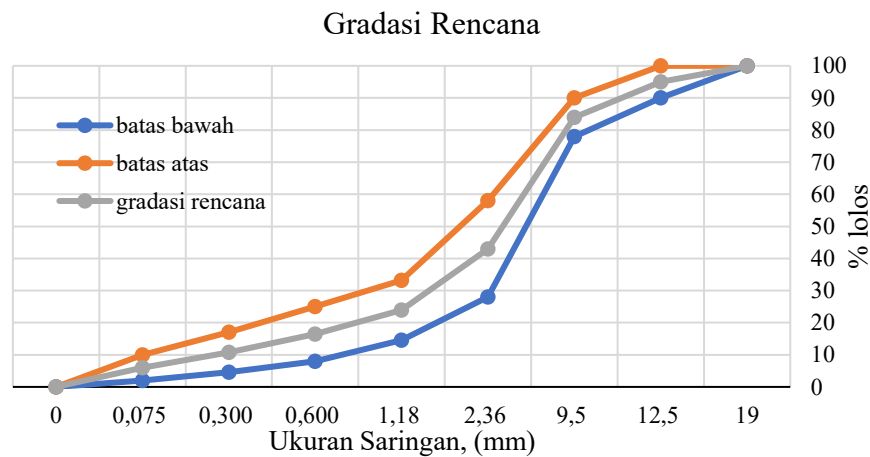
Adapun rancangan gradasi agregat untuk campuran *Superpave* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Gradasi Agregat Campuran *Superpave* Ukuran Nominal Maksimum 12,5 mm

Ukuran Saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen %	
			<i>Min</i>	<i>Max</i>	Gradasi Rencana	
					Lolos	Tertahan
¾"	19	mm	100	100	100	0
½"	12,5	mm	90	100	95	5
3/8"	9,5	mm	78	90	88	12
No. 8	2,36	mm	28	58	40	60
No.16	1,18	mm	14,57	33,21	26	74
No.30	0,6	mm	7,97	25	16	84
No. 50	0,3	mm	4,56	17	10	90
No. 200	0,075	mm	2	10	7	93
Pan			0	0	0	100

Sumber : *Strategic Highway Research Program (SHRP) A-407 (1994)*

Gradasi rencana yang digunakan pada campuran *Superpave* dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Gradasi Rencana *Superpave*

Setelah perencanaan gradasi agregat selanjutnya mencari perkiraan KAO rencana, yang dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 3.1 yang telah dijelaskan sebelumnya.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18(\%Filler) + C \quad (3.1)$$

dengan :

P_b = kadar aspal perkiraan,

CA = agregat kasar yang tertahan saringan no.8,

FA = Agregat halus lolos saringan no.8 dan tertahan no.200, dan

Filler = Agregat halus lolos saringan no.200.

Konstanta (C) = Konstanta 0.5 – 1 untuk Lapisan Aspal Beton (Laston)

Dari hasil persamaan 3.1 diatas maka perkiraan nilai kadar aspal sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18(\%Filler) + C \\ &= 0,035 (60\%) + 0,045 (33) + 0,18(7) + 0,5 \\ &= 5,345 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan perkiraan awal (P_b), diperoleh nilai P_b sebesar 5,345%. Maka kadar aspal yang digunakan dalam pengujian ini adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% dari total berat campuran sebesar 1200 gram. Kebutuhan agregat tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 4,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Total Campuran (%)	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	inchi		
3/4 "	19	100	100	100	3/4 "	0	0
1/2 "	12,5	90	100	95	1/2 "	5	57,30
3/8 "	9,5	78	90	88	3/8 "	7	80,22
No. 8	2,36	28	58	40	No. 8	48	550,08
No. 16	1,18	14,57	33,21	26	No. 16	14	160,44
No. 30	0,600	7,97	25	16	No. 30	10	114,60
No. 50	0,300	4,56	17	10	No. 50	6	68,76
No. 200	0,075	2	10	7	94	3	34,38
Pan		0	0	0	100	7	80,22
Total							1146

Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Total Campuran (%)	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	inchi		
3/4 "	19	100	100	100	3/4 "	0	0
1/2 "	12,5	90	100	95	1/2 "	5	57
3/8 "	9,5	78	90	88	3/8 "	7	79,8
No. 8	2,36	28	58	40	No. 8	48	547,20
No. 16	1,18	14,57	33,21	26	No. 16	14	159,60
No. 30	0,600	7,97	25	16	No. 30	10	114,00
No. 50	0,300	4,56	17	10	No. 50	6	68,40
No. 200	0,075	2	10	7	No. 200	3	34,20
Pan		0	0	0	100	7	79,80
Total							1140

Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran (%)	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	inchi		
3/4 "	19	100	100	100	3/4 "	0	0
1/2 "	12,5	90	100	95	1/2 "	5	57
3/8 "	9,5	78	90	88	3/8 "	7	79,38
No. 8	2,36	28	58	40	No. 8	48	544,32
No. 16	1,18	14,57	33,21	26	No. 16	14	158,76
No. 30	0,600	7,97	25	16	No. 30	10	113,40
No. 50	0,300	4,56	17	10	No. 50	6	68,04
No. 200	0,075	2	10	7	No. 200	3	34,02
Pan		0	0	0	100	7	79,38
Total							1134

Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran (%)	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	inchi		
3/4 "	19	100	100	100	3/4 "	0	0
1/2 "	12,5	90	100	95	1/2 "	5	56,40
3/8 "	9,5	78	90	88	3/8 "	7	78,96
No. 8	2,36	28	58	40	No. 8	48	541,44
No. 16	1,18	14,57	33,21	26	No. 16	14	157,92
No. 30	0,600	7,97	25	16	No. 30	10	112,80
No. 50	0,300	4,56	17	10	No. 50	6	67,68
No. 200	0,075	2	10	7	No. 200	3	33,84
Pan		0	0	0	100	7	78,96
Total							1128

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran (%)	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	inchi		
3/4 "	19	100	100	100	3/4 "	0	0
1/2 "	12,5	90	100	95	1/2 "	5	56,10
3/8 "	9,5	78	90	88	3/8 "	7	78,54
No. 8	2,36	28	58	40	No. 8	48	538,56
No. 16	1,18	14,57	33,21	26	No. 16	14	157,08
No. 30	0,600	7,97	25	16	No. 30	10	112,20
No. 50	0,300	4,56	17	10	No. 50	6	67,32
No. 200	0,075	2	10	7	No. 200	3	33,66
Pan		0	0	0	100	7	78,54
Total							1122

5.4.4 Pembuatan Campuran Sampel

Penyaringan agregat dapat dilakukan setelah mendapatkan berat tertahan pada setiap kadar aspal. Penyaringan agregat bertujuan untuk memisahkan ukuran butiran agregat sehingga sesuai dengan nomor saringan yang sudah ditentukan. Kemudian dilakukan penimbangan ukuran butiran agregat sesuai nilai berat tertahan pada setiap kadar aspal yang telah dihitung. Setelah melakukan tahapan penyaringan dan penimbangan, agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dibungkus dengan plastik.

Selanjutnya dilakukan tahapan pembuatan sampel campuran. Pembuatan sampel ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Aspal dipanaskan hingga suhu mencapai 160°C
2. Campuran yang sudah dibuat tiap kadar aspalnya dapat dipanaskan sehingga pada tahap pencampuran aspal panas dengan agregat panas terdapat perbedaan antara sebelum dengan setelah mendapatkan nilai KAO.

Perbedaan proses pencampuran antara lain:

a. Penentuan nilai KAO

Pembuatan sampel yang digunakan untuk mendapatkan nilai KAO dibuat dengan cara mencampurkan agregat kasar, agregat halus, *filler* dalam satu wajan secara langsung dengan aspal panas yang sudah sesuai dengan nilai KAO, kemudian diaduk dengan merata.

b. Campuran pada KAO

Setelah diperoleh KAO, dibuat sampel dengan dua variasi aspal berbeda yaitu menggunakan aspal PEN 60/70 dengan asbuton.

3. Mmbersihkan cetakan benda uji *mold* kemudian mengoleskan pada bagian dalam *mold* menggunakan minyak pelumas.
4. Meletakkan selembat kertas yang sudah digunting sesuai dengan ukuran cetakan *mold* pada bagian bawah cetakan. Kemudian masukkan benda uji 1/3 dari volume cetakan dan dipukul memakai spatula sebanyak 25x (15x pukulan di bagian pingir, dan 10 x pada bagian Tengah), kemudian memasukkan benda uji sampai penuh dan menaruh selembat kertas lagi pada permukaan atas.
5. Meletakkan cetakan *mold* di atas dudukan alat pemadatan Dilakukan pemadatan sebanyak 75x pukulan pada sisi pertama dan menumbuk lagi 75x pukulan pada sisi kedua.
6. Melepaskan selembat kertas yang menempel pada benda uji kedua bagian sisi.
7. Setelah pemadatan benda uji didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Kemudian mengeluarkan benda uji dengan menggunakan *ejector hydraulic pump*.
8. Pemberian kodefikasi benda uji supaya mempermudah saat melakukan uji sampel.

5.5 Variasi dan Jumlah Benda Uji Penelitian

Total benda uji yang digunakan dalam pengujian ini berjumlah 60 buah. Dengan jumlah sampel untuk pengujian mengetahui nilai KAO sebanyak 30 buah, sedangkan 30 buah lainnya digunakan untuk setiap pengujian pada KAO. Berikut penjelasan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.7 sampai Tabel 4.9.

Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO Aspal PEN 60/70

Jenis Aspal	<i>Superpave</i>				
	Kadar Aspal (%)				
	4,5	5	5,5	6	6,5
PEN 60/70	3	3	3	3	3
Total	15				

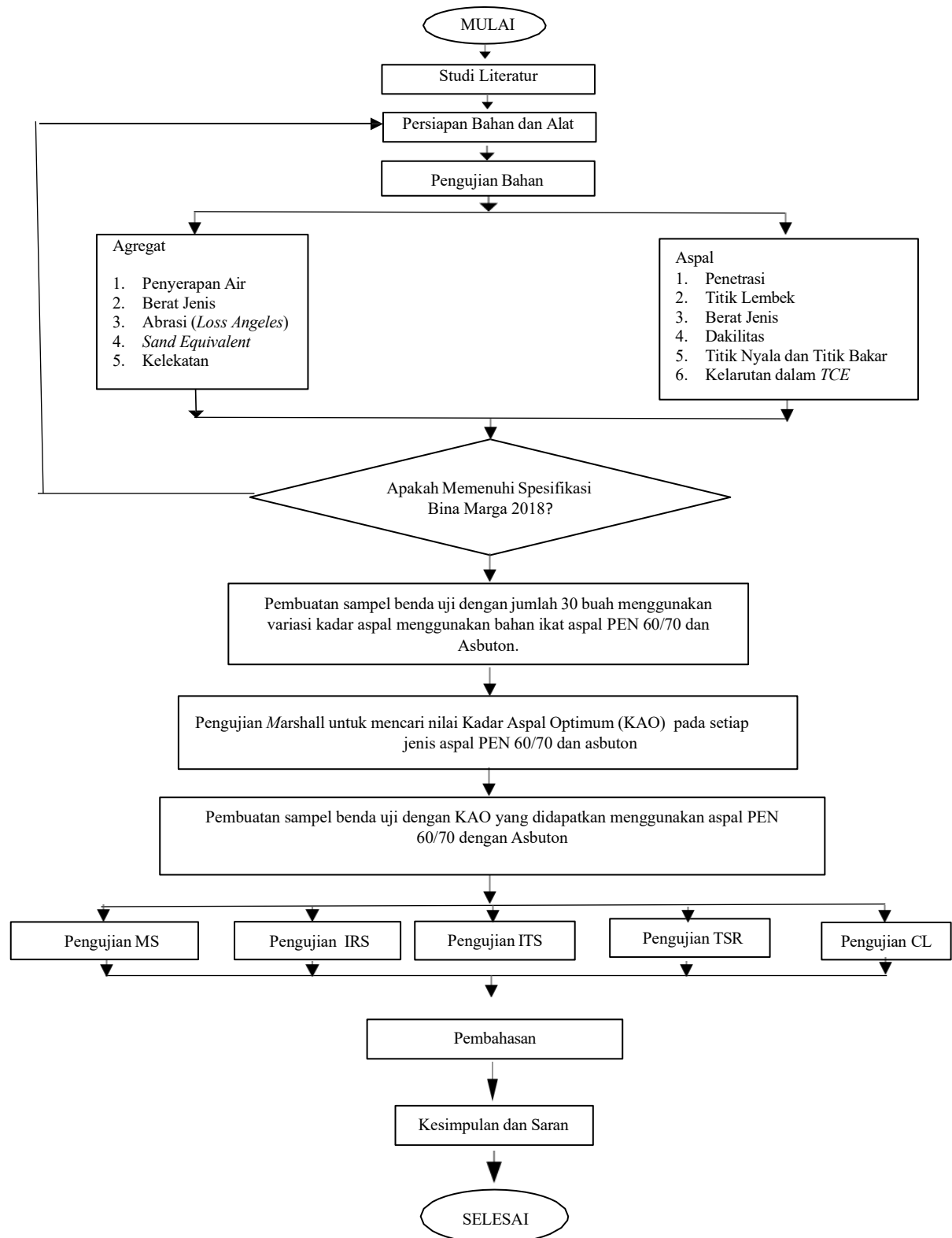
Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO Asbuton

Jenis Aspal	<i>Superpave</i>				
	Kadar Aspal (%)				
	4,5	5	5,5	6	6,5
Asbuton	3	3	3	3	3
Total	15				

Tabel 4.9 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian KAO

Pengujian	Jenis Aspal	
	Asbuton	PEN 60/70
MS	3	3
IRS	3	3
ITS	3	3
TSR	3	3
CL	3	3
Total	30	

Adapun *Flowchart* Penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini, yang menggambarkan alur tahapan penelitian secara runtut.



Gambar 4.2 Flowchat Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil dari setiap pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

PEN 60/70 merupakan aspal minyak hasil penyulingan dengan karakteristik penetrasi 60-70, sedangkan Asbuton Pracampur adalah campuran Aspal Buton dengan aspal pen 60 yang memiliki nilai penetrasi 50-60 serta memiliki titik lembek yang tinggi. Dari hasil pengujian ini dapat dilihat karakteristik aspal PEN 60/70 yang tertera pada Tabel 5.1 dan Asbuton Pracampur pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.1 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	320	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

Tabel 5.2 Data Pengujian Karakteristik Aspal Asbuton Pracampur

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,043	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	50-60	55,7	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	110	Memenuhi
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	310	Memenuhi
5	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	320	Memenuhi

Lanjutan Tabel 5.2 Data Pengujian Karakteristik Aspal Asbuton Pracampur

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	55	Memenuhi
7	Kelarutan <i>TCE</i> (%)	≥ 99	99,1	Memenuhi

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini ialah agregat yang sudah tersedia di Laboratorium Jalan Raya, Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil dari setiap pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.3 hingga Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.3 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	Kearifan dengan Mesin <i>LA</i> (%)	≤ 40	19,4	Memenuhi

Tabel 5.4 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 5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler*

No	<i>Filler</i>	Hasil
1	Berat Jenis Debu Batu	2,733

5.1.3 Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave*

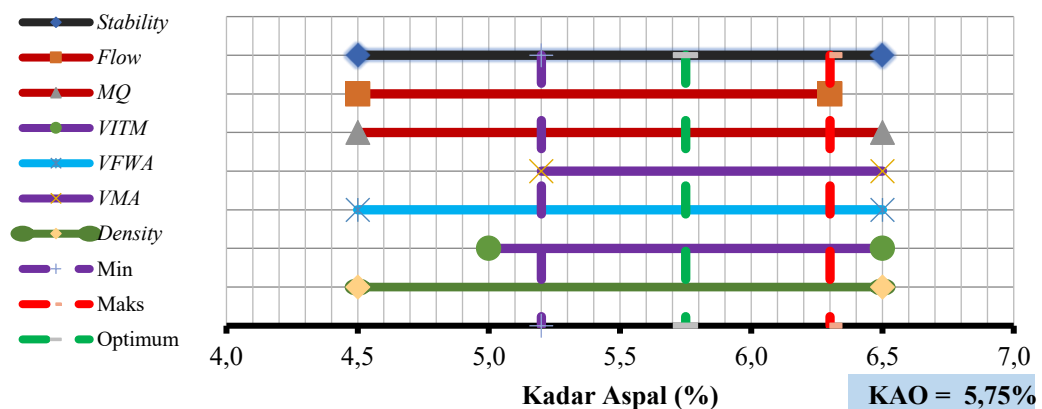
Saat menentukan kadar aspal optimum akan mendapatkan beberapa nilai seperti *stability*, *flow*, *MQ*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *density*. Hasil dari pengujian

dalam menentukan KAO pada setiap gradasi dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 sebagai berikut.

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Menentukan KAO Campuran *Superpave* Aspal
PEN 60/70**

Kadar Aspal (%)	Stability (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	989,11	3,26	303,41	5,46	65,06	14,12	2,304
5	1046,00	3,39	308,55	4,90	69,71	14,68	2,301
5,5	1150,00	3,42	336,26	4,84	71,81	15,68	2,286
6	1077,4	3,75	287,31	4,57	74,55	16,49	2,276
6,5	1060,3	4,22	251,26	4,19	77,53	17,19	2,269
Spesifikasi	800	2-4	65	3-5	15	250	-

Dari Tabel 5.5 hasil pengujian menentukan KAO Campuran *Superpave* aspal PEN 60/70 di atas, didapatkan nilai KAO untuk aspal PEN 60/70 sebesar 5,75 % yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.

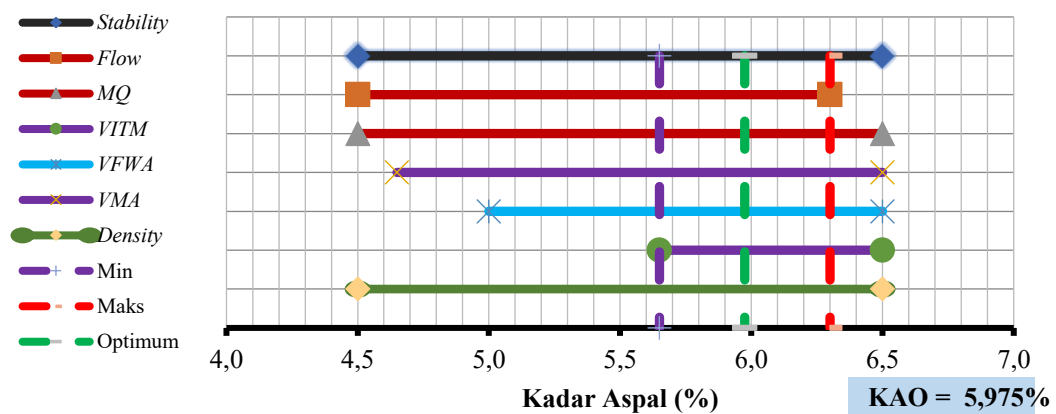


**Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave* Aspal
PEN 60/70**

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penentuan KAO Campuran *Superpave* Asbuton Pracampur

Kadar Aspal (%)	Stability (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	929,94	3,26	285,26	6,26	61,57	14,79	2,286
5	984,00	3,39	290,27	5,95	65,10	15,57	2,277
5,5	1253,42	3,49	359,15	5,24	69,98	15,98	2,278
6	1085,90	3,75	289,57	4,65	74,12	16,49	2,276
6,5	1029,71	4,10	251,15	4,27	77,11	17,19	2,269
Spesifikasi	800	2-4	65	3-5	15	250	-

Dari Tabel 5.6 hasil pengujian menentukan bahwa KAO Campuran *Superpave* Asbuton Pracampur di atas, didapatkan nilai KAO untuk Asbuton Pracampur sebesar 5,975 dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave* Aspal Buton Pracampur

5.1.4 Hasil Pengujian Campuran *Superpave* Berdasarkan Jenis Bahan Ikat PEN 60/70 dengan Asbuton Pracampur pada KAO

Hasil dari pengujian campuran *Superpave* dalam penelitian ini mencakup uji MS, IRS, ITS, TSR, dan CL, Ringkasan data dari setiap pengujian disajikan pada Tabel 5.7 hingga 5.10 berikut ini.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall Standard* pada Campuran *Superpave* Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

Pengujian <i>Marshall Standard</i>	Bahan Ikat		Spesifikasi	Keterangan
	PEN 60/70	Asbuton Pracampur		
Stabilitas (kg)	919,67	1016,06	800	Memenuhi
<i>Flow</i> (mm)	3,50	3,02	2-4	Memenuhi
MQ (kg/mm)	262,76	336,44	250	Memenuhi
VITM (%)	4,68	4,45	3-5	Memenuhi
VFWA (%)	73,25	74,56	65	Memenuhi
VMA (%)	16,00	16,02	15	Memenuhi
<i>Density</i> (gr/cc)	2,283	2,287	-	Memenuhi

Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian IRS pada Campuran *Superpave* Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

Bahan Ikat	IRS (%)
Aspal PEN 60/70	90,19
Asbuton Pracampur	93,07

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengujian ITS pada Campuran *Superpave* Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

Bahan Ikat	ITS (KPa)
Aspal PEN 60/70	408,98
Asbuton Pracampur	451,41

**Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian TSR pada Campuran *Superpave*
Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur**

Bahan Ikat	TSR (kg/cm)
Aspal PEN 60/70	94,35
Asbuton Pracampur	96,24

**Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian CL pada Campuran *Superpave*
Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur**

Bahan Ikat	CL (%)
Aspal PEN 60/70	4,83
Asbuton Pracampur	4,5

5.2 Pembahasan

5.2.1 Karakteristik Aspal

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

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara volume aspal dan volume air, berat jenis aspal berpengaruh terhadap rancangan perkerasan. Pada pengujian berat jenis aspal PEN 60/70 memiliki berat jenis yaitu 1,0256 sedangkan Asbuton Pracampur memiliki berat jenis sebesar 1,0435. Berat jenis kedua bahan ikat tersebut memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 dengan berat jenis ≥ 1 .

2. Penetrasi Aspal

Penetrasi aspal menunjukkan tingkat kekerasan pada aspal. Penetrasi pada kedua jenis bahan ikat memiliki nilai berbeda. Aspal PEN 60/70 memiliki nilai penetrasi sebesar 61,1 mm. Sedangkan bahan ikat Asbuton Pracampur memiliki nilai penetrasi sebesar 55,7 mm. kedua bahan ikat tersebut sudah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu PEN 60/70 dengan syarat nilai penetrasi 60-70 sedangkan Asbuton Pracampur dengan syarat nilai penetrasi 50-60.

3. Daktilitas Aspal

Daktilitas pada aspal berarti tingkat kekenyalan pada aspal. Dari pengujian daktilitas yang telah dilakukan kedua bahan ikat memiliki hasil yang berbeda. Aspal PEN 60/70 menunjukkan nilai sebesar 150 cm, sehingga nilai tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu ≥ 100 . Sedangkan Asbuton Pracampur memiliki nilai daktilitas sebesar 110 cm.

4. Titik Nyala Aspal

Titik nyala pada aspal diperoleh dengan cara mulai menimbulkan percikan api secara singkat. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa aspal PEN 60/70 mempunyai titik nyala sebesar 320°C sedangkan titik nyala pada Asbuton Pracampur diperoleh sebesar 310°C yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

5. Titik Bakar Aspal

Titik bakar pada aspal diperoleh dengan cara menimbulkan percikan api kurang lebih selama 5 detik. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa aspal mempunyai titik bakar sebesar 330°C sedangkan titik nyala pada Asbuton Pracampur diperoleh sebesar 320°C yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

6. Titik Lembek Aspal

Nilai titik lembek aspal diperoleh dengan cara menjadikan aspal lunak atau turun hingga menyentuh bola baja. Nilai titik lembek aspal menunjukkan batas suhu aspal untuk menahan suhu tinggi. Pengujian dari titik lembek pada bahan ikat PEN 60/70 menunjukkan hasil sebesar 49°C sedangkan Asbuton Pracampur menunjukkan hasil sebesar 55°C dimana angka tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $\geq 48^{\circ}\text{C}$.

7. Kelarutan dalam TCE

Nilai kelarutan aspal dalam TCE berarti menyatakan presentase jumlah aspal yang larut dalam TCE. Hasil pengujian pada bahan ikat PEN 60/70 menunjukkan nilai kelarutan sebesar 90% sedangkan nilai kelarutan pada Asbuton Pracampur diperoleh sebesar 90,1% yang berarti telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 90%.

5.2.2 Karakteristik Agregat Kasar

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

1. Berat Jenis Agregat

Hasil dari pengujian berat jenis agregat pada penelitian ini berupa berat benda uji kondisi basah jenuh (BJ), berat benda dalam air (BA), dan berat benda uji kering oven (BK). Agregat kasar pada penelitian ini diperoleh sebesar 2,597% yang artinya telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar $\geq 2,5\%$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air oleh agregat merupakan kemampuan suatu agregat untuk menyerap air, rongga, atau pori agregat. Dari pengujian yang sudah dilakukan didapat angka penyerapan air oleh agregat kasar sebesar 1,618% dimana angka tersebut telah memenuhi standar Bina Marga 2018 yaitu sebesar $< 3\%$.

3. Keausan oleh Mesin LA

Nilai keausan agregat mengidentifikasi ketahanan suatu agregat terhadap abrasi dengan memakai mesin LA. Pada penelitian ini didapat hasil keausan agregat sebesar 19,4% dimana nilai tersebut sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar $\leq 40\%$.

5.2.3 Karakteristik Agregat Halus

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

1. Berat Jenis Agregat

Hasil dari pengujian berat jenis agregat berupa berat benda uji dalam kondisi basah jenuh (BJ), berat benda dalam air (BA), dan berat benda uji dikering oven (BK). Nilai berat jenis agregat halus didapat kan sebesar 2,52 dimana nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar $\geq 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air pada agregat menunjukkan seberapa besar kemampuan material tersebut dalam menyerap air ke dalam rongga atau porinya. Berdasarkan hasil uji yang dilakukan, nilai penyerapan air pada agregat halus diperoleh sebesar

2,48 %. Angka ini sudah sesuai dengan standar spesifikasi Bina Marga 2018, yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Nilai *Sand Equivalent* digunakan untuk mengetahui jumlah debu serta lumpur pada agregat halus. Pada penelitian ini, diperoleh nilai 93,35%, yang menunjukkan bahwa hasil tersebut sudah sesuai dengan standar Bina Marga 2018, yaitu ≥ 50 .

4. *Filler*

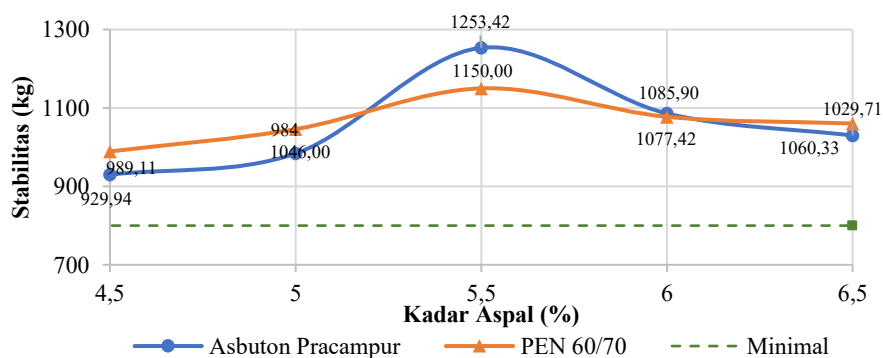
Filler adalah material halus dari agregat yang lolos saringan No. 200. Hasil penelitian menunjukkan nilai *filler* sebesar 2,733%.

5.2.4 Karakteristik *Marshall* Campuran *Superpave* dengan Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur untuk mencari KAO

Tinjauan karakteristik MS untuk mencari nilai KAO pada campuran *Superpave* menggunakan bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur secara rinci dapat dilihat sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapis perkerasan dalam menahan beban lalu lintas hingga terjadi deformasi atau kelelahan plastis. Kadar aspal akan mempengaruhi nilai stabilitas, nilai stabilitas akan terus meningkat hingga batas optimum dan kemudian nilai ini akan turun ketika sudah melampaui batas optimum. Berikut merupakan Gambar 5.3 grafik perbandingan nilai stabilitas.



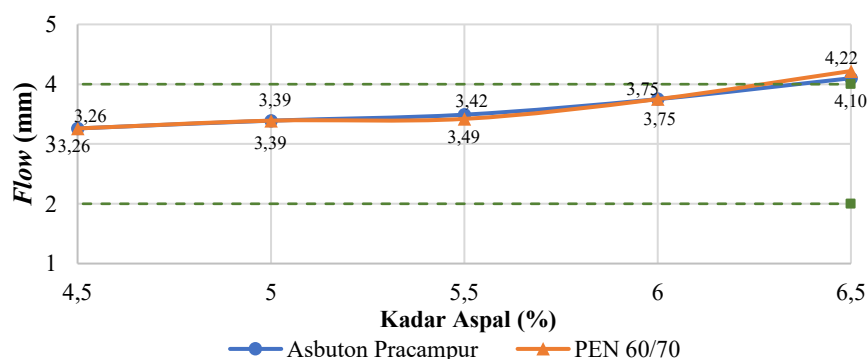
Gambar 5.3 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas Campuran *Superpave* pada tiap Bahan Ikat

Berdasarkan Gambar 5.3, nilai stabilitas pada bahan ikat PEN 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 berada pada rentang 4,5%-6,5%. Bahan ikat PEN 60/70 menunjukkan peningkatan nilai stabilitas dari 989,11 kg pada kadar aspal 4,5% menjadi 1150 kg pada kadar 5,5%, setelah kadar 5,5% nilai stabilitas berangsur turun hingga mencapai nilai 1029,71 kg pada kadar aspal 6,5%.

Sementara itu, nilai stabilitas pada bahan ikat Asbuton Pracampur yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 terdapat pada rentang kadar aspal yang sama yaitu 4,5%-6,5%, Nilai stabilitas pada Asbuton Pracampur meningkat dari 929,94 kg pada kadar aspal 4,5% menjadi 1253,42 kg pada kadar 5,5%, setelah kadar 5,5% nilai stabilitas berangsur turun hingga mencapai nilai 1060,33 kg pada kadar aspal 6,5%. Berdasarkan hasil nilai stabilitas kedua bahan ikat tersebut menunjukkan nilai stabilitas akan meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal hingga mencapai nilai optimum, nilai stabilitas turun ketika sudah melewati nilai optimum.

2. Kelelehan (*Flow*)

Flow adalah pembebanan yang dilakukan hingga tercapainya batas keruntuhan yang kemudian dihitung sebagai nilai deformasi. Nilai *flow* dinyatakan dalam satuan mm atau 0,01 inci. Berikut adalah grafik perbedaan penggunaan bahan ikat PEN 60/70 dengan Asbuton Pracampur terhadap nilai *flow* pada Gambar 5.4.



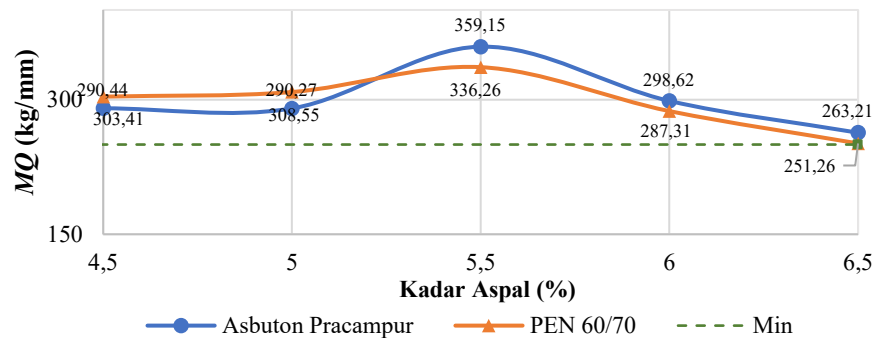
Gambar 5.4 Hubungan antara Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur dengan Nilai *Flow* Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.4, dapat dilihat bahwa kedua bahan ikat tersebut mengalami peningkatan nilai *flow* seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan dalam campuran. Pada bahan ikat PEN 60/70, nilai *flow* menunjukkan tren kenaikan yang cukup konsisten, yaitu dari 3,26 mm pada kadar aspal 4,5% menjadi 4,22 mm pada kadar aspal 6,5%. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi kadar aspal yang digunakan, maka campuran cenderung menjadi lebih plastis dan mudah mengalami deformasi. Adapun nilai *flow* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 untuk bahan ikat PEN 60/70 berada pada rentang kadar aspal antara 4,5% hingga 6,3%, yang menunjukkan bahwa pada kadar tersebut campuran masih memiliki keseimbangan antara fleksibilitas dan stabilitas yang baik.

Sementara itu, nilai *flow* pada bahan ikat Asbuton Pracampur yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 juga terdapat pada rentang kadar aspal 4,5% hingga 6,3%. Nilai *flow* pada bahan ikat Asbuton Pracampur bertambah yang awalnya sebesar 3,26 mm pada kadar 4,5% menjadi 4,10 mm pada kadar aspal 6,5%. Bertambahnya nilai *flow* dikarenakan meningkatnya lapisan film aspal yang menyelimuti agregat. Lapisan aspal yang semakin tebal mengakibatkan campuran menjadi lebih plastis dan menjadikan deformasi yang lebih besar sebelum pecah. Jika kandungan aspal terlalu besar, tingkat plastisitas yang berlebihan dapat melemahkan kekuatan campuran.

3. *Marshall Quotient (MQ)*

MQ adalah perbandingan antara stabilitas dan *flow* pada campuran aspal. Nilai ini dipakai untuk mengukur kekakuan suatu campuran perkerasan. Semakin besar nilai MQ, campuran perkerasan akan lebih kaku, sedangkan semakin kecil nilai MQ menandakan campuran lebih lentur. Diperlukan tingkat kekakuan yang seimbang untuk menjaga kestabilan lapisan perkerasan. Berikut merupakan grafik nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ Campuran *Superpave*

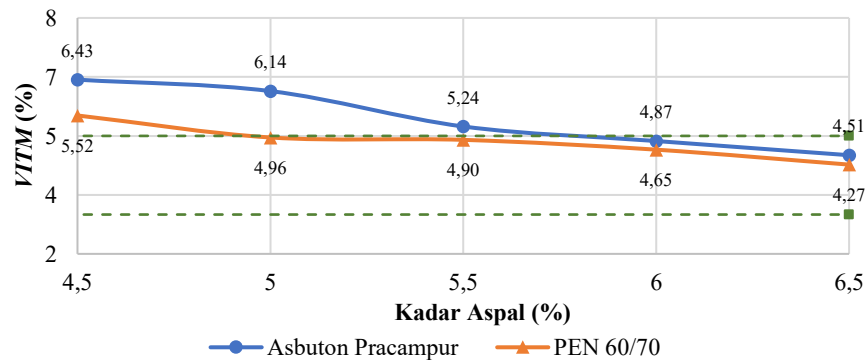
Berdasarkan Gambar 5.5, dapat dilihat pada kadar 4,5% nilai MQ pada PEN 60/70 sebesar 303,41 kg/mm yang kemudian nilainya meningkat secara perlahan. Kemudian ketika sudah berada pada kadar 5,5%, nilai MQ berada pada puncaknya yaitu sebesar 336,26 kg/mm. Pada bahan ikat PEN 60/70 rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 terdapat pada rentang 4,5% hingga 6,5%.

Sementara itu, pada bahan ikat Asbuton Pracampur, pada kadar 4,5% didapat nilai MQ sebesar 290,44 kg/mm. Seiring bertambahnya kadar aspal, nilai MQ terus meningkat hingga mencapai puncaknya saat kadar aspal 5,5% dengan nilai sebesar 359,15. Setelah kadar 5,5% nilai MQ berangsur turun hingga mencapai kadar 6,5% dengan nilai 263,21 kg/mm. Pada bahan ikat Asbuton Pracampur kadar yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 pada rentang kadar 4,5% hingga 6,5%. Nilai MQ yang ideal dicapai ketika penambahan kadar aspal mampu meningkatkan stabilitas tanpa diikuti oleh kenaikan *flow* yang berlebihan. Jika kadar aspal melewati titik optimum, lapisan film aspal yang terlalu tebal justru berperan sebagai pelumas sehingga melemahkan gaya ikatan antar-agregat dan mengurangi kekakuan campuran.

4. *Void In Total Mix (VITM)*

VITM adalah persentase rongga udara dalam total campuran aspal dan agregat. Karakteristik ketahanan campuran terhadap deformasi plastis sangat dipengaruhi oleh nilai VITM. Jika nilainya sesuai dengan syarat, maka campuran aspal mampu menahan deformasi plastis. Namun, bila terlalu tinggi,

campuran akan menjadi porous sehingga air dan udara mudah masuk, yang akhirnya membuat campuran cepat teroksidasi dan mengalami deformasi plastis. Hubungan antara kadar aspal dan nilai VITM pada campuran *Superpave* dengan berbagai jenis bahan ikat dapat dilihat pada Gambar 5.6.



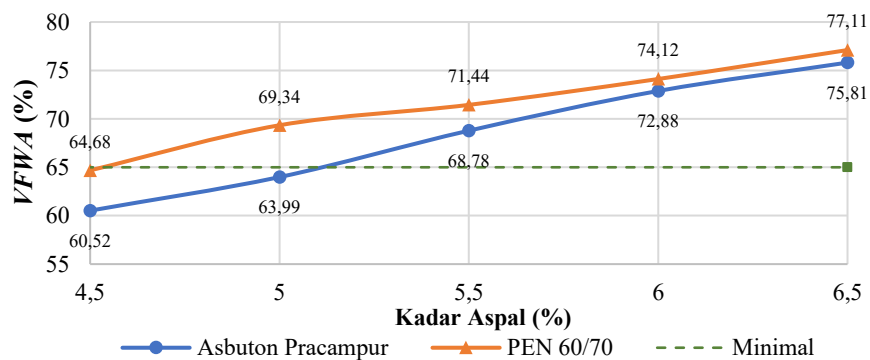
Gambar 5.6 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Campuran *Superpave*

Pada Gambar 5.6, kedua campuran *Superpave* berbahan ikat Asbuton Pracampur dan PEN 60/70 mengalami tren menurun seiring dengan makin bertambahnya kadar aspal. Bahan ikat PEN 60/70 mengalami penurunan nilai VITM dari 5,52% menurun hingga nilai 4,27%. Sedangkan pada bahan ikat Asbuton Pracampur mengalami penurunan nilai VITM dari 6,43% menurun hingga 4,51%. Nilai VITM pada Asbuton Pracampur cenderung lebih tinggi dibanding dengan PEN 60/70.

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, nilai VITM yang diperbolehkan berada pada kisaran 3% – 5%. Hasil grafik menunjukkan bahwa nilai VITM Asbuton Pracampur tidak masuk spesifikasi pada kadar aspal 4,5% sampai 5,5%, sementara PEN 60/70 melewati batas ketika kadar aspal 4,5%. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan aspal pada Asbuton Pracampur harus lebih banyak kadarnya dibandingkan dengan PEN 60/70 untuk masuk ke dalam spesifikasi nilai VITM yang diperbolehkan. Dengan demikian, diperlukan penentuan kadar aspal optimum agar nilai VITM tetap berada dalam rentang yang disyaratkan, sehingga kinerja perkerasan jalan dapat terjaga secara optimal.

5. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA didefinisikan sebagai persentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal. Parameter ini memiliki peranan penting dalam menentukan tingkat kepadatan campuran serta memengaruhi karakteristik elastisitas dan kekuatan, yang pada akhirnya berdampak pada stabilitas dan durabilitas perkerasan. Nilai VFWA yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan bleeding, sedangkan nilai yang terlalu rendah dapat menyebabkan campuran menjadi porous. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA pada campuran *Superpave* untuk kedua jenis gradasi ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA Campuran *Superpave* pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

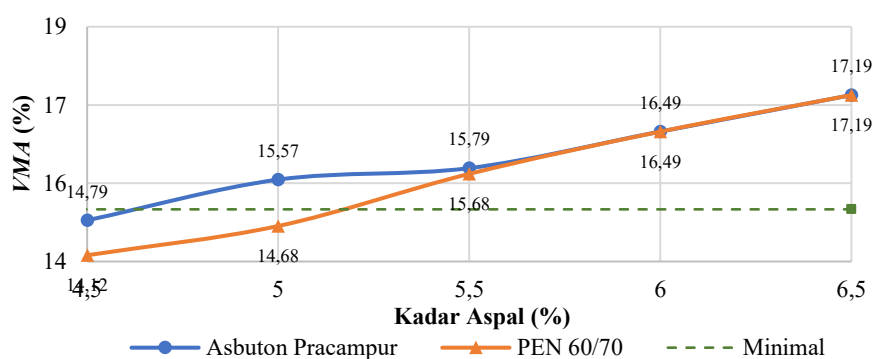
Berdasarkan Gambar 5.7, terlihat bahwa nilai VFWA pada kedua jenis bahan ikat baik PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur menunjukkan tren peningkatan pada nilai VFWA seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Untuk bahan ikat Asbuton Pracampur, nilai VFWA meningkat dari 60,52% pada kadar aspal 4,5% menjadi 63,99% pada kadar aspal 5%, 68,78% pada kadar aspal 5,5%, 72,88% pada 6%, dan 75,81% pada kadar aspal 6,5%. Sementara itu, pada bahan ikat PEN 60/70 nilai VFWA juga meningkat dari 64,68% pada kadar aspal 4,5% menjadi 69,34% pada kadar aspal 5%, 71,44 % pada kadar 5,5%, 74,12% pada kadar 6%, dan 88,41% pada kadar 6,5%. Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, nilai VFWA yang dipersyaratkan adalah $\geq 65\%$. Berdasarkan data, bahan ikat Asbuton

Pracampur berada pada rentang spesifikasi 5,5%-6,5%. Untuk bahan ikat PEN 60/70, nilai VFWA yang memenuhi persyaratan spesifikasi pada kadar 5,1%-6,5%.

Nilai VFWA yang terlalu tinggi, seperti pada kadar aspal 6,5% untuk PEN 60/70 (77,11%), berpotensi menimbulkan *bleeding* karena kelebihan aspal mengisi hampir seluruh rongga antar-agregat, sehingga mengurangi stabilitas campuran. Sebaliknya, pada kadar aspal yang rendah, misalnya 4,5% pada Asbuton Pracampur (60,52%), nilai VFWA berada di bawah rentang spesifikasi, sehingga risiko terjadinya porous meningkat akibat rongga antar-agregat tidak terisi aspal secara optimal. Dengan demikian, penentuan kadar aspal optimum menjadi hal yang krusial untuk memastikan nilai VFWA tetap berada dalam kisaran yang dipersyaratkan serta menjaga kinerja perkerasan agar tetap maksimal.

6. *Void in Mineral Agregate (VMA)*

VMA didefinisikan sebagai persentase volume rongga udara yang terbentuk di antara butiran agregat pada campuran aspal setelah proses pemadatan. Parameter ini dapat diartikan sebagai ruang yang tersedia untuk menampung aspal sekaligus rongga udara yang diperlukan dalam struktur campuran aspal-agregat. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA Campuran *Superpave* pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

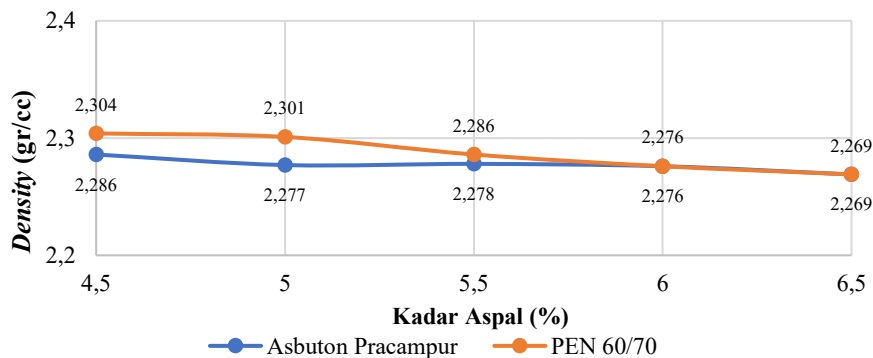
Berdasarkan Gambar 5.8, terlihat bahwa nilai VMA pada kedua jenis gradasi cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Pada bahan ikat PEN 60/70 nilai VMA naik dari 14,12% pada kadar aspal 4,5% menjadi 14,68%

pada 5%, kemudian meningkat lagi menjadi 15,68% pada 5,5%, 16,49% pada 6%, dan mencapai 17,19% pada kadar aspal 6,5%. Sementara itu, pada bahan ikat Asbuton Pracampur, nilai VMA juga mengalami kenaikan dari 14,79% pada kadar aspal 4,5% menjadi 15,57% pada 5%, kemudian naik menjadi 15,79% pada 5,5%, 16,49% pada 6%, dan mencapai 17,19% pada kadar aspal 6,5%. Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, nilai VMA minimum yang dipersyaratkan untuk campuran beraspal panas adalah $\geq 15\%$. Berdasarkan hasil tersebut, bahan ikat PEN 60/70 tidak memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 4,5% (14,12%) dan 5% (14,68%), tetapi mulai sesuai pada kadar aspal $\geq 5,2\%$. Sedangkan untuk bahan ikat Asbuton Pracampur, kadar aspal 4,5% (14,79%) belum memenuhi syarat, namun mulai sesuai pada kadar aspal $\geq 4,6\%$.

Kenaikan nilai VMA seiring bertambahnya kadar aspal disebabkan oleh semakin banyaknya aspal yang mengisi rongga antar-agregat, sehingga volume total rongga dalam campuran ikut meningkat. Secara umum, data menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal yang ditambahkan, semakin besar pula nilai VMA pada kedua jenis bahan ikat. Fenomena ini sesuai dengan teori perancangan campuran beraspal, di mana penambahan kadar aspal dapat mengurangi tingkat kepadatan agregat dan menyebabkan meningkatnya volume rongga mineral (VMA). Peningkatan nilai VMA yang telah melampaui batas minimal 15% menunjukkan bahwa campuran memiliki ruang yang memadai untuk menampung aspal dan udara, sehingga mampu memberikan keseimbangan antara kekuatan, durabilitas, serta fleksibilitas lapisan perkerasan.

7. *Density*

Density merupakan parameter yang menggambarkan berat per satuan volume dan mencerminkan tingkat kepadatan pada campuran aspal. Peningkatan nilai *density* menunjukkan bahwa campuran memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban, karena berkurangnya rongga di dalam campuran membuat struktur menjadi lebih rapat serta kedap terhadap udara maupun air, sehingga memperlambat terjadinya proses oksidasi. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *density* pada campuran *Superpave* untuk kedua jenis bahan ikat dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* Campuran *Superpave* pada Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

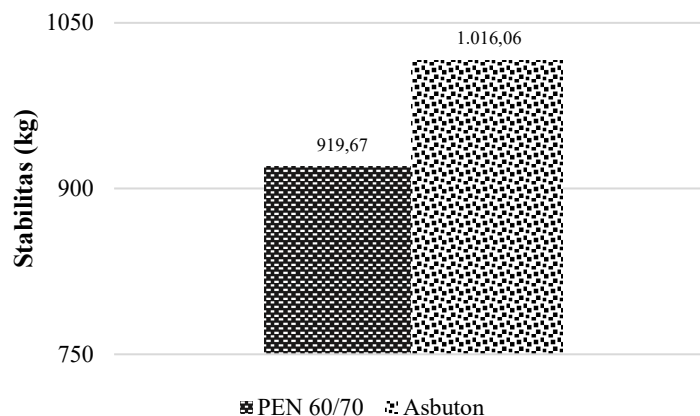
Berdasarkan Gambar 5.9, hubungan antara kadar aspal dan nilai *density* pada campuran *Superpave* memperlihatkan pola yang serupa pada bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur. *Density* tertinggi diperoleh pada PEN 60/70 dengan kadar aspal 4,5% yaitu sebesar 2,304 gr/cc, kemudian menurun pada kadar aspal yang lebih tinggi. Pada kadar aspal rendah, nilai *density* juga cenderung lebih kecil karena ikatan antar-agregat belum terbentuk secara optimal, sedangkan pada kadar aspal yang lebih tinggi, penurunan *density* terjadi akibat kelebihan aspal yang mengurangi kepadatan efektif campuran.

5.2.5 Pengaruh Bahan Ikat Terhadap Kinerja Campuran *Superpave* pada KAO berdasarkan Jenis Bahan Ikat

Peninjauan pengaruh bahan ikat terhadap jenis campuran gradasi *Superpave* pada bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas didefinisikan sebagai kemampuan lapisan perkerasan dalam menahan beban lalu lintas hingga mengalami deformasi atau kelelahan plastis. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar aspal, yang umumnya meningkat hingga mencapai kadar optimum, kemudian menurun apabila kadar aspal melebihi batas optimum tersebut. Gambar 5.10 menunjukkan pengaruh perbedaan bahan ikat terhadap nilai stabilitas.



Gambar 5.10 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.10, Campuran *Superpave* dengan bahan ikat PEN 60/70 memiliki stabilitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan ikat Asbuton Pracampur. Tingginya stabilitas pada campuran Asbuton Pracampur dibandingkan PEN 60/70 disebabkan oleh sifat pengikatnya yang lebih kaku. Sehingga mampu memperkuat ikatan antar-agregat dan meningkatkan resistensi terhadap deformasi plastis.

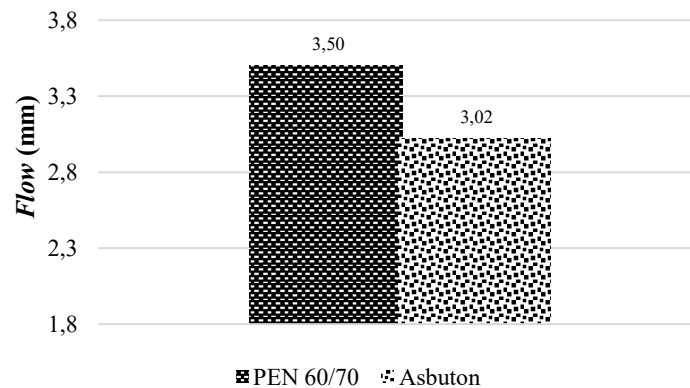
Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada bahan ikat Asbuton Pracampur, yaitu mencapai nilai 1016,06 kg. Sedangkan bahan ikat PEN 60/70 memiliki nilai stabilitas 919,67 kg yang nilainya berada di bawah bahan ikat Asbuton Pracampur. Nilai stabilitas kedua bahan ikat tersebut sudah berada pada persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 (>800kg). Hasil ini konsisten dengan penelitian Aji, dkk (2025) yang menyatakan bahwa nilai stabilitas bahan ikat Asbuton lebih tinggi daripada nilai stabilitas yang ada pada Aspal PEN 60/70 yang menunjukkan bahwa rongga udara dan rongga antar-agreat, sehingga meningkatkan nilai stabilitas campuran.

Terlihat bahwa nilai stabilitas campuran dengan bahan ikat Asbuton lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal PEN 60/70. Nilai stabilitas pada bahan Asbuton Pracampur mencapai 1016,06 kg, sedangkan pada campuran dengan PEN 60/70 sebesar 919,67 kg. Persen selisih keduanya sebesar sekitar 10,5%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan Asbuton mampu

memberikan kinerja stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan PEN 60/70, sehingga campuran lebih tahan terhadap beban lalu lintas sebelum mengalami deformasi plastis.

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 metode pencampuran terhadap nilai *flow* ditunjukkan pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai *Flow* pada Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.11, terlihat bahwa nilai *flow* pada campuran dengan aspal minyak PEN 60/70 mencapai 3,50 mm, sedangkan pada campuran Asbuton Pracampur nilainya lebih rendah yaitu 3,02 mm. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan PEN 60/70 mengalami deformasi plastis yang lebih besar sebelum mencapai keruntuhan dibandingkan dengan campuran Asbuton Pracampur.

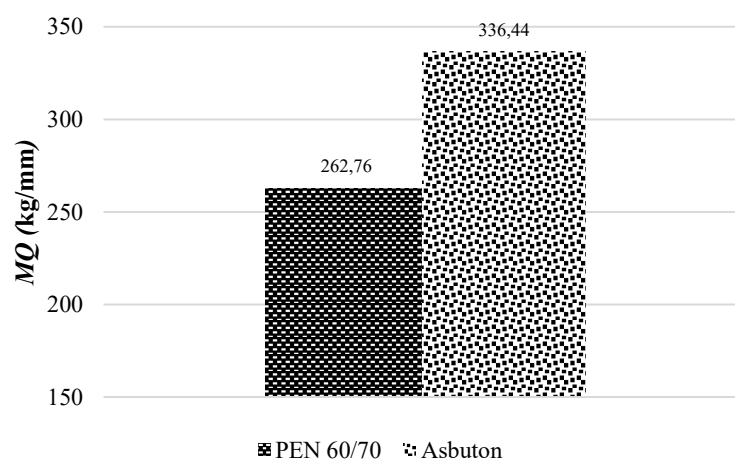
Nilai *flow* campuran dengan aspal PEN 60/70 adalah 3,50 mm, sedangkan campuran asbuton sebesar 3,02 mm. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa nilai *flow* pada PEN 60/70 berbeda 0,48 mm atau sekitar 13,7% lebih tinggi dibandingkan Asbuton Pracampur. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan ikat PEN

60/70 lebih plastis, sedangkan bahan ikat Asbuton Pracampur lebih kaku dan memiliki deformasi plastis yang lebih rendah.

Nilai *flow* yang lebih kecil pada campuran asbuton menandakan sifat campuran yang lebih kaku serta menghasilkan campuran dengan struktur yang lebih rapat dan stabil. Kekakuan ini memberikan keuntungan dalam hal ketahanan terhadap deformasi permanen (*rutting*), meskipun perlu diperhatikan bahwa campuran yang terlalu kaku berpotensi menurunkan fleksibilitas dan meningkatkan risiko retak. Sebaliknya, campuran dengan PEN 60/70 memiliki fleksibilitas lebih tinggi, namun dengan konsekuensi deformasi plastis yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sari dan Prasetyo (2021) yang menyatakan bahwa peningkatan kekakuan pada campuran asbuton menyebabkan nilai *flow* menurun karena campuran menjadi lebih tahan terhadap deformasi plastis.

3. *Marshall Quotient (MQ)*

MQ adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai *flow* yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kekakuan atau kelenturan suatu campuran beraspal. Gambar 5.12 menunjukkan pengaruh bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur terhadap nilai MQ.



Gambar 5.12 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai MQ pada Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.12, nilai MQ pada bahan ikat dengan aspal PEN 60/70 sebesar 262,76 kg/mm, sedangkan pada bahan ikat Asbuton Pracampur nilainya lebih tinggi yaitu 336,44 kg/mm. Perbedaan ini menunjukkan bahwa bahan ikat Asbuton Pracampur memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan campuran PEN 60/70. Tingginya nilai MQ pada Asbuton Pracampur mengindikasikan kemampuan ikatan antar-agregat yang lebih kuat serta resistensi yang lebih baik terhadap deformasi plastis akibat pembebanan lalu lintas. Hal ini sejalan dengan karakteristik asbuton yang memiliki kekakuan lebih tinggi, sehingga memberikan kontribusi pada peningkatan stabilitas campuran. Sementara itu, meskipun campuran dengan PEN 60/70 memiliki nilai MQ yang lebih rendah, sifat ini dapat memberikan fleksibilitas yang lebih baik, namun dengan konsekuensi campuran lebih rentan terhadap deformasi permanen.

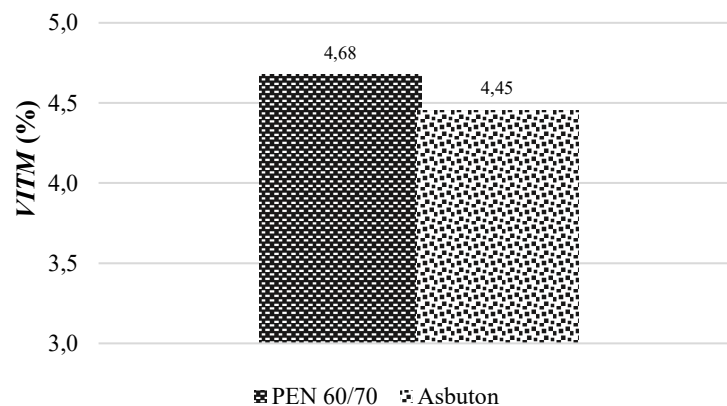
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MQ pada bahan ikat dengan Asbuton Pracampur lebih tinggi dibandingkan dengan aspal minyak PEN 60/70. Tingginya nilai MQ pada Asbuton Pracampur disebabkan oleh meningkatnya stabilitas campuran serta menurunnya nilai *flow*, sehingga campuran menjadi lebih kaku dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi plastis. Hal ini sejalan dengan temuan Qu dkk, (2020) yang menyatakan bahwa penambahan *Buton Rock Asphalt* (BRA) mampu meningkatkan stabilitas sekaligus menurunkan nilai *flow*, yang pada akhirnya membuat campuran lebih kaku dan lebih tahan terhadap deformasi.

Nilai MQ campuran asbuton tercatat sebesar 336,44 kg/mm, sedangkan campuran PEN 60/70 sebesar 262,76 kg/mm. Selisih tersebut menunjukkan peningkatan sebesar 73,18 kg/mm atau sekitar 29,1%, yang mengindikasikan bahwa campuran asbuton memiliki kekakuan dan ketahanan deformasi plastis yang lebih baik dibandingkan dengan PEN 60/70.

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

VITM merupakan persentase rongga udara yang terdapat di dalam keseluruhan campuran agregat dan aspal. Besarnya nilai VITM berkaitan erat dengan kemampuan campuran dalam menahan deformasi plastis. Apabila nilai VITM terlalu tinggi, campuran menjadi lebih berpori dan mudah mengalami

deformasi plastis, sedangkan nilai VITM yang terlalu rendah dapat menurunkan stabilitas campuran. Gambar 5.13 menampilkan diagram batang yang menggambarkan pengaruh perbedaan bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur terhadap nilai VITM.



Gambar 5.13 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dengan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai VITM pada Campuran *Superpave*

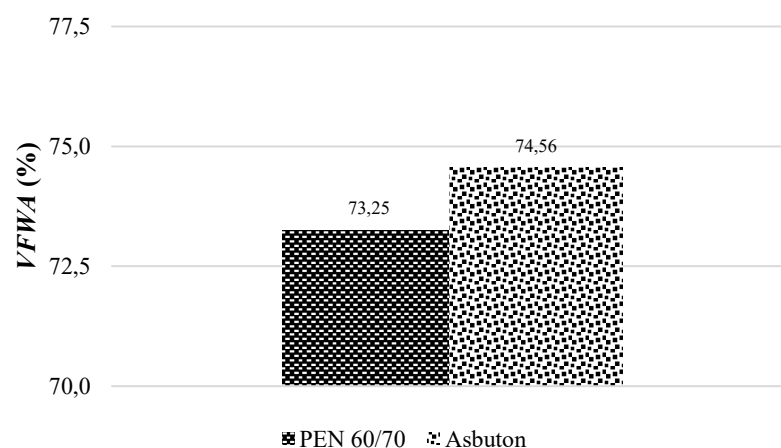
Berdasarkan Gambar 5.13, nilai VITM pada bahan ikat aspal PEN 60/70 adalah 4,68%, sedangkan pada bahan ikat Asbuton Pracampur sebesar 4,45%. Nilai VITM campuran dengan Asbuton Pracampur lebih rendah 4,77% dibandingkan dengan campuran menggunakan aspal PEN 60/70. Penggunaan Asbuton Pracampur tidak signifikan memperbaiki nilai VITM. Kedua bahan ikat tersebut mampu membentuk campuran aspal yang rapat serta kedap terhadap udara dan air baik itu Asbuton Pracampur dan PEN 60/70 serta mampu membuat campuran yang sesuai dan memenuhi spesifikasi campuran bergradasi *Superpave*.

Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Sumiati dkk, (2019) yang mengatakan bahwa penggunaan asbuton pada campuran perkerasan tidak memperbaiki secara signifikan karakteristik *Marshall*, termasuk parameter volumetrik, sehingga baik penggunaan bahan ikat asbuton maupun PEN 60/70 menghasilkan campuran dengan kerapatan yang sama. Nilai VITM yang rendah menunjukkan rongga udara yang lebih sedikit di seluruh campuran aspal-agregat, yang membuat campuran menjadi lebih rapat dan memperkuat daya dukung terhadap beban lalu lintas.

Kondisi seperti ini umumnya meningkatkan stabilitas dan menurunkan deformasi plastis karena udara dan air tidak mudah masuk ke dalam rongga serta deformasi akibat suhu dan tekanan menjadi terbatas. Radziszewski, dkk (2021) mengatakan bahwa campuran dengan kandungan rongga udara rendah memiliki ketahanan deformasi permanen yang lebih baik dibandingkan dengan rongga udara yang lebih tinggi.

5. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA adalah persentase rongga campuran yang terisi aspal dan berpengaruh terhadap kekedapan, elastisitas, stabilitas, serta umur perkerasan. Nilai VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *bleeding*, sedangkan nilai yang rendah membuat campuran lebih *porous* dan rentan rusak. Gambar 5.14 menunjukkan hubungan kadar aspal dan nilai VFWA pada campuran *Superpave* untuk aspal PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur.



Gambar 5.14 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai VFWA pada Campuran *Superpave*

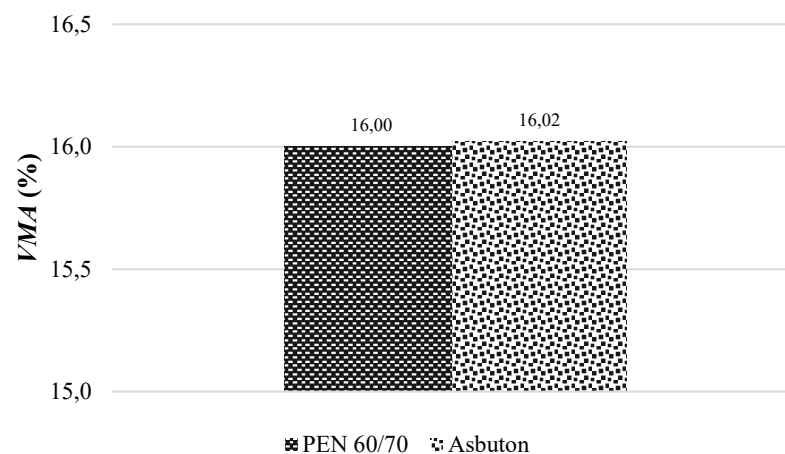
Berdasarkan Gambar 5.14, nilai VFWA pada campuran Asbuton Pracampur tercatat sebesar 74,56%, sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan campuran PEN 60/70 yang mencapai 73,25%. Perbedaan nilai VFWA kedua bahan ikat tersebut sebesar 1,78% dengan nilai Asbuton yang sedikit lebih tinggi. Campuran dengan Asbuton Pracampur tidak memberikan perbedaan secara signifikan dalam nilai VFWA. Hal ini menunjukkan bahwa kedua campuran baik itu Asbuton Pracampur

maupun PEN 60/70 memiliki volume rongga yang terisi oleh aspal yang sama. sehingga campuran sama-sama rapat dan kedap terhadap air maupun udara.

Abdel-Jaber dkk, (2022) menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal menyebabkan peningkatan nilai VFWA, yang mengindikasikan bahwa lebih banyak rongga dalam campuran terisi oleh aspal sehingga meningkatkan kedekatan dan potensi sifat elastis. Kondisi ini berpotensi meningkatkan durabilitas perkerasan dengan memperlambat infiltrasi air serta oksidasi aspal. Nilai VFWA yang lebih tinggi dapat meningkatkan kedekatan dan elastisitas campuran, perlu dikendalikan agar tidak melebihi batas optimum karena berisiko menimbulkan *bleeding*.

6. *Void in Mineral Agregat (VMA)*

VMA adalah persentase rongga di antara butiran agregat pada campuran aspal setelah pemadatan yang berfungsi menampung aspal dan menyediakan ruang udara dalam campuran. Gambar 5.15 menunjukkan perbandingan nilai VMA antara aspal PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur.



Gambar 5.15 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai VMA pada Campuran *Superpave*

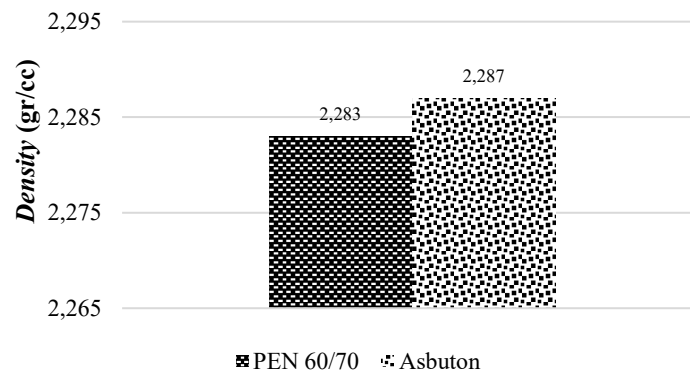
Berdasarkan Gambar 5.15, nilai VMA pada campuran dengan PEN 60/70 tercatat sebesar 16,00%, sedangkan pada campuran dengan Asbuton Pracampur sedikit lebih tinggi yaitu 16,02%. Kedua nilai tersebut berada dalam kisaran yang memenuhi spesifikasi minimum $VMA \geq 15\%$ untuk campuran beraspal panas

menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil ini menunjukkan bahwa baik PEN 60/70 maupun Asbuton Pracampur mampu menghasilkan campuran dengan rongga mineral yang memadai untuk menampung aspal sekaligus mempertahankan ruang udara yang diperlukan. Dengan demikian, penggunaan Asbuton Pracampur tidak menurunkan kualitas volumetrik campuran, nilai VMA berpotensi mendukung peningkatan stabilitas serta durabilitas perkerasan. Jiang dkk, (2024) menyebutkan bahwa VMA berperan penting dalam menyediakan ruang untuk aspal dan udara sehingga berpengaruh langsung terhadap stabilitas, durabilitas, dan kinerja jangka panjang perkerasan.

Nilai VMA pada campuran dengan Asbuton Pracampur (16,02%) dengan selisih 0,02% dengan campuran PEN 60/70 (16,00%). Selisih persen antara kedua bahan ikat tersebut sekitar 0,13%. Perbedaan yang sangat kecil tersebut menunjukkan bahwa kedua jenis bahan pengikat menghasilkan nilai VMA yang hampir sama, serta tetap berada dalam rentang spesifikasi *Superpave*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan kedua jenis bahan pengikat tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai VMA, namun tetap menjaga keseimbangan antara stabilitas campuran dan kemampuan menahan infiltrasi air.

7. Kepadatan (*Density*)

Densitas didefinisikan sebagai perbandingan antara berat dan volume yang merepresentasikan tingkat kepadatan campuran agregat aspal. Nilai densitas yang lebih tinggi menunjukkan bahwa campuran mampu menahan beban dengan lebih baik, karena jumlah rongga dalam campuran semakin berkurang, sehingga struktur menjadi lebih rapat, kedap terhadap udara maupun air, serta lebih lambat mengalami oksidasi. Perbedaan penggunaan jenis bahan ikat yang memengaruhi densitas campuran *Superpave* dapat dilihat pada Gambar 5.16.



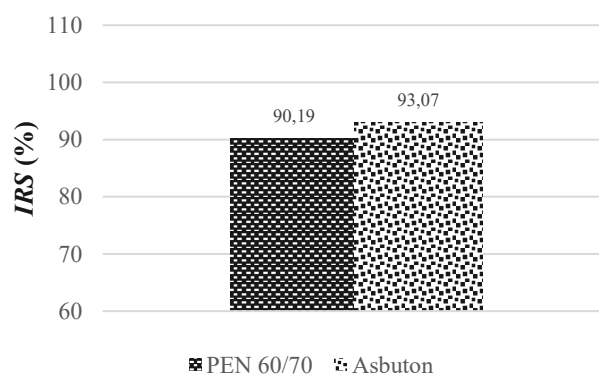
Gambar 5.16 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai *Density* pada Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.16, terlihat bahwa campuran dengan Asbuton Pracampur menunjukkan nilai densitas yang tidak jauh berbeda dengan campuran yang menggunakan aspal PEN 60/70. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penggunaan kedua campuran baik Asbuton Pracampur maupun PEN 60/70 mampu menghasilkan struktur campuran yang padat. Struktur tersebut berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas campuran melalui mekanisme penguncian antarpartikel yang lebih baik, sehingga campuran lebih tahan terhadap deformasi akibat beban lalu lintas dan berpotensi mengurangi risiko terjadinya *rutting*.

Pada pengujian tersebut didapatkan nilai densitas pada PEN 60/70 sebesar 2,283 gr/cc, dan 2,287 gr/cc pada asbuton pracampur. Selisih nilai densitas antara kedua jenis bahan ikat yaitu sebesar 0,004 gr/cc, densitas Asbuton Pracampur berbeda sekitar 0,18% dengan aspal PEN 60/70. Perbedaan ini menunjukkan bahwa Asbuton Pracampur dan PEN 60/70 memiliki tingkat kerapatan yang sama besar, yang memiliki potensi yang sama dalam mempengaruhi sifat mekanis campuran beraspal, khususnya dalam hal stabilitas dan daya tahan terhadap beban lalu lintas. Perbedaan ini menunjukkan pengaruh Asbuton Pracampur dalam memperbaiki kinerja volumetrik campuran tidak cukup signifikan.

5.2.6 Perbandingan nilai IRS Campuran *Superpave* Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

IRS didapatkan melalui pengujian ketahanan campuran terhadap pengaruh perendaman, yang bertujuan untuk menilai ketahanan campuran perkerasan setelah mengalami perendaman selama 24 jam pada *water bath* bersuhu 60°C, kemudian dibandingkan dengan kondisi perendaman selama 0,5 jam. Nilai IRS dihitung dengan cara membandingkan stabilitas campuran setelah perendaman 24 jam terhadap stabilitas pada perendaman 0,5 jam, lalu dinyatakan dalam bentuk persentase. Melalui pendekatan ini, penurunan kekuatan campuran dapat diketahui dengan lebih tepat. Gambar 5.17 memperlihatkan grafik pengaruh bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur terhadap nilai IRS pada campuran *Superpave*.



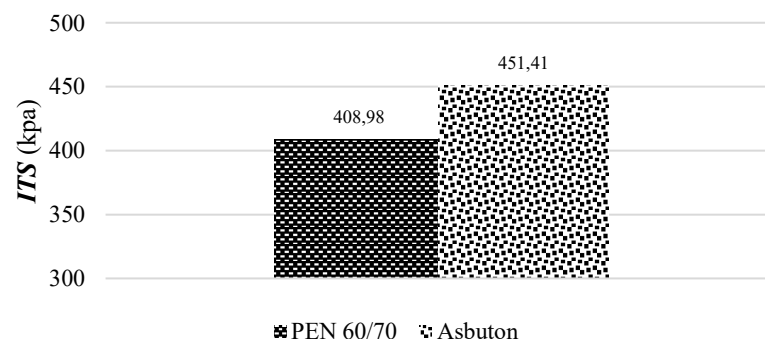
Gambar 5.17 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai IRS pada Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.17, dapat dilihat bahwa nilai IRS pada campuran *Superpave* dengan bahan ikat PEN 60/70 cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran berbahan ikat Asbuton Pracampur. Pada bahan ikat PEN 60/70 menghasilkan nilai IRS sebesar 90,19%, sedangkan bahan ikat Asbuton Pracampur dengan nilai IRS yang lebih tinggi yaitu sebesar 93,07%. Dengan demikian, Asbuton memiliki nilai IRS sebesar 3,19% lebih tinggi dibandingkan PEN 60/70, namun perbedaannya tidak cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan Asbuton maupun PEN 60/70 mampu mempertahankan kekuatannya setelah mengalami perendaman lama (24 jam).

Nilai IRS mencerminkan bahwa ikatan agregat dan bahan pengikat tidak banyak terganggu proses perendaman, sehingga campuran masih mempertahankan stabilitasnya. Menurut Putra dkk, (2024), parameter IRS menggambarkan ketahanan campuran terhadap degradasi akibat pengaruh suhu dan air, dan semakin tinggi nilai IRS, semakin baik durabilitas campuran terhadap kelembapan. Menurut penelitian Budi dan Supriyanto (2025), penggunaan Asbuton LGA B50/30 pada campuran AC-WC terbukti dapat mempertahankan daya tahan (durabilitas) campuran, yang ditunjukkan oleh nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) rata-rata sebesar 90,31%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan minimum 90% sesuai dengan ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Hal ini sejalan dengan kajian Katjo dan Isdyanto (2025) yang menyatakan bahwa variasi lama perendaman berpengaruh signifikan terhadap stabilitas campuran, dan penggunaan Asbuton mampu menjaga nilai IRS lebih baik dibandingkan aspal konvensional.

5.2.7 Perbandingan nilai ITS Campuran *Superpave* Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

ITS adalah metode pengujian yang digunakan untuk menilai kekuatan tarik tidak langsung pada campuran beraspal. Parameter ini untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya retak akibat kegagalan tarik pada campuran, sehingga dapat digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi kerentanan campuran aspal terhadap retakan. Gambar 5.18 menampilkan grafik yang menggambarkan pengaruh bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur terhadap nilai ITS .



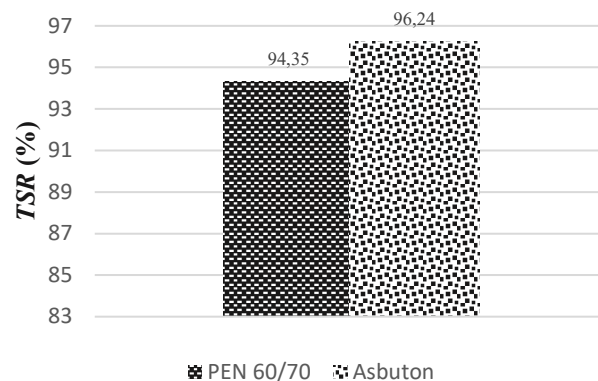
Gambar 5.18 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai ITS pada Campuran *Superpave*

Berdasarkan hasil pengujian ITS, terlihat bahwa campuran beraspal dengan bahan ikat PEN 60/70 memiliki nilai ITS sebesar 408,98 KPa, sedangkan campuran yang menggunakan Asbuton Pracampur menunjukkan nilai lebih tinggi yaitu 451,41 KPa. Nilai ITS campuran dengan Asbuton Pracampur lebih tinggi 10,37 % dibandingkan dengan campuran menggunakan aspal PEN 60/70. Asbuton Pracampur mampu meningkatkan sifat adhesi sehingga ikatan antar aspal dengan agregat lebih kuat.

Nilai ITS yang lebih tinggi menunjukkan bahwa campuran dengan Asbuton Pracampur lebih resisten terhadap potensi retak akibat beban lalu lintas maupun perubahan suhu, sehingga durabilitas campuran menjadi lebih baik. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Rahman dkk, (2024) yang menyatakan bahwa campuran aspal dengan bitumen hasil ekstraksi Asbuton menunjukkan peningkatan nilai ITS dibandingkan aspal konvensional, sehingga penggunaan Asbuton berpotensi meningkatkan kinerja mekanis perkerasan jalan, khususnya dalam hal ketahanan terhadap retak tarik.

5.2.8 Perbandingan nilai TSR Campuran *Superpave* Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

TSR merupakan metode pengujian yang bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan campuran beraspal terhadap pengaruh air dan kelembapan. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai kekuatan tarik tidak langsung (ITS). Perbandingan tersebut kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai TSR yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal mampu mempertahankan kekuatannya meskipun terpapar kondisi jenuh air, sehingga dianggap memiliki ketahanan yang baik terhadap kerusakan akibat kelembapan. Oleh karena itu, TSR sering dijadikan sebagai salah satu parameter penting dalam menilai durabilitas campuran beraspal terhadap kondisi lingkungan yang basah. Gambar 5.19 menampilkan grafik yang menggambarkan pengaruh bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur terhadap nilai TSR pada campuran *Superpave*.



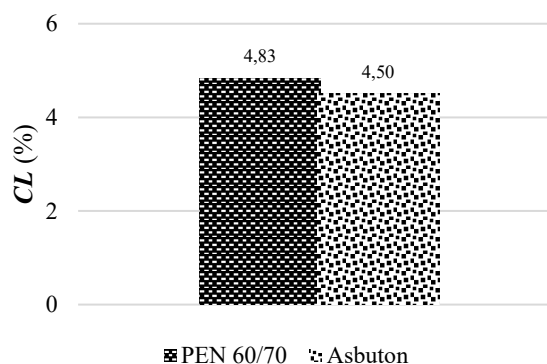
Gambar 5.19 Pengaruh Bahan Ikatan PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai TSR pada Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.19 grafik uji TSR, terlihat bahwa campuran beraspal dengan bahan ikat Aspal PEN 60/70 memperoleh nilai TSR sebesar 96,24%, sedangkan campuran dengan Asbuton Pracampur mencapai 94,35%. Selisih persen menunjukkan bahwa Asbuton Pracampur memiliki nilai TSR 2,00% lebih tinggi dibandingkan dengan PEN 60/70 namun hasilnya tidak signifikan, campuran dengan Asbuton Pracampur maupun PEN 60/70 menunjukkan ketahanan yang baik terhadap kerusakan akibat kelembapan dibandingkan dengan PEN 60/70. Nilai TSR yang tinggi menunjukkan bahwa penggunaan bahan ikat baik PEN 60/70 maupun Asbuton Pracampur berkontribusi terhadap peningkatan daya tahan perkerasan dalam menjaga kekuatan tariknya meskipun mengalami kondisi perendaman. Selain itu, lebih tingginya nilai TSR pada Asbuton Pracampur mengindikasikan bahwa Asbuton Pracampur mampu meningkatkan ikatan antar aspal dengan agregat, sehingga campuran yang dihasilkan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap gaya tarik selama perendaman yang dilakukan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Hariyadi dan Dewi (2025) menunjukkan bahwa campuran Asbuton dapat mempertahankan nilai TSR di atas 85%, melampaui ambang batas spesifikasi minimal (80%), sehingga layak untuk diaplikasikan pada perkerasan jalan dengan tingkat ketahanan kelembapan yang baik.

5.2.9 Perbandingan nilai CL Campuran *Superpave* Terhadap Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur

Uji CL bertujuan untuk menilai daya tahan benda uji terhadap abrasi. Pengujian ini dilakukan dengan mesin *Los Angeles* sebanyak 300 putaran tanpa bola baja. Grafik pada Gambar 5.19 menunjukkan pengaruh bahan ikat terhadap nilai CL pada campuran *Superpave*.



Gambar 5.20 Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Nilai CL pada Campuran *Superpave*

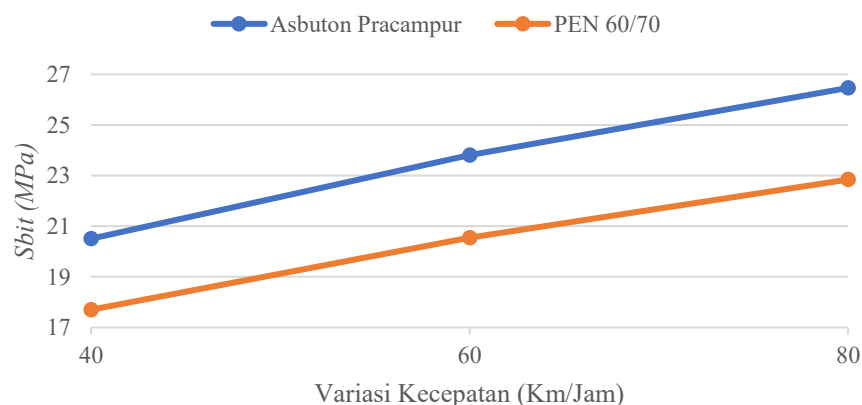
Nilai CL pada campuran dengan bahan pengikat PEN 60/70 lebih tinggi dibandingkan dengan Asbuton Pracampur, hasil nilai CL bahan ikat PEN 60/70 didapatkan sebesar 4,83 % sedangkan Asbuton Pracampur 4,50 %. Asbuton Pracampur memiliki ketahanan abrasi yang lebih baik sekitar 6,83% dibandingkan dengan PEN 60/70. Hal ini mengindikasikan bahwa benda uji yang menggunakan PEN 60/70 mengalami tingkat kehilangan massa akibat abrasi sedikit lebih besar dibandingkan benda uji yang memakai Asbuton Pracampur. Karena CL mencerminkan persentase kehilangan material akibat gesekan atau abrasi, semakin tinggi nilai CL berarti ketahanan terhadap abrasi semakin rendah (lebih rentan terhadap aus). Oleh karena itu, dalam konteks ketahanan terhadap abrasi, campuran dengan Asbuton Pracampur menunjukkan performa lebih baik dibanding dengan PEN 60/70. Perbedaan nilai ini juga bisa menggambarkan sifat interaksi antara

agregat dan pengikat (*binding*) berbeda antara kedua jenis pengikat tersebut, sehingga mempengaruhi daya tahan terhadap abrasi.

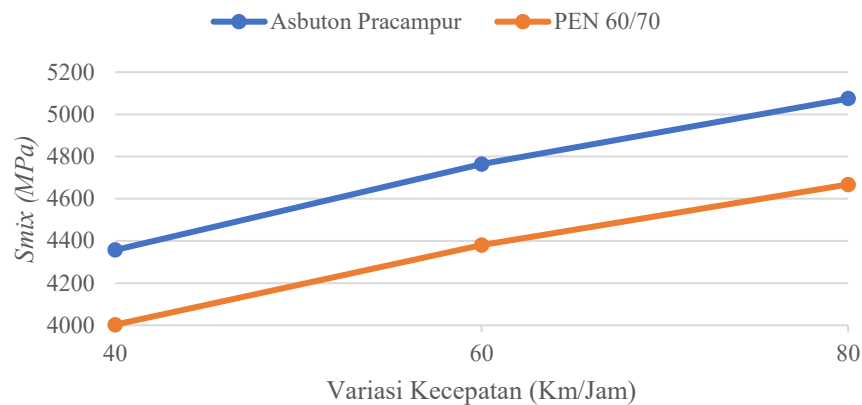
Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mabui, dkk (2020) yang menyatakan bahwa penggunaan Asbuton dapat memperbaiki ketahanan campuran terhadap abrasi dibandingkan dengan aspal minyak konvensional. Hal ini disebabkan karena Asbuton memiliki sifat adhesi dan ikatan agregat yang lebih baik sehingga menghasilkan durabilitas campuran beraspal yang lebih tinggi serta lebih tahan terhadap abrasi.

5.2.10 Perbandingan Nilai Stiffness modulus Campuran *Superpave* dengan Bahan Ikat Asbuton Pracampur dan PEN 60/70

Stiffness modulus terdiri dari *Sbit* dan *Smix*. Grafik perbandingan nilai *Stiffness modulus* pada campuran *Superpave* dengan bahan ikat Asbuton Pracampur dan PEN 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 berikut ini.



Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Nilai *Sbit* Campuran *Superpave* dengan Bahan Ikat Asbuton Pracampur dengan PEN 60/70



Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Nilai S_{mix} Campuran *Superpave* dengan Baban Ikat Asbuton Pracampur dengan PEN 60/70

Berdasarkan Gambar 5.21, dapat dilihat bahwa nilai S_{bit} pada kedua jenis aspal mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kecepatan kendaraan. Pada kecepatan 40 km/jam, nilai S_{bit} untuk Asbuton Pracampur sebesar 20,5 MPa, sedangkan untuk aspal PEN 60/70 sebesar 17,7 MPa. Seiring peningkatan kecepatan hingga 80 km/jam, nilai S_{bit} meningkat menjadi 26,5 MPa untuk Asbuton Pracampur dan 22,8 MPa untuk aspal PEN 60/70.

Hal serupa terlihat pada Gambar 5.22 yang menunjukkan pengaruh kecepatan kendaraan terhadap nilai S_{mix} . Nilai S_{mix} meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Pada kecepatan 40 km/jam, nilai S_{mix} aspal Buton Pracampur sebesar 4356,82 MPa dan meningkat menjadi 5074,65 MPa pada kecepatan 80 km/jam, sedangkan aspal PEN 60/70 naik dari 4002,59 MPa menjadi 4667,7 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa campuran dengan Asbuton Pracampur memiliki kekakuan lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Pakholak dkk, (2021) dan Rashid, dkk (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan aspal modifikasi meningkatkan kekakuan serta ketahanan deformasi (*rutting resistance*).

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

Berikut merupakan rekapitulasi signifikansi hasil pengujian bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur terhadap karakteristik mekanik dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.12 Signifikansi Pengaruh Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Karakteristik Mekanik dengan Campuran *Superpave*

Parameter	Stabilitas	Flow	MQ	ITS	CL
Hasil Uji	√	√	√	√	√

Keterangan :

√ = signifikan

× = tidak signifikan

Tabel 5.12 menunjukkan bahwa seluruh parameter hasil pengujian karakteristik mekanik seperti stabilitas, *flow*, MQ, ITS, dan CL berbeda signifikan pada hasil perbandingan kedua bahan ikat tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan Asbuton Pracampur dapat dengan signifikan memperbaiki karakteristik mekanik. Berikut merupakan rekapitulasi signifikansi hasil pengujian bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur terhadap karakteristik volumetrik dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Signifikansi Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Karakteristik Volumetrik Dengan Campuran *Superpave*

Parameter	VITM	VMA	VFWA	<i>density</i>
Hasil Uji	×	×	×	×

Keterangan :

√ = signifikan

×

Tabel 5.13 memperlihatkan bahwa seluruh parameter volumetrik yang diuji pada kedua bahan ikat tidak berubah secara signifikan. Berikut merupakan rekapitulasi signifikansi hasil pengujian bahan ikat Pen 60/70 dan Asbuton Pracampur terhadap durabilitas dapat dilihat pada Tabel 5.14

Tabel 5.14 Signifikansi Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Terhadap Karakteristik Durabilitas Dengan Campuran *Superpave*

Parameter	IRS	TSR
Hasil Uji	×	×

Keterangan :

√ = signifikan

× = tidak signifikan

Tabel 5.14 memperlihatkan bahwa hasil pengujian karakteristik durabilitas seperti IRS dan TSR menghasilkan perbedaan yang tidak signifikan. Dari semua parameter yang telah di uji. Didapatkan Kesimpulan bahwa dengan penggunaan bahan ikat Asbuton Pracampur dengan campuran bergradasi *superpave* dapat memperbaiki secara signifikan pada parameter mekanik. Berikut merupakan rincian lebih lanjut mengenai hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur Kinerja Campuran *Superpave*

No	Pengujian	Bahan Ikat		Keterangan
		PEN 60/70	Asbuton Pracampur	
1	Stabilitas	919,67	1016,06	Nilai stabilitas pada Asbuton Pracampur didapatkan lebih tinggi dibandingkan dengan PEN 60/70. Persen selisih hasil keduanya yaitu sebesar 10,5%.
2	<i>Flow</i>	3,5	3,02	Nilai <i>flow</i> menggambarkan tingkat deformasi yang terjadi pada benda uji. Pada bahan ikat Asbuton Pracampur menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan

**Tabel 5.15 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur
Kinerja Campuran *Superpave***

No	Pengujian	Bahan Ikat		Keterangan
		PEN 60/70	Asbuton Pracampur	
				dengan PEN 60/70 dengan persen selisih sebesar 13,7%.
3	MQ	262,76	336,44	Nilai MQ merupakan perbandingan stabilitas dengan flow, nilai MQ Asbuton Pracampur 29,1 % lebih tinggi dari PEN 60/70. Sehingga campuran menjadi lebih kaku serta memiliki ketahanan lebih baik.
4	VITM	4,68	4,3	Nilai VITM pada bahan ikat aspal PEN 60/70 lebih tinggi dibandingkan Asbuton Pracampur. Persen selisih nilai VITM Asbuton Pracampur 4,92% lebih rendah dibandingkan dengan PEN 60/70.
5	VFWA	73,25	75,24	Nilai VFWA merupakan persentase rongga yang dilapisi aspal. Nilai VFWA PEN 60//70 lebih rendah dibandingkan dengan Asbuton Pracampur. Selisih persen kedua bahan ikat tersebut sebesar 1,78%.
6	VMA	16,00	16,02	Nilai VMA menunjukkan rongga udara antar butir agregat sesudah dipadatkan, nilai VMA Asbuton Pracampur lebih tinggi dengan persen selisih 0,13%.

**Lanjutan Tabel 5.15 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton
Pracampur Kinerja Campuran *Superpave***

No	Pengujian	Bahan Ikat		Keterangan
		PEN 60/70	Asbuton Pracampur	
7	<i>density</i>	2,283	2,287	Asbuton Pracampur memiliki kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan PEN 60/70 dengan persen selisih sebesar 0,18%.
8	IRS	90,19	93,07	Nilai IRS pada Asbuton Pracampur lebih tinggi dibandingkan dengan PEN 60/70 dengan persen selisih sebesar 3,19% lebih tinggi.
9	ITS	408,98	451,41	Nilai ITS pada Asbuton Pracampur menunjukkan nilai lebih tinggi dari PEN 60/70 yang mengindikasikan bahwa Asbuton Pracampur mempunyai daya tahan terhadap gaya tarik tidak langsung dengan persen selisih sebesar 10,37%.
10	TSR	94,35	96,24	Nilai TSR pada Asbuton Pracampur lebih tinggi jika dibandingkan dengan PEN 60/70 dengan persen selisih sebesar 2%. Asbuton Pracampur membuat peningkatan daya tahan

**Lanjutan Tabel 5.15 Perbandingan Bahan Ikat PEN 60/70 dan Asbuton
Pracampur Kinerja Campuran *Superpave***

No	Pengujian	Bahan Ikat		Keterangan
		PEN 60/70	Asbuton Pracampur	
				perkerasan dalam menjaga kuat tariknya.
11	CL	4,83	4,5	Nilai CL pada PEN 60/70 lebih tinggi jika dibandingkan dengan Asbuton Pracampur. Hal ini mengindikasikan bahwa Asbuton Pracampur lebih kuat 6,83% dalam menahan abrasi dibanding PEN 60/70.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka peneliti dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur sama-sama memiliki karakteristik volumetrik seperti VITM, VMA, VFWA, dan *density* yang dapat memenuhi spesifikasi campuran *Superpave*. Kedua bahan ikat memiliki hasil karakteristik volumetrik yang tidak berbeda signifikan. Nilai persen selisih rata-ratanya didapatkan sebesar 1,225%.
2. Pengaruh bahan ikat terhadap karakteristik mekanik pada bahan ikat Asbuton Pracampur memiliki karakteristik mekanik seperti stabilitas, *flow*, MQ, ITS, dan CL yang lebih baik dibandingkan dengan Pen 60/70 dengan persen selisih sebesar 14,1%. sehingga campuran dengan Asbuton Pracampur dapat memperbaiki sifat mekanik pada campuran bergradasi *Superpave*.
3. Pengaruh bahan ikat terhadap karakteristik durabilitas dengan melakukan pengujian IRS dan TSR didapatkan bahwa penggunaan bahan ikat Asbuton Pracampur menghasilkan campuran yang tidak berbeda secara signifikan dibandingkan dengan PEN 60/70. Campuran dengan bahan ikat Asbuton Pracampur dapat menghasilkan nilai IRS 3,19% lebih tinggi dibandingkan dengan Pen 60/70. Nilai TSR pada Asbuton Pracampur lebih unggul meskipun tidak signifikan dengan persentase peningkatan sebesar 2%. Hal ini disebabkan karena penggunaan Asbuton Pracampur dapat meningkatkan sifat adhesi atau rekatan antar agregat dengan aspal.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dari pengujian penelitian kedua bahan ikat PEN 60/70 dan Asbuton Pracampur dengan campuran *Superpave*. Maka peneliti memberikan saran sebagai berikut.

1. Penggunaan Asbuton Pracampur direkomendasikan pada campuran *Superpave* karena terbukti dapat memberikan stabilitas, densitas, dan ketahanan terhadap kerusakan akibat kelembaban yang lebih baik dibandingkan dengan Aspal PEN 60/70.
2. Pengendalian parameter volumetrik seperti VITM, VMA, dan VFWA perlu dilakukan secara ketat supaya tetap berada dalam rentang spesifikasi, sehingga keunggulan kinerja Asbuton Pracampur dapat terjaga dalam jangka panjang.
3. Pengujian lanjutan dengan variasi suhu dan beban lalu lintas disarankan untuk memvalidasi kinerja Asbuton Pracampur pada kondisi lapangan yang lebih beragam.
4. Pemanfaatan hasil dari penelitian ini digunakan untuk acuan penyusunan pedoman teknis dapat mendorong peningkatan kualitas konstruksi perkerasan jalan di Indonesia sekaligus mendorong pemanfaatan sumber daya lokal.
5. Penelitian ini menemukan bahwa campuran dengan bahan ikat Asbuton Pracampur lebih baik daripada PEN 60/70, sehingga dapat dijadikan dasar penelitian selanjutnya campuran dengan Asbuton Pracampur.
6. Meskipun Asbuton Pracampur menunjukkan kinerja lebih baik dibandingkan PEN 60/70, penerapannya di lapangan tetap perlu mempertimbangkan faktor ketersediaan material, biaya, dan peralatan, agar aplikasinya dapat lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Jaber, M., Al-Shamayleh, R. A., Ibrahim, R., Alkhrissat, T., & Alqatamin, A. (2022). *Mechanical properties evaluation of asphalt mixtures with variable contents of reclaimed asphalt pavement (RAP). Results in Engineering*, 14, 100463.
- Aji, Z. A., Karsaman, R. H., & Zain, N. (2025). Perbandingan Kinerja Penggunaan Asbuton Murni dan Aspal Pen 60/70 dalam Campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC). *Integrative Perspectives of Social and Science Journal* (IPSSJ), 2(1), 1468–1475.
- Asidin. (2019). Pengaruh gradasi agregat terhadap karakteristik Marshall pada campuran *CPHMA (Cold Paving Hot Mix Asbuton)*. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 8(1), 27–36.
- Attamimi, M. F., Achmad, F., & Desei, F. L. (2021). Kajian Durabilitas Dan Penuaan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Asbuton Pracampur Terhadap Variasi Lama Rendaman. *Composite Journal*, 1(1), 33-40.
- Aulia, M. A., Samang, L., Tjaronge, M. W., & Pasra, M. (2020). *The effect of aggregate degradation level on durability of hot mix asphalt concrete. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 11(3), 65–76. IAEME.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2018. Spesifikasi Umum Divisi 6. Penerbit Bina Marga. Jakarta
- Hadi, M. A., Apriliyanti, H. R., & Asrorunniam, A. F. (2025). Investigasi pengaruh zona larangan pada gradasi *Superpave* terhadap standar Marshall. *Berkala FSTPT*, 3(x), 1–9.
- Hadi, M. A., & Fauziah, M. (2022). Studi komparasi prediksi umur pelayanan antara campuran *Superpave* dan AC-WC menggunakan permodelan viskoelastik dan elastik. *Teknisia*, 27(2), 71–82.

- Hadi, M. A., Fauziah, M., & Subarkah. (2021). *Comparative study of Marshall properties and durability of Superpave and AC-WC pavement by using Starbit E-55 and Pen 60/70*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 933(1), 012003.
- Hadi, M. A., Fauziah, M., & Subarkah. (2019). Perbandingan karakteristik campuran *Superpave* antara yang menggunakan bahan ikat Starbit E-55 dengan Pen 60/70 pada berbagai variasi durasi rendaman air payau. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 2(2), 54–64.
- Hariyadi, E. S., & Dewi, C. K. T. (2025). Analisis kinerja laboratorium campuran *Stone Mastic Asphalt* dengan Asbuton murni yang dipadatkan menggunakan *Superpave Gyratory Compactor*. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, 2(6).
- Hasriani, H., Tjaronge, M. W., Samang, L., & Pasra, M. (2020). Analisa parameter Marshall aspal beton AC-WC menggunakan aspal Buton emulsi. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 37(1), 43–52. Pusjatan – Balitbanghub.
- Jiang, Y., Cai, M., Li, S., Zhang, Y., Yi, Y., Su, H., & Bai, C. (2024). *Design of Volume Parameters of Large-Particle-Size Asphalt Mixture Based on the Vertical Vibration Compaction Method*. *Applied Sciences*, 14 (16), 6983.
- Kafabihi, A., Wedyantadji, B., & Imananto, E. I. (2020). Penggunaan aspal buton pada campuran *AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)*. *Jurnal Gelagar*, 2(2), 36–44. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Katjo, S., & Isdyanto, A. (2025). Analisis durabilitas dan penuaan Asbuton Pracampur dengan variasi lama rendaman. *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 6(1), 23–28. Universitas Tadulako.
- Khan, M. K., & Hussain, A. (2019). *Rutting and moisture susceptibility assessment of asphalt wearing course gradations*. *The Civil Engineering Journal*, 3(2019), 458–468.
- Mabui, D. S., Tjaronge, M. W., Adisasmita, S. A., & Pasra, M. (2020). *Resistance to cohesion loss in Cantabro test on specimens of porous asphalt containing*

- modified Asbuton. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 419(1), 012100. IOP Publishing.
- Muhammad, F. A., Hia, M., Iskandar, D., & Lumingkewas, R. H. (2023). *Improvement of Buton Rock Asphalt Performance by Adding Nano-Crumb Rubber and Waste Engine Oil. International Journal of Pavement Research and Technology*, 16(5), 1181-1195.
- Otto, A., Kakoto, D., & Lekea, A. (2024). *Premature pavement failure of a Superpave asphalt mix—a unique failure mechanism. Journal of Construction Project Management and Innovation*, 14(1), 13-24.
- Pakholak, R., Plewa, A., & Gardziejczyk, W. (2021). *Influence of type of modified binder on stiffness and rutting resistance of low-noise asphalt mixtures. Materials*, 14(11), 2884.
- Putra, S., Islamiyah, D. A., & Heryanto, D. (2024). *The effect of aggregate degradation level on durability of reclaimed asphalt pavement. In Proceedings of the 1st International Conference on Industry Science Technology and Sustainability (IConISTS 2023) (Vol. 235, pp. 429–446). Atlantis Press.*
- Qu, F., Lv, S., Gao, J., & Liu, C. (2020). *Performance and mechanism of asphalt modified by buton-rock asphalt and different types of styrene-butadiene-rubber. Applied Sciences*, 10(9), 3077.
- Radziszewski, P., Sarnowski, M., & Pokorski, P. (2021). *Assessment of resistance to permanent deformations of asphalt mixes of low air void content. Open Engineering*, 11(1), 1244–1251. De Gruyter.
- Rahman, I. Y., Fauziah, M., & Purwanto, E. (2024). *Comparative study of Marshall properties and durability of Superpave pavements using Pen 60/70 and Starbit Pg-70 binding materials with fly ash. TEKNIK*, 45(3), 253–260.
- Rashid, A., Arshad, A. K., & Ahmad, N. A. (2023). *Effect of polymer-modified bitumen on stiffness and rutting performance of asphalt mixtures. Case Studies in Construction Materials*, 18, e02161.
- Santosa, R., Sujatmiko, B., & Krisna, F. A. (2021). Analisis kerusakan jalan menggunakan metode PCI dan metode Bina Marga (Studi kasus Jalan Ahmad

- Yani Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro). *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 4(2), 104–111.
- Sari, D. L., & Prasetyo, A. (2021). Studi komparasi karakteristik Marshall antara aspal Buton dan aspal konvensional PEN 60/70 pada campuran AC-WC. *Jurnal Infrastruktur Jalan dan Transportasi*, 9(1), 45–53.
- Setiowati, R., & Putra, M. F. (2023). Struktur Biaya Produksi Aspal Buton Untuk Kebutuhan Infrastruktur Sebagai Substitusi Impor. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 21(1), 35-42.
- Setyawan, A., Samang, L., Tjaronge, M. W., & Djamaluddin, R. (2020). Laboratory performance of asphalt concrete containing foamed asphalt and reclaimed asphalt pavement. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET)*, 11(3), 77–88. IAEME.
- Strategic Highway Research Program (SHRP) A-407. (1994). “*The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays*”, *Strategic Highway Research Program National Research Council*.
- Sulaksono, A., & Prasetyo, Y. (2020). Pengaruh penambahan Asbuton LGA B5030 terhadap kinerja campuran aspal beton AC-WC berdasarkan parameter Marshall dan indeks kekuatan sisa. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 37(2), 97–106. Pusjatan – Balitbanghub.
- Sumiati, S., Mahmuda, M., & Puryanto, P. (2019). Keunggulan Asbuton Pracampuran dan Aspal Shell pada Campuran Aspal Beton (AC-BC). *Jurnal Poli-Teknologi*, 18(1), 1–8.
- Yamin, H. R. A., Pravianto, W., & Dewita, H. (2014). Asbuton pracampur antara harapan dan kenyataan [*Asbuton premix between hope and reality*]. *Poli Rekayasa*, 10(1), 31–41.
- Zeiada, W., Liu, H., Ezzat, H., Al-Khateeb, G. G., Shane Underwood, B., Shanableh, A., & Samarai, M. (2022). *Review of the Superpave performance grading system and recent developments in the performance-based test methods for asphalt binder characterization. Construction and Building Materials*, 319, 126063.

Zeida, W., Ashour, A. G., Mirou, S. M., Abuzwidah, M., & Shanablah, A. (2024). *Development of Superpave asphalt binder specifications to meet climate conditions in the UAE. International Journal of Pavement Engineering*, 25(1), 2386627.

Zumrawi, M. M. E., and Edrees, S. A. S. (2019). “*Comparison of Marshall and Superpave Asphalt Design Methods for Sudan Pavement Mixes*”, *International Journal of Scientific and Technical Advancements*, Vol.2.

LAMPIRAN

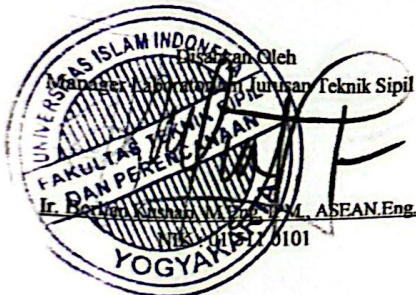
Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : SNI 2441 - 2011

- 1 Sumber Material : Pertamina
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, Oktober 2025
Peneliti

Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

Lampiran 2 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Buton Pracampur

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : SNI 2441 - 2011

- 1 Sumber Material : Olah Bumi Mandiri
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)	25,95	25,92
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	10,56	10,29
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	16,4	16,54
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	1,01	0,91
6	Berat vicnometer + 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, Oktober 2025
Peneliti


Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214



Aprian 3 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

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

- 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	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				

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berlian E. Istari, M. Eng, IPM, ASEAN.Eng.
NIM : 21 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti

Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

Lampiran 8 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

- 1 Sumber Material : Olah Bumi Mandiri
- 2 Jenis Material : Asbuton Pracampur
- 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	585 detik	587 detik	55°C	55°C
12	60 °C				

Disetujui Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
Ir. Berlian Kusrih 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, Oktober 2025
Peneliti

Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214



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

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR

RUJUKAN; AASHTO 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	

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA
Ir. Berhan K. Gushan, 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, Oktober 2025
Peneliti
Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214



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

88

Ampiran 6 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Asbuton Pracampur

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR

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

- 1 Sumber Material : Olah Bumi Mandiri
- 2 Jenis Material : Asbuton Pracampur
- 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	320 °C	10.20 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	310 °C	320 °C	
2	Benda uji 2			
3	Rata - rata	310 °C	320 °C	

Disahkan Oleh
Ketua Laboratorium Teknik Sipil
FAKULTAS TEKNIK
DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA
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, Oktober 2025
Peneliti
Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214



Lampiran 7 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

- 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	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
11	55 °C				
12	60 °C				

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA
Ir. Berhan Kusnadi, M.Eng, APN, ASEAN Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti
Yati Dzakia Muttakin
NIM : 21 511 214



Aspirasi 8 Pemeriksaan Titik Lembek Asbuton Pracampur

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

- 1 Sumber Material : Olah Bumi Mandiri.
- 2 Jenis Material : Asbuton Pracampur
- 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	585	detik	587	detik	55°C	55°C
12	60 °C						



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Oktober 2025

Peneliti

Yafi Dzakia Muttaqin
NIK : 21 511 214



Lampiran 9 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

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

- 1 Contoh dari : Pertamina
- 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	

Disahkan Oleh
Manajer Laboratorium Jurusan Teknik Sipil
DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA
Ir. Berlian Kushari, M.Eng, P.M., ASEAN Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalah Jalan Raya
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti
Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214



Lampiran 10 Pemeriksaan Daktilitas Asbuton Pracampur

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

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

- 1 Contoh dari : Olah Bumi Mandiri
- 2 Jenis contoh : Asbuton Pracampur
- 3 Diperiksa tg : Juni 2025

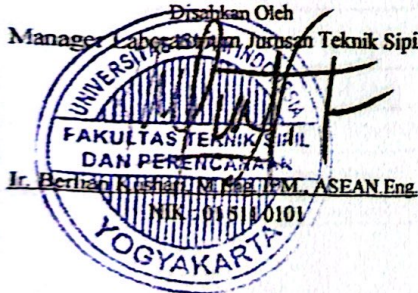
Persiapan pemeriksaan

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	105 cm	Tidak Putus
2	Sampel 2	115 cm	Tidak Putus
4	Rata-rata	110 cm	

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Oktober 2025

Peneliti

Yati Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

**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 11 Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam TCE**PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / 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 %		

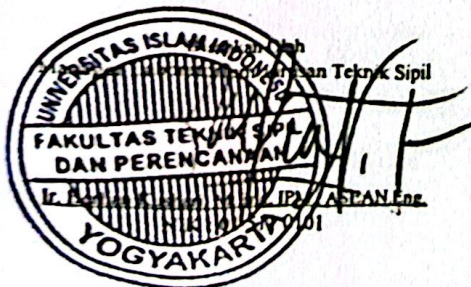
Yogyakarta, Oktober 2025

Peneliti

Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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





Lampiran 12 Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam TCE

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

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

- 1 Sumber Material : Olah Bumi Mandiri
- 2 Jenis Material : Asbuton Pracampur
- 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	58,600 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	0,550 gr	0,560 gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,010 gr	0,010 gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	1,000 %	0,746 %	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	99,000 %	99,254 %	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,127 %		



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Oktober 2025

Peneliti

Yafi Azkia Muttakin
NIM : 21 511 214

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 : Ciereng, 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 dikering 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

Yogyakarta, Oktober 2025

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium / Dosen Teknik Sipil

Ir. Berhan Kusnadi, M.Eng., ILM ASEAN Eng.
CNK-04-3140101
YAKAR

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

**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 14 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal**PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL**

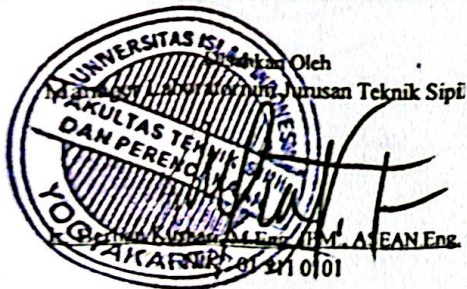
- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Kasar
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

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, Oktober 2025
Peneliti

Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

Lampiran 15 Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR

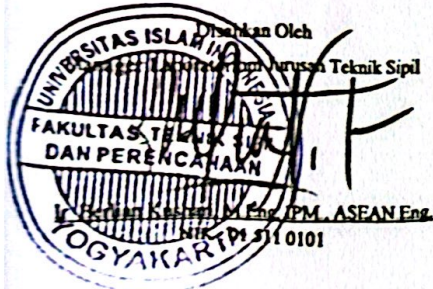
AASHTO T 96 - 77 ; SNI 2417 : 2008

- 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		

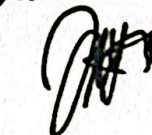
Yogyakarta, Oktober 2025

Peneliti



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya


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


Yafi Dzakia Muttaqin
NIM: 21 511 214



**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.uil.ac.id

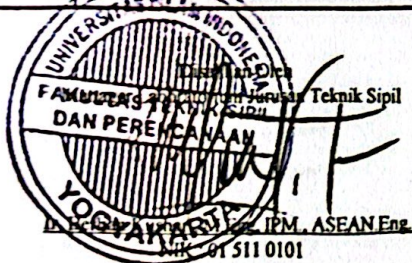
Lampiran 16 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

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 = $(BJ \text{ Bulk} + BJ \text{ Semu})/2$	2,500	2,540	2,520



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti

Yusuf Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

Lampiran 17 Pemeriksaan Sand Equivalent

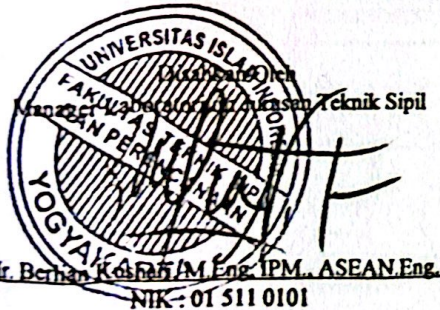
PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

RUJUKAN : SNI 3423-2008

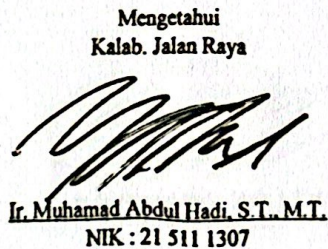
- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Halus
- 3 Diuji Pada : Juni 2025

No.	Keterangan		Benda uji		Rata-rata
			1	2	
1	Persiapan, dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl_2 selama ($\pm$ 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 = $100 - \text{SE}$		6,56	6,73	6,65

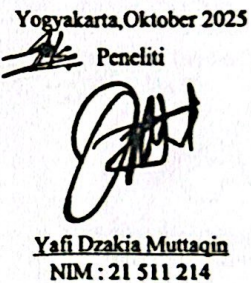
Yogyakarta, 10 Oktober 2025
Mengetahui
Kalab. Jalan Raya
Yogyakarta


Ir. Berhan Kusnadi, M.Eng. I.P.M., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya
Yogyakarta


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

Yogyakarta, Oktober 2025

 Peneliti
Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214



**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

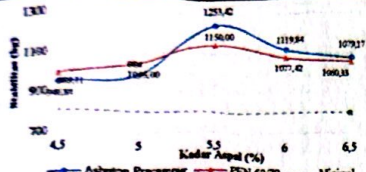
No.	Keterangan	Benda uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat Vicnometer Kosong gr	20,45	23,81	
2	Berat Vicnometer + Air gr	42,49	46,97	
3	Berat Vicnometer (2-1) gr	22,04	23,16	
4	Berat Vicnometer + Filler gr	28,54	30,29	
5	Berat Filler (4-1) gr	8,090	6,480	7,29
6	Berat Vicnometer + Filler + Aquadest gr	47,800	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

Yogyakarta, 10 Oktober 2025
Mengetahui
Ket. Lab. Teknik Sipil
Ir. H. Hafid Khatari, M.Eng., PMP, ASEAN Eng.
NIK: 01 511 0101

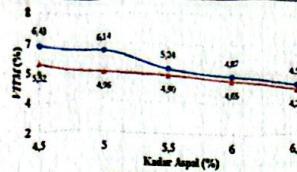
Mengetahui
Ket. Lab. Jalan Raya
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK: 21 511 1307

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti
Yani Dzakia Muttaqin
NIM: 21 511 214

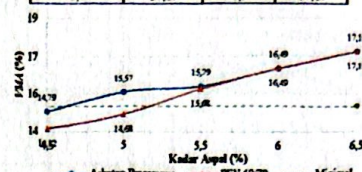
Kadar Aspal	Jenis Bahan Baku	
	Asbiton	PEN 60/70
4,5	946,84	989,11
5	984	1046,00
5,5	1253,42	1150,00
6	1119,84	1077,42
6,5	1079,17	1060,33



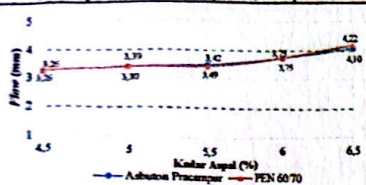
Kadar Aspal	Jenis Bahan Baku	
	Asbiton	PEN 60/70
4,5	6,43	5,52
5	6,14	4,96
5,5	5,24	4,90
6	4,87	4,65
6,5	4,51	4,27



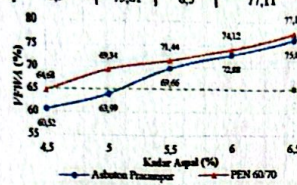
Kadar Aspal	Jenis Bahan Baku	
	Asbiton	PEN 60/70
4,5	14,79	14,12
5	15,57	14,68
5,5	15,79	15,68
6	16,49	16,49
6,5	17,19	17,19



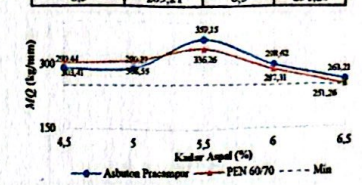
Kadar Aspal	Jenis Bahan Baku	
	Asbiton	PEN 60/70
4,5	3,26	3,26
5	3,39	3,39
5,5	3,49	3,42
6	3,75	3,75
6,5	4,10	4,22



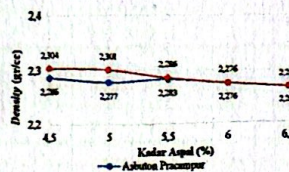
Kadar Aspal	Jenis Bahan Baku	
	Asbiton	PEN 60/70
4,5	60,52	64,68
5	63,99	69,34
5,5	69,66	71,44
6	72,88	74,12
6,5	75,81	77,11



Kadar Aspal	Jenis Bahan Baku	
	Asbiton	PEN 60/70
4,5	290,44	303,41
5	290,27	308,55
5,5	359,15	336,26
6	298,62	287,31
6,5	263,21	251,26



Kadar Aspal	Jenis Bahan Baku	
	Asbiton	PEN 60/70
4,5	2,286	2,304
5	2,277	2,301
5,5	2,283	2,286
6	2,276	2,276
6,5	2,269	2,269



Mengotahui
Kalabulan Raya
Ir. Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti
Yusuf Zakaria Muttaqin
NIM : 21 511 214

PEMERIKSAAN SIFAT - SIFAT CAMPURAN ASPAL PANAS
 DENGAN METODE MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)

Pekerjaan : Tugas Akhir
 Penyedia Jasa :
 Item Pekerjaan : Superpave pen 60/70

Dikerjakan oleh : Yafi Dzakia Mustaqin
 Diperiksa oleh : Ir. Muhammad Abdul Haadi, S.T., M.T.
 Tanggal :

No.	Benda Uji	Tinggi Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram) dalam Ujana	SSD	Isi	Bj Bulk Campuran	Rongga din camp (VTM)	Rongga terisi Aspal (VFVA)	Stabilitas di Basa	Kelelehan Plastis (Flow)	Manihail Quotient (MQ)
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	65,42	100	1.160,88	687	1.183,50	496,50	2.338	C-H x 100	100 -	B x H / T	Data Pemb. Prov. Ring	Data Pemb. Lab	M
2	71,09	2.439	1.172,52	685,50	1.195,00	509,50	2.301		(H x (100-B)) / Gab	(B x H / T) +			N
3	64,28		1.175,15	671,50	1.188,00	516,50	2.275						
1	66,93		1.169,52	681,33	1.188,83	529,69	2.304	5,52	14,12	64,68	78,0	989,11	3,26
2	67,37	2.421	1.163,83	640,00	1.169,69	503,70	2.350				82,0	1.029,2	3,40
3	67,24		1.183,84	685,80	1.189,50	500,10	2.357	4,96	14,68	69,34	83,0	1.046,00	3,30
1	67,4122	5,3	1.178,59	682,90	1.183,00	500,10	2.357				92,0	1.041,8	3,45
2	68,1333	5,50	1.175,42	669,57	1.180,73	512,50	2.301				90,0	1.116,9	3,60
3	67,31	2.404	1.176,84	679,00	1.191,50	515,50	2.298				96,0	1.141,7	3,30
1	67,94		1.184,62	684,50	1.200,00	517,00	2.264	4,90	15,68	71,44	92,7	1.150,00	3,42
2	67,4333	2,387	1.177,36	677,83	1.192,83	505,00	2.226				86,0	1.094,4	3,75
3	65,3		1.155,05	658,00	1.177,00	519,00	2.304				85,0	1.081,7	3,60
1	66,76		1.163,60	672,50	1.177,50	512,00	2.299				83,0	1.056,2	3,90
2	66,76		1.177,33	684,50	1.196,50	512,00	2.276	4,65	16,49	74,12	84,7	1.077,4	3,75
3	66,76	2,370	1.165,33	671,67	1.183,67	497,00	2.284				79,0	1.047,1	4,20
1	64,21		1.135,20	651,50	1.148,50	497,50	2.276				80,0	1.060,3	4,30
2	64,63		1.132,12	650,00	1.147,50	497,50	2.249				81,0	1.073,6	4,15
3	66,9733		1.146,79	655,50	1.165,50	510,00	2.269	4,27	17,19	77,11	80,0	1.060,3	4,22
1	65,27		1.138,04	652,33	1.153,83		2,269	3,5	>15	>65	min 800	2 - 4	200 - 350

Yogyakarta, Oktober 2025

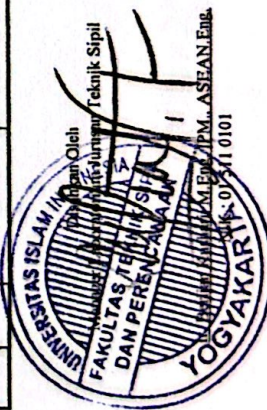
Peneliti

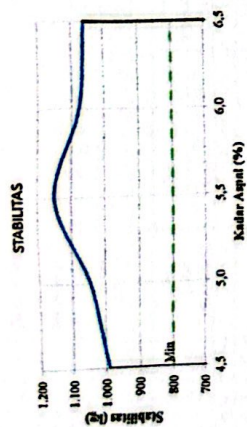
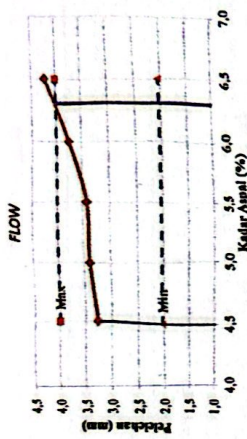
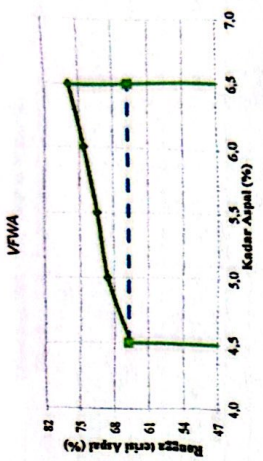
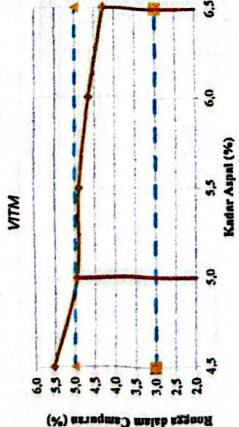
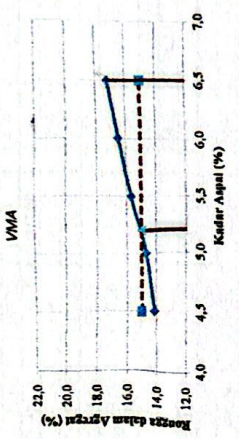
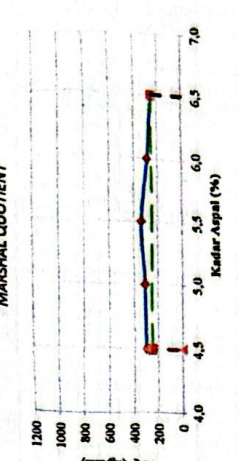
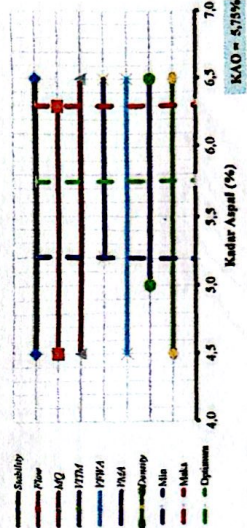
Yafi Dzakia Mustaqin
NIM : 21 311 214

Mengetahui

Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhammad Abdul Haadi, S.T., M.T.
NIK : 21 311 1307





Pasukan Ole
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil
Ir. Berlian Kusnanti, M.Eng., IPM, ASEAN Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kedua Rian Rasya
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

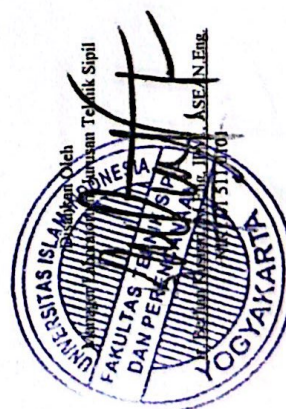
Yogyakarta, Oktober 2025
Yusuf Drakia Muliadin
NIK : 21 511 214

PEMERIKSAAN SIFAT - SIFAT CAMPURAN ASPHALT PANAS
DENGAN METODE MARSHALL (AASHTO : T 245 - 73)

Pekerjaan : Tugas Akhir
Penyedia Jasa :
Item Pekerjaan : Supervise

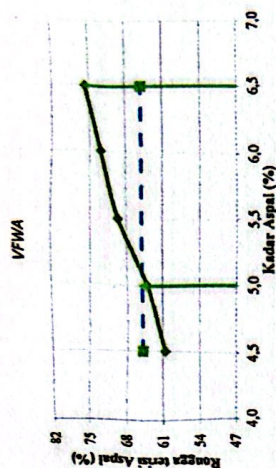
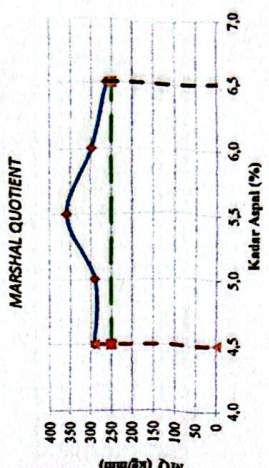
Dikerjakan oleh : Yafi Dzakiya Mattiatin
Diperiksa oleh : Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
Tanggal :

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)			Isi	Bj Bulk Campuran	Rongga dim camp (VTM)	(%)		Stabilitas		Kelelahan Plastik (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
				di Udara	Data Timbangan Laborat	E				F	Aggrt (VMA) 2	Rongga terisi Aspal (VFVA)	di Baca		
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	$C \cdot H \times 100$ ----- C	$100 - (H \times (100-B)) / Gab$	$B \times H / T \times 100$	Data Pemb. Prov. Ring	Nilai Stabilitas (kg)	Data Pemb. Lab	M	N
1	65,42	4,50	1.177,18	674	1.185,50	511,50	2,301				77,0	976,4	3,12		
2	71,09		1.186,52	681,50	1.194,50	513,00	2,313				74,0	938,4	3,30		
3	64,28	69,27	1.160,15	671,50	1.188,00	516,50	2,246				73,0	925,7	3,35		
	66,93		1.174,62	675,67	1.189,33		2,286	6,43	14,79	60,52	74,7	946,84	3,26	290,44	
1	67,37	5,00	1.183,99	677,00	1.195	518,00	2,286				73,0	916,3	3,40		
2	67,62		1.186,58	682,50	1.198,50	516,00	2,300				79,0	991,6	3,30		
3	67,24		1.170,68	671,00	1.192,50	521,50	2,245				83,0	1.041,8	3,45		
	67,412		1.180,42	676,83	1.195,33		2,277	6,14	15,57	63,99	78,3	984,00	3,39	290,27	
1	68,1333	5,50	1.176,84	676,00	1.191,50	515,50	2,283				97,0	1.203,8	3,60		
2	67,31		1.184,62	682,50	1.200,00	517,50	2,289				113,0	1.402,3	3,50		
3	68,37		1.170,62	673,00	1.187,00	514,00	2,277				93,0	1.154,1	3,35		
	67,94		1.177,36	677,17	1.192,83		2,283	5,24	15,79	69,66	101,0	1.233,42	3,49	359,15	
1	67,4333	6,00	1.155,05	658,00	1.177,00	519,00	2,226				86,0	1.094,4	3,75		
2	65,3		1.163,60	672,50	1.177,50	505,00	2,304				83,0	1.056,2	3,60		
3	67,56		1.177,33	684,50	1.196,50	512,00	2,299				95,0	1.208,9	3,90		
	66,76		1.165,33	671,67	1.183,67		2,276	4,87	16,49	72,88	88,0	1.119,8	3,75	298,62	
1	64,21	6,50	1.135,20	651,50	1.148,50	497,00	2,284				75,0	1.011,7	4,20		
2	64,63		1.132,12	650,00	1.147,50	497,50	2,276				87,0	1.173,6	4,00		
3	65		1.146,79	655,50	1.165,50	510,00	2,249				78,0	1.052,2	4,10		
	64,61		1.138,04	652,33	1.153,83		2,269	4,51	17,19	75,81	80,0	1.079,2	4,10	263,21	
								3-5	>15	>65		min 800	2-4	200 - 350	



Mengetahui
Kaluh. Jalan Raya
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, Oktober 2025
Yafi Dzakiya Mattiatin
NIM : 21 511 214



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

[Signature]

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

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti

Tati Dzakia Muhtadin
NIM : 21 511 214



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

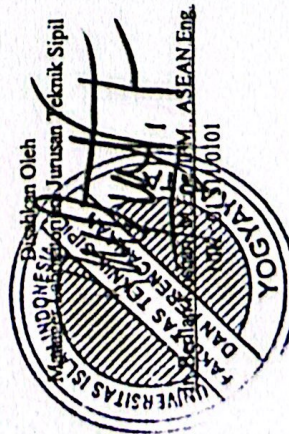
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Hasil Pengujian Marshall Bahan Ikat PEN 60/70

Pekerjaan : Tugas Akhir
Penyedia Jasa :
Item Pekerjaan : Supervise

Dikerjakan oleh : Yafi Dzakia m
Diperiksa oleh : Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
Tanggal :

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)		Isi	Bj Bulk Campuran	Rongga diin camp (VTM)		(%)		Stabilitas		Kelemban Plastis (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
				Udara D	Alir E	SSD F		I	J	2	K	di Baca L	di Seusikan M		
	A	B	C	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	D / G	C - H x 100 C	H x (100-B) / Gsb	100 - (H x (100-B)) x 100	B x H / T (B x H / T) + I	Data Prov. Ring	Nilai Stabilitas (kg)	Data Pembc. Lab	M N O
1	69.8	5.75	2.395	1.167.87	661.73	1.172.55	2.286	4.57	15.9	73.72	73.72	79.0	951.8	3.70	257.24
2	69.767			1.144.49	650.91	1.151.35	2.287	4.52	15.87	73.94	73.94	76.0	915.7	3.30	277.47
3	71.07			1.157.95	632.13	1.160.60	2.277	4.94	16.23	72.10	72.10	74.0	891.6	3.50	254.73
	70.212			1.156.77	654.92	1.161.50	2.283	4.68	16.00	73.25	73.25	76.3	919.7	3.50	262.76
								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, Oktober 2025
Peneliti

Yafi Dzakia Muttakin
NIM : 21 511 214



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

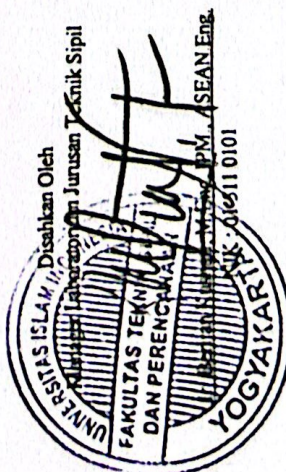
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fsp@uii.ac.id
W. fsp.uii.ac.id

Hasil Pengujian Marshall Bahan Ikatan Asbuton Pracampur

Pekerjaan : Tugas Akhir
Penyedia Jasa :
Item Pekerjaan : Supervise

Dikerjakan oleh : Yafi Dzakia M
Diperiksa oleh : Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
Tanggal :

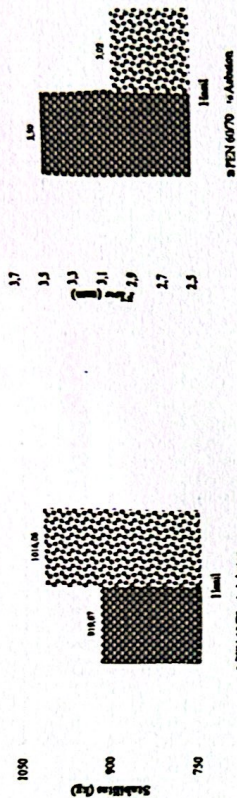
No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)		Isi	Bj Bulk Campuran	Rongga dlm camp (VITM)		Rongga terisi Aspal (VFVA)		Stabilitas		Kelelahan Plastik (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
				di Udara	di dalam Air			SSD	I	J	K	L	di Basa		
A		%	C	D	E	F	G	H	C - H x 100	100 - (H x H / T) + 1	B x H / I	Nilai Stabilitas (kg)	Data Pemb. Lab	N	M
		Total Campuran	$\frac{100}{100-B + \frac{B}{T}}$	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	F - E	D / G	C	(H x H / T) + 1	B x H / I				
1	69.8	5.95	2.394	1.167,09	681,77	1.190,62	508,85	2.294	4,19	15,79	75,74	81,0	975,9	3,10	314,81
2	69,767	m1		1.164,90	677,40	1.187,00	509,60	2.286	4,52	16,08	74,25	87,0	1.048,2	3,30	317,63
3	71,07			1.158,60	670,13	1.177,70	507,57	2.283	4,65	16,19	73,68	85,0	1.024,1	2,65	386,45
	70,212			1.163,53	676,43	1.185,11		2.287	4,45	16,02	74,56	84,3	1.016,1	3,02	336,44
									3-5	>15	>65		min 800	2-4	200 - 350



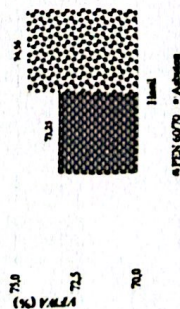
Mengetahui
Kalab. Jalan Raya
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti
Yafi Dzakia Mutaqin
NIM : 21 511 214

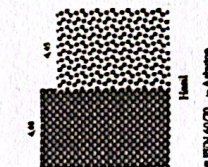
REKAP		
Parameter	Bahan Bat	Hasil
Substansi	PEN 60/70	919,67
	Adhesi	1016,06
Flow	PEN 60/70	3,30
	Adhesi	3,02
VTWA	PEN 60/70	73,23
	Adhesi	74,56
VTMA	PEN 60/70	4,68
	Adhesi	4,45
VMA	PEN 60/70	16,00
	Adhesi	16,02
MQ	PEN 60/70	282,76
	Adhesi	316,44
Density	PEN 60/70	2,28
	Adhesi	2,29



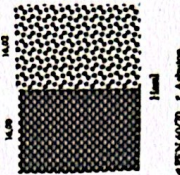
715



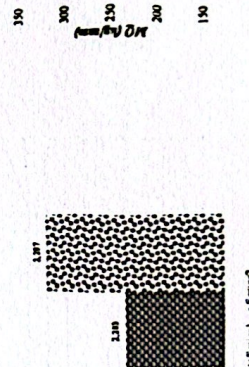
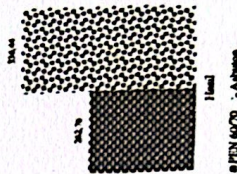
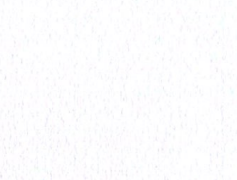
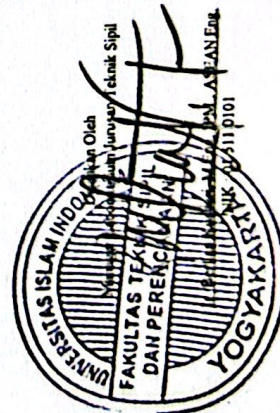
VTWA (%)



VTMA (%)



Density (g/cm³)



Mengetahui
Kuliah Kerja Praktek
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK: 215111307

Yogyakarta, October 2025
Yusuf Dzakia Murtasari
NIK: 21511214

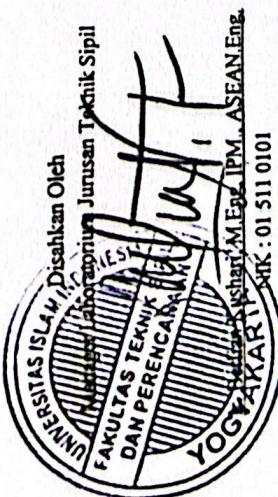


FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

HASIL PENGUJIAN IRS

PEN 6070																
No	Tebal Sampel (mm)			koreksi	Arloji Stability			Flow (mm)		Stability (kg)			Angka Koreksi			
	1	2	3		rata2	awal	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	awal	rata2	MIN	MAX	Koreksi	
1	71.00	70.60	72.00	71.20	0.84	72	14.33	1031.79	370		864.64		69.9	71.4	0.89	0.83
2	70.40	71.00	70.20	70.53	0.86	66	14.33	945.81	330	3.50	817.81		69.9	71.4	0.89	0.83
3	69.90	69.20	69.60	69.57	0.87	65	14.33	931.48	350		806.18		68.3	71.4	0.89	0.83
Asbuton Pracampur																
1	75.50	74.60	75.00	75.03	0.77	87	14.33	1246.75	302		965.71		74.6	76.2	0.78	0.76
2	74.70	74.80	74.70	74.73	0.78	88	14.33	1261.08	302	3.02	981.54		74.6	76.2	0.78	0.76
3	74.90	75.80	74.60	75.10	0.77	80	14.33	1146.43	302		887.05		74.6	76.2	0.78	0.76



Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

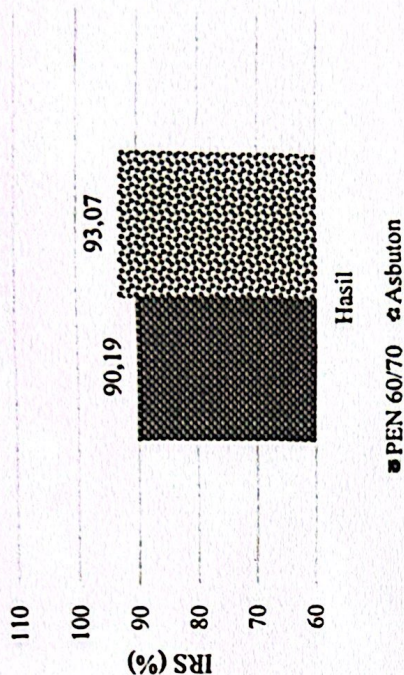
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti

Yafi Drakia Muttaqin
NIK : 21 511 214

Jenis Bahan Ikut	stabilitas		IRS
	0.5 jam (kg)	24 jam (kg)	
PEN 60/70	1	951,80	864,64
	2	915,66	817,81
	3	891,56	806,18
Asbuton	1	975,90	965,71
	2	1048,19	981,54
	3	1024,09	887,05

Jenis Bahan	IRS (%)
Ikut	
PEN 60/70	90,19
Asbuton	93,07



Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berlian Kushari, 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

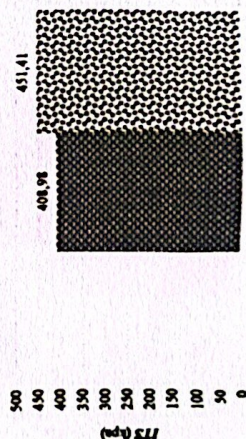
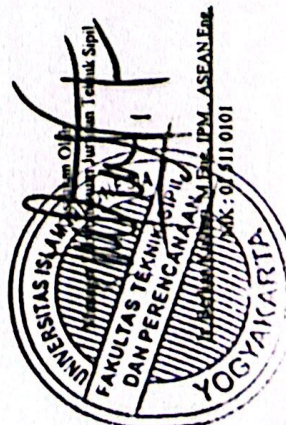
Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti

Yafi Dzakia Muttakin
NIM : 21 511 214

HASIL PENGUJIAN ITS

Kadar Aspal	PEN 60/70										ITS 0,5 JAM										REKAP									
	Tebal Sampel					Diameter Sampel					Arloji Stability					Angka Koreksi Tebal							Angka Koreksi Diameter							
	Koreksi					A0					Stability (kg)					Tebal Sampel					Tebal Sampel					Koreksi				
	1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		Meas	Kalibrasi	Adjust	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	awal	rata2	MIN	MAX	
5,75%	66,00	65,50	64,50	65,63	0,95	4,03	4,01	3,99	4,01	0,16	12	14,33	171,97	63,37	66,7	0,96	0,93	4	4,1	0,16	0,156	1380,05	1380,05	600	600	408,98	408,98	600	600	
	66,00	66,00	65,30	66,07	0,94	3,97	3,98	3,98	3,98	0,16	14	14,33	200,63	188,96	65,1	66,7	0,96	0,93	3,9	4	0,16	0,156	440,04	440,04	408,98	408,98	600	600		
	66,40	67,40	64,00	66,13	0,94	3,97	3,99	4,00	3,99	0,16	13	14,33	186,30	175,23	65,1	66,7	0,96	0,93	3,9	4	0,16	0,156	400,86	400,86	408,98	408,98	600	600		

Kadar Aspal	Asubton																								ITS 0,5 JAM				REKAP			
	Tebal Sampel					Diameter Sampel					Arloji Stability				Stability					Angka Koreksi Tebal				Angka Koreksi Diameter								
	Koreksi					A0									(kg)					Tebal Sampel				Koreksi								
						lachi					Mzsa				Kalibrasi				awal					MIN				MAX				
	1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		1	2	3	rata2	awal	rata2	MIN	MAX		awal	rata2	MIN
5,98%	68,48	65,12	68,18	67,26	0,92	3,93	3,97	3,94	3,94	0,16	14	14,33	200,63	183,77	66,7	68,3	0,93	0,89	3,9	4	0,16	0,156	423,90	451,41	600	4,32	4,40					
	66,11	64,81	66,34	65,75	0,95	4,01	4,02	4,00	4,01	0,16	15	14,33	214,96	203,72	65,1	66,7	0,96	0,93	4	4,1	0,156	0,152	472,72			4,82						
	67,21	65,97	68,16	67,11	0,92	3,94	3,92	3,95	3,94	0,16	15	14,33	214,96	197,69	66,7	68,3	0,93	0,89	3,9	4	0,16	0,156	457,60			4,67						



Mengetahui
Kalih, Jalan Raya
L. Subandi Abdul Hadi, ST., MT.
NIK: 21 511 1307

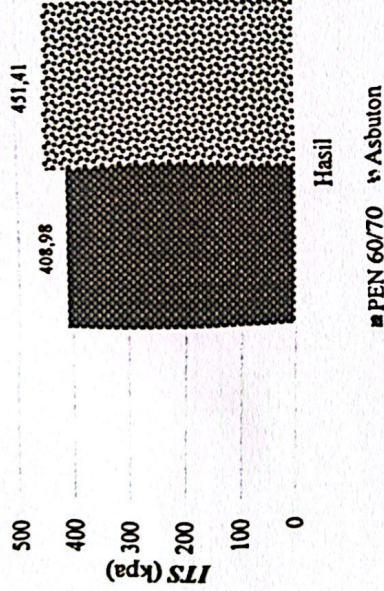
Yogyakarta, Oktober 2023
Presidensi
Zaid Dzahia Nurhasan
NIK: 21 511 214



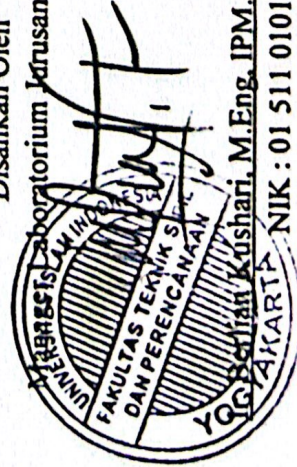
INSTRUMEN & PERENCANAAN

Jl. Kalireng km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 890444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fsp@uii.ac.id
W. fsp.uii.ac.id

Bahan Ikat	ITS
PEN 60/70	408,98
Asbuton	451,41



Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil



G. Hani Khusari, 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, Oktober 2025
Peneliti



Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

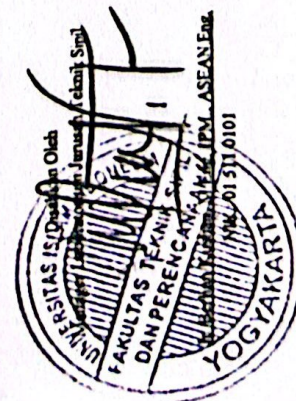
HASIL PENGUJIAN TSR

PEN 6070

PEN 6070																																	
Kadar Aspal	Tebal Sampel (mm)								Diameter Sampel (Inchi)				A0		Arloji Stability				Stability (kg)		Angka Koreksi Tebal						Angka Koreksi Diameter				ITS 24 JAM		REKAP
	rata2				rata2				rata2				rata2		rata2				rata2		rata2				rata2				rata2		rata2		
	1	2	3	rata2	1	2	3	rata2	1	2	3	rata2	Mean	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	awal	rata2	MIN	MAX		
5,75%	64,70	68,00	66,60	66,43	0,94	4,04	4,00	3,98	4,00	0,16	12	14,33	171,97	160,79																			
	65,70	64,60	65,50	65,27	0,89	3,98	3,98	3,98	3,98	0,16	14	14,33	200,63	178,56			167,48																
	68,60	68,00	66,70	67,77	0,88	3,98	4,02	4,04	4,02	0,16	13	14,33	186,30	163,09																			
																													</				

ASBUTON

Kadar Aspal	Tebal Sampel (mm)				lurek	Diameter Sampel (Inchi)				A0	Arloji Stability			Stability (kg)				Angka Koreksi Tebal						Angka Koreksi Diameter						ITS 24 JAM				REKAP
						Arloji Stability			Stability (kg)				Angka Koreksi Tebal						Angka Koreksi Diameter						ITS 24 JAM									
						Arloji Stability			Stability (kg)				Angka Koreksi Tebal						Angka Koreksi Diameter						ITS 24 JAM									
	1	2	3	rata2		Mess	Kalibrasi	Adjust	awal		rata2	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	awal	rata2	MIN	MAX	MIN	MAX	awal	rata2	MIN	MAX					
5,95%	64,30	65,75	66,45	66,83	0,88	3,91	4,00	3,99	3,97	0,16	14	14,33	200,63	175,97	74,6	76,2	0,78	0,76	4	4,1	0,156	0,152	406,18	434,66	0,16	0,156	470,44	434,66	4,14	4,43				
	66,37	65,31	66,97	66,22	0,88	3,98	3,99	3,98	3,99	0,16	16	14,33	229,29	202,87	74,6	76,2	0,78	0,76	4	4,1	0,156	0,152	470,44	434,66	0,16	0,156	470,44	434,66	4,80	4,80				
	67,08	66,00	68,27	67,12	0,92	3,94	3,92	3,95	3,94	0,16	14	14,33	200,63	184,64	73	74,6	0,81	0,78	3,9	4	0,16	0,156	427,37	434,66	0,16	0,156	427,37	434,66	4,36	4,36				



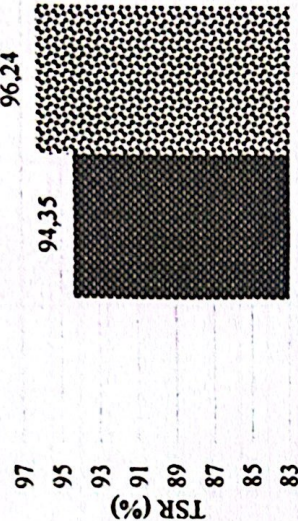
Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti

Ir. Mubandaz G. H. S. T. M.T.
NIK : 21 511 1307

Rafi Dzakiya Muttakin
NIM : 21 511 214

Jenis Bahan Ikut		ITS		TSR
		0,5 jam (kPa)	24 jam (kPa)	
PEN 60/70	1	380,05	369,89	97,33
	2	440,04	420,65	95,59
	3	406,86	366,68	90,12
Asbuton	1	423,90	406,18	95,82
	2	472,72	470,44	99,52
	3	457,60	427,37	93,39



Jenis Bahan Ikut	TSR (%)
PEN 60/70	94,35
Asbuton	96,24

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil



Yogi Berhan Kusnari, 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, Oktober 2025

Peneliti



Yafi Dzakia Muttaqin

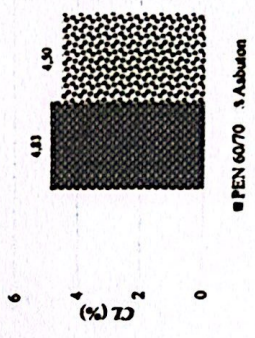
NIM : 21 511 214

HASIL PENGUJIAN CL

Aspal PEN 60/70						
Metode	No.	Keterangan	Benda uji			
			Rumus	1	2	3
1	1	Berat Sebelum Abrasi		1186,58	1193,29	1175,74
	2	Berat Sesudah Abrasi		1124,08	1136,11	1123,49
	3	Persentase Kehilangan Berat		5,27	4,79	4,44
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler			4,83	

Asbuton						
1	1	Berat Sebelum Abrasi		1175,41	1177,43	1166,99
	2	Berat Sesudah Abrasi		1120,65	1125,76	1115,00
	3	Persentase Kehilangan Berat		4,66	4,39	4,46
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler			4,50	

REKAP		
Jenis Gradasi	PEN 60/70	Hasil
Asbuton		4,83
		4,50



Dibuatkan Oleh
Mahasiswa IS
Kelas Jurusan Teknik Sipil
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Yogyakarta
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya
Yogyakarta, Oktober 2025
Peneliti
Yafi Dzakia Muttaqin
NIM : 21 511 214

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