TUGAS AKHIR

ANALISIS CAMPURAN *SUPERPAVE* BERGRADASI BATAS BAWAH DAN BATAS TENGAH DENGAN PENERAPAN BERBAGAI METODE PENCAMPURAN *(ANALYSIS OF GRADED SUPERPAVE MIXTURES OF LOWER LIMIT AND MIDDLE LIMIT WITH THE APPLICATION OF VARIOUS MIXING METHODS)*

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

Humnah Rizqi Apriliyanti
20511129

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

TUGAS AKHIR

ANALISIS CAMPURAN *SUPERPAVE* BERGRADASI BATAS BAWAH DAN BATAS TENGAH DENGAN PENERAPAN BERBAGAI METODE PENCAMPURAN *(ANALYSIS OF GRADED SUPERPAVE MIXTURES OF LOWER LIMIT AND MIDDLE LIMIT WITH THE APPLICATION OF VARIOUS MIXING METHODS)*

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

Humnah Rizqi Apriliyanti
20511129

Disetujui :

Pembimbing

Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
Tanggal : 28 November 2024

TUGAS AKHIR

ANALISIS CAMPURAN *SUPERPAVE* BERGRADASI BATAS BAWAH DAN BATAS TENGAH DENGAN PENERAPAN BERBAGAI METODE PENCAMPURAN *(ANALYSIS OF GRADED SUPERPAVE MIXTURES OF LOWER LIMIT AND MIDDLE LIMIT WITH THE APPLICATION OF VARIOUS MIXING METHODS)*

Disusun Oleh

Humnah Rizqi Apriliyanti
20511129

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

Diuji pada tanggal 19 November 2024

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.	**Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.**	**Prayogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc.**
NIK : 215111307	**NIK : 145110101**	**NIK : 205111303**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 28 November 2024

Yang membuat pernyataan,



Humnah Rizqi Apriliyanti

(20511129)

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 kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul *Analisis Campuran Superpave Bergradasi Batas Bawah dan Batas Tengah dengan Penerapan Berbagai Metode Pencampuran (Analysis of Graded Superpave Mixtures of Lower Limit and Middle Limit With The Application of Various Mixing Methods)* dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan **s**alah 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 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. Ibu Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji 1 dalam Sidang Tugas Akhir yang telah memberikan banyak saran dan nasihat kepada penulis untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji 2 dalam Sidang Tugas Akhir yang telah memberikan banyak saran dan nasihat kepada penulis untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. 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.

5. Bapak Pran, Bapak Sukamto dan Mas Giri Widhiatmoko selaku laboran Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan yang telah banyak membantu penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
6. Bapak Ir. Ar. Mulyanto, IAI., MM., M.T. dan Ibu Sri Rahayu S.H., M.Si selaku kedua orang tua penulis dan Nasywa Azalia adik kandung penulis yang selalu memberikan semangat serta berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.
7. Ahmad Farhan Asrorunniam selaku partner laboratorium penulis yang telah banyak membantu serta memberikan semangat kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
8. Rara Vika Maharani dan Recha Isra Octavia selaku sahabat penulis yang ada di Bangka yang senantiasa memberikan semangat kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
9. Putri Anjani Mershanda, Rani Aprilianti, dan Tyastari Daniya Adelin, selaku sahabat penulis yang telah memberikan semangat dan sudah banyak membantu penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
10. 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, 28 November 2024

Penulis,



Humnah Rizqi Apriliyanti

(20511129)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
DEDIKASI v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvii
ABSTRAK xviii
ABSTRACT xix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batas Penelitian 5
BAB II STUDI PUSTAKA 7
2.1 Tinjauan Umum 7
2.2 Kinerja Perkerasan Aspal *Superpave* 7
2.3 Kinerja Perkerasan Aspal dengan Berbagai Metode Pencampuran 7
2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang 8
BAB III LANDASAN TEORI 13
3.1 Perkerasan Jalan 13
3.2 Jenis-Jenis Perkerasan Jalan 13
3.3 Macam-Macam Lapisan Perkerasan Lentur 13
3.4 Material Penyusun Perkerasan Lentur Jalan 15

3.4.1 Agregat 15
3.4.2 Aspal 17
3.5 Campuran *Superpave* 17
3.6 Metode Pencampuran Perkerasan 18
3.6.1 Metode Pencampuran Konvensional 18
3.6.2 Metode Pencampuran Dua Tahap 18
3.6.3 Metode Pencampuran Tiga Tahap 19
3.7 Penentuan Nilai Kadar Aspal Campuran *Superpave* 20
3.8 Karakteristik Marshall Standard 21
3.8.1 Stabilitas (*Stability*) 21
3.8.2 Kelelehan (*Flow*) 21
3.8.3 *Void in the Total Mix* (*VITM*) 21
3.8.4 *Marshall Quotient* (*MQ*) 22
3.8.5 Kepadatan (*Density*) 22
3.8.6 *Void Filled With Asphalt* (*VFWA*) 23
3.8.7 *Void in Mineral Agregate* (*VMA*) 23
3.9 Pengujian *Indirect Tensile Strength* (*ITS*) 24
3.10 Pengujian *Index of Retained Strength* (*IRS*) 24
3.11 Pengujian *Cantabro Loss* (*CL*) 25
BAB IV METODE PENELITIAN 26
4.1 Metode Penelitian 26
4.2 Metode Pengambilan Sampel 26
4.3 Metode Pengambilan Data 26
4.4 Tahapan Penelitian 27
4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material 27
4.4.2 Persiapan Alat 29
4.4.3 Perencanaan Campuran (*Mix Design*) 29
4.4.4 Pembuatan Campuran Sampel 35
4.5 Variasi dan Jumlah Benda Uji Penelitian 37
4.6 Analisis Statistik *ANOVA* 39
4.7 Bagan Alir Penelitian 40

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 42
5.1 Hasil Penelitian 42
5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal 42
5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat 42
5.1.3 Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave* 43
5.1.4 Hasil Pengujian Campuran *Superpave* Berdasarkan Jenis Gradasi dengan Bahan Ikat Pen 60/70 pada KAO 45
5.1.5 Hasil Analisis Statistik *Anova* 47
5.2 Pembahasan 48
5.2.1 Karakteristik Aspal 48
5.2.2 Karakteristik Agregat Kasar 49
5.2.3 Karakteristik Agregat Halus 50
5.2.4 Karakteristik *Marshall* Campuran *Superpave* dengan Bahan Ikat Pen 60/70 untuk Mencari KAO pada Berbagai Jenis Gradasi 50
5.2.5 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Kinerja Campuran *Superpave* pada KAO berdasarkan Jenis Gradasi 58
5.2.6 Perbandingan Nilai *IRS* Campuran *Superpave* Terhadap Berbagai Metode Pencampuran berdasarkan Jenis Gradasi 67
5.2.7 Perbandingan Nilai *ITS* Campuran *Superpave* Terhadap Berbagai Metode Pencampuran berdasarkan Jenis Gradasi 69
5.2.8 Perbandingan Nilai *CL* Campuran *Superpave* Terhadap Berbagai Metode Pencampuran berdasarkan Jenis Gradasi 70
5.2.9 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Pengujian Karakteristik Keseluruhan Campuran 71
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 77
6.1 Kesimpulan 77
6.2 Saran 78
DAFTAR PUSTAKA 79

LAMPIRAN 82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	9
Tabel 3.1	Persyaratan Agregat Halus	15
Tabel 3.2	Persyaratan Agregat Kasar	16
Tabel 3.3	Persyaratan Aspal Pen 60/70	17
Tabel 3.4	Spesifikasi *Superpave*	17
Tabel 4.1	Gradasi Agregat Campuran *Superpave* Ukuran Nominal Maksimum 12,5 mm	29
Tabel 4.2	Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 4,5%	31
Tabel 4.3	Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 5%	31
Tabel 4.4	Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 5,5%	32
Tabel 4.5	Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 6%	32
Tabel 4.6	Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 6,5%	33
Tabel 4.7	Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 3,5%	33
Tabel 4.8	Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 4%	34
Tabel 4.9	Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 4,5%	34
Tabel 4.10	Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 5%	34
Tabel 4.11	Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 5,5%	35
Tabel 4.12	Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO Gradasi Tengah	38
Tabel 4.13	Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO Gradasi Bawah	38
Tabel 4.14	Jumlah Benda Uji untuk KAO Metode Konvensional	38
Tabel 4.15	Jumlah Benda Uji untuk KAO Metode Dua Tahap	38
Tabel 4.16	Jumlah Benda Uji untuk KAO Metode Tiga Tahap	39
Tabel 5.1	Data Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70	42
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar	43
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Agregat Halus	43
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler*	43
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Menentukan KAO Campuran *Superpave* Gradasi Tengah	43

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penentuan KAO Campuran *Superpave* Gradasi Bawah 44
Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall Standard* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah 46
Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall Standard* pada Campuran *Superpave* Gradasi Bawah 46
Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengujian *IRS* pada Setiap Jenis Gradasi 46
Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian *ITS* pada Setiap Jenis Gradasi 46
Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian *CL* pada Setiap jenis Gradasi 47
Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik *Anova* terhadap Kedua Jenis Gradasi Metode Pencampuran Berdasarkan Nilai *ITS*, *IRS*, dan *CL* 47
Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik *Anova* Terhadap Karakteristik *Marshall* untuk Kedua Jenis Gradasi pada KAO 47
Tabel 5.14 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran *Superpave* Batas Tengah dan Batas Bawah 72
Tabel 5.15 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran *Superpave* Batas Tengah dan Batas Bawah 72
Tabel 5.16 Perbandingan Kinerja Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dengan Berbagai Metode Pencampuran 73
Tabel 5.17 Perbandingan Kinerja Campuran *Superpave* Gradasi Bawah dengan Berbagai Metode Pencampuran 75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Tahapan Proses Pencampuran Metode Konvensional	18
Gambar 3.2	Diagram Tahapan Proses Pencampuran Metode Dua Tahap	19
Gambar 3.3	Diagram Tahapan Proses Pencampuran Metode Tiga Tahap	20
Gambar 4.1	Rencana Gradasi Agregat Campuran *Superpave*	30
Gambar 4.2	*Flowchart* Penelitian	41
Gambar 5.1	Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave* Gradasi Tengah	44
Gambar 5.2	Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave* Gradasi Bawah	45
Gambar 5.3	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas Campuran *Superpave*	51
Gambar 5.4	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow* Campuran *Superpave*	52
Gambar 5.5	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *MQ* Campuran *Superpave*	53
Gambar 5.6	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VITM* Campuran *Superpave*	54
Gambar 5.7	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VFWA* Campuran *Superpave*	55
Gambar 5.8	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VMA* Campuran *Superpave*	56
Gambar 5.9	Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* Campuran *Superpave*	57
Gambar 5.10	Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah	58

Gambar 5.11 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Flow* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 60
Gambar 5.12 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *MQ* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 61
Gambar 5.13 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VITM* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 62
Gambar 5.14 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VFWA* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 64
Gambar 5.15 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VMA* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 65
Gambar 5.16 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Density* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 66
Gambar 5.17 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *IRS* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 68
Gambar 5.18 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *ITS* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 69
Gambar 5.19 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *CL* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70 84
Lampiran 2 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70 85
Lampiran 3 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal Pen 60/70 86
Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70 87
Lampiran 5 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70 88
Lampiran 6 Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam *TCE* 89
Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar 90
Lampiran 8 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal 91
Lampiran 9 Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin *Loss Angeles* 92
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus 93
Lampiran 11 *Sand Equivalent* 94
Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler Debu* 95
Lampiran 13 Hasil *Marshall Superpave* Gradasi Tengah 96
Lampiran 14 Hasil *Marshall Superpave* Gradasi Bawah 97
Lampiran 15 Rekapitulasi Hasil *Marshall Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah 98
Lampiran 16 Hasil *Marshall Superpave* Gradasi Tengah Setelah KAO 99
Lampiran 17 Hasil *Marshall Superpave* Gradasi Bawah Setelah KAO 100
Lampiran 18 Hasil *Marshall Superpave* Gradasi Tengah Setelah KAO 101
Lampiran 19 Hasil *Cantabro Loss Superpave* Gradasi Tengah Setelah KAO 102
Lampiran 20 Hasil Pengujian *ITS Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah Setelah KAO 103
Lampiran 21 Hasil Pengujian *IRS Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah Setelah KAO 104
Lampiran 22 Hasil Pengujian *IRS Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah Setelah KAO 105
Lampiran 23 Hasil Uji *Anova* Terhadap Karakteristik Marshall 106
Lampiran 24 Hasil Uji *Anova* Terhadap Analisis *ITS*, *IRS*, dan *CL* 107

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ANOVA = *Analysis of Variance*

CL = *Cantabro Loss*

cm = Centimeter

G_{CA} = Berat jenis *bulk* dari fraksi campuran agregat kasar

G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari campuran aspal yang telah dipadatkan

IRS = *Index of Retained Strength*

ITS = *Indirect Tensile Strength*

KAO = Kadar Aspal Optimum

kg = Kilogram

kg/mm = Kilogram per millimeter

LA = *Loss Angeles*

m = Meter

mm = Millimeter

MQ = *Marshall Quotient*

M_o = Berat sebelum diabrasi (gr)

M_i = Berat setelah diabrasi (gr)

SHRP = *Strategic Highway Research Program*

SNI = *Standar Nasional Indonesia*

TCE = *Trychloroethylene*

VITM = *Void In The Total Mix*

VFWA = *Void Filled With Asphalt*

VMA = *Void In Mineral Aggregate*

ABSTRAK

Gradasi *Superpave* telah menjadi standar untuk desain campuran aspal dalam proyek pembangunan jalan raya modern. Gradasi ini dirancang untuk meningkatkan kinerja dan umur panjang perkerasan dengan mempertimbangkan berbagai kondisi lingkungan dan beban lalu lintas. Gradasi agregat merupakan komponen penting dalam proses pencampuran *Superpave*, karena akan berdampak pada kualitas mekanis campuran aspal seperti stabilitas, ketahanan aus, dan ketahanan retak. Jenis gradasi yang dipilih, serta persentase agregat kasar dan agregat halus dalam berat keseluruhan campuran agregat, dapat berdampak pada kekuatan, stabilitas, dan daya tahan campuran aspal terhadap kerusakan deformasi plastis dan retak lelah.

Penelitian ini diawali dengan melakukan pengujian sifat fisik material agregat dan aspal kemudian dilakukan penentuan nilai kadar aspal optimum untuk masing-masing jenis campuran. Tahap selanjutnya dilakukan beberapa pengujian seperti *Marshall Standard*, *ITS*, *IRS* dan *CL* pada kadar aspal optimum dengan menggunakan mode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Hal ini terbukti dari tingginya nilai stabilitas dan *MQ* serta lebih rendahnya nilai volumentrik seperti nilai *VITM* yang didapat sebesar 3,59 pada gradasi tengah dan 4,74 pada gradasi bawah. Campuran *Superpave* gradasi tengah juga memiliki keunggulan berupa tingginya nilai *ITS* , *IRS* dan *CL* yang menandakan campuran *Superpave* gradasi tengah memang lebih tahan akan adanya beban lalu lintas berat. Selain itu apabila dilihat dari faktor metode pencampurannya, metode pencampuran bertahap 3 yang paling efisien dan unggul dibandingkan metode lainnya, seperti didapat nilai *CL* terbaik 21,49 pada gradasi tengah, dan 17,29 pada gradasi bawah.

Kata kunci: *Superpave*, Gradasi tengah, Gradasi bawah, *Marshall*, *Index of Retained Strength*, *Indirect of Tensile Strength*, *Cantabro Loss*

ABSTRACT

Superpave gradation has become the standard for asphalt mix design in modern highway construction projects. It is designed to improve pavement performance and longevity by considering various environmental conditions and traffic loads. Aggregate gradation is an important component in the Superpave mixing process, as it impacts the mechanical qualities of the asphalt mixture such as stability, wear resistance and crack resistance. The type of gradation selected, as well as the percentage of coarse aggregate and fine aggregate in the overall weight of the aggregate mixture, can have an impact on the strength, stability, and durability of the asphalt mixture against plastic deformation damage and fatigue cracking.

This research begins with testing the physical properties of aggregate and asphalt materials and then determining the optimum asphalt content for each type of mixture. In the next stage, several tests such as Marshall Standard, ITS, IRS and CL were carried out at the optimum asphalt content using conventional mixing mode and staged mixing method.

The results showed that in general the middle gradation Superpave mixes performed better than the lower gradation mixes. This is evident from the higher stability and MQ values and lower volumetric values such as VITM values which were found to be 3,59 in the middle gradation and 4,74 in the lower gradation. The middle gradation Superpave mixture also has the advantage of high ITS, IRS and CL values which indicate that the middle gradation Superpave mixture is more resistant to heavy traffic loads. In addition, when viewed from the mixing method factor, the sequential mixing method is the most efficient and superior to other methods, as the best CL value of 21,49 is obtained in the middle gradation, and 17,29 in the lower gradation.

***Keywords**: Superpave, Middle gradation, Lower gradation, Marshall, Index of Retained Strength, Indirect of Tensile Strength, Cantabro Loss*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan sebagai sarana transportasi merupakan komponen penting dalam kehidupan manusia saat ini dan menunjang kegiatan ekonomi, sosial, budaya, dan pertahanan. Permukaan jalan adalah suatu lapisan tanah bawah yang dipadatkan, yang bertugas memindahkan beban lalu lintas jalan dan mendistribusikannya ke atas lapisan tanah bawah sedemikian rupa sehingga beban yang diterima lapisan tanah bawah tidak melebihi daya dukung tanah yang diijinkan (Sukirman, 2010). Sifat permukaan jalan dapat dipengaruhi oleh pencampuran perkerasan yang ada di jalan tersebut.

Sistem pencampuran perkerasan harus dirancang tahan lama, agar tidak mengalami kerusakan dini akibat pengaruh dari lingkungan (air, oksidasi, pengaruh temperature). Material pembentuk perkerasan jalan, umumnya sangat dipengaruhi oleh faktor kelembapan (kadar air) dan faktor lingkungan. Kelembapan yang berlebihan pada struktur perkerasan, biasanya akan berdampak negatif pada kinerja perkerasan jalan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kadar air yang akan mengurangi kekuatan dan kekakuan material granular (pondasi dan pondasi bawah) menjadi terkotori oleh butiran halus dari tanah dasar yang terpompa ke atas bersama air (Hardiyatmo, 2019).

Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja suatu perkerasan jalan adalah beban kendaraan yang melintas, baik itu berdasarkan jenis kendaraan, volume kendaraan, ataupun kecepatan kendaraan saat melintasi jalan. Hal ini harus diperhatikan secara khusus dan solusi harus dibuat dengan tepat agar dapat mengimbangi peningkatan volume kendaraan yang ada sehingga dapat mengoptimalkan kinerja dari suatu perkerasan jalan. Solusi yang dapat dilakukan antara lain dengan memodifikasi jenis perkerasan dari segi pemilihan gradasinya.

Berdasarkan fungsi dan penerapannya, gradasi merupakan komponen penting yang menentukan kinerja struktur. Menurut Hadi dkk (2021), salah satu modifikasi gradasi yang digunakan untuk pengantisipasian beban yang berat adalah jenis gradasi *Superpave* yang merupakan salah satu jenis perkerasan hasil modifikasi gradasi yang dilakukan oleh *SHRP*.

Gradasi *Superpave* adalah metode desain perkerasan jalan yang dirancang untuk meningkatkan kinerja dan daya tahan perkerasan jalan saat ini. Menurut Hadi dan Fauziah (2022), campuran *Superpave* memiliki kinerja yang lebih baik dan prediksi umur pelayanan yang lebih panjang apabila dibandingkan dengan kinerja *AC-WC*. Hal serupa juga telah dibuktikan oleh Zumwari dan Edrees (2016) yang mengatakan bahwa campuran *Superpave* dapat meningkatan kinerja jalan aspal serta daya tahan yang lebih baik. Salah satu faktor penting dalam metode campuran *Superpave* ialah penentuan gradasi agregat yang mana nantinya dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanis yang dihasilkan oleh campuran aspal dalam meningkatkan suatu perkerasan jalan.

Berdasarkan *SHRP* kriteria jenis gradasi agregat pada campuran *Superpave* dapat dikategorikan dalam beberapa ukuran nominal maksimum, yang mana setiap ukuran nominal maksimum memiliki batas nilai minimum dan batas nilai maksimum. Batas nilai minimum ini nantinya akan digunakan sebagai campuran batas bawah dalam penelitian ini serta akan diambil nilai batas tengah yang mana merupakan hasil dari rata-rata batas nilai minimum dan nilai maksimum dari setiap ukuran. Gradasi ini dirancang untuk mengetahui bagaimana pengaruh pada batas gradasi batas bawah serta gradasi batas tengah dalam metode *Superpave* terhadap kinerja campuran aspal. Salah satu penelitian tentang penggunaan berbagai jenis gradasi pada campuran *Superpave* yaitu Wahyudi (2011) mengatakan bahwa campuran dengan menggunakan gradasi tengah memiliki nilai stabilitas dan kekuatan terhadap retak yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Yang mana berarti campuran *Superpave* dengan menggunakan gradasi tengah memang lebih tahan akan beban lalu lintas. Pada penelitiannya Zhang dkk (2004) juga mengatakan bahwa campuran *Superpave* gradasi tengah mampu menghasilkan nilai daya tahan yang lebih baik.

Selain itu hal yang dapat menjadi pertimbangan untuk meningkatkan kinerja suatu perkerasan jalan ialah metode yang akan digunakan untuk pencampuran suatu aspal. Salah satu metode rancangan campuran yang digunakan di Indonesia saat ini adalah metode pencampuran bertahap. Metode pencampuran bertahap ini diharapkan sebagai upaya dalam meningkatkan kinerja campuran perkerasan aspal dengan cara memisahkan pencampuran antara pencampuran agregat kasar yang sudah dilapisi oleh aspal kemudian dilanjutkan dengan mencampurkan agregat halus dengan *filler* (metode bertahap dua) atau dengan cara memisahkan antara agregat kasar yang akan dicampurkan oleh aspal, lalu agregat halus, dan *filler* (metode bertahap tiga). Menurut Wahyudi (2020), Hidayat (2021), dan Yaro dkk (2021) campuran dengan metode pencampuran bertahap (metode bertahap dua dan bertahap tiga) memiliki nilai *ITS, IRS, TSR* dan *CL* yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini berarti campuran dengan metode bertahap dua dan metode bertahap tiga memiliki kekuatan lebih besar untuk menahan keausan, dan gaya tarik langsung. Oleh karenanya campuran ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam menciptakan suatu perkerasan aspal yang lebih baik dan tahan lama. Hal serupa juga telah dibuktikan oleh Kok dan Kologlu (2011), Hesami dkk (2015) dan Iqbal dan Fauziah (2023) pada penelitiannya yang menyatakan bahwa penggunaan metode pencampuran bertahap dapat menghasilkan nilai pengujian yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional sehingga pencampuran dengan metode bertahap akan menghasilkan nilai yang lebih kuat dalam menahan beban lalu lintas dan deformasi plastis.

Berdasarkan isu diatas, maka perlunya dilakukan kajian tentang analisis dan perbandingan penggunaan gradasi batas tengah dan gradasi batas minimum (batas bawah) pada campuran *Superpave* dengan berbagai metode pencampuran. Kemudian, dilakukan pengujian *Marshall Standard, IRS, ITS,* dan *CL*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh berbagai metode pencampuran (konvensional, dua tahap, tiga tahap) terhadap karakteristik *Marshall Standard* campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah?
2. Bagaimana pengaruh berbagai metode pencampuran (konvensional, dua tahap, tiga tahap) terhadap karakteristik *Index of Retained Strength* (*IRS*) campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah?
3. Bagaimana pengaruh berbagai metode pencampuran (konvensional, dua tahap, tiga tahap) terhadap karakteristik *Indirect Tensile Strength* (*ITS*) campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah?
4. Bagaimana pengaruh berbagai metode pencampuran (konvensional, dua tahap, tiga tahap) terhadap karakteristik *Cantabro Loss* (*CL*) campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran (konvensional, dua tahap, tiga tahap) terhadap nilai *Marshall* campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah.
2. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran (konvensional, dua tahap, tiga tahap) terhadap nilai *Index of Retained Strength* (*IRS*) campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah.
3. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran (konvensional, dua tahap, tiga tahap) terhadap nilai *Indirect Tensile Strength* (*ITS*) campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah.
4. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran (konvensional, dua tahap, tiga tahap) terhadap nilai *Cantabro Loss* (*CL*) campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui hasil analisis dan perbandingan dari pencampuran *Superpave* gradasi tengah dan gradasi bawah terhadap berbagai metode pencampuran, sehingga diharapkan nantinya dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan gradasi campuran serta metode pencampuran yang terbaik dalam proses pencampuran perkerasan.

1.5 Batas Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bahan ikat yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 dan tidak meninjau reaksi kimianya.
2. Gradasi yang digunakan adalah gradasi aspal *Superpave* batas tengah dan batas bawah.
3. Variasi metode pencampuran yang dilakukan adalah menggunakan metode konvensional lalu dilanjutkan dengan metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran tiga tahap.
4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *Marshall Standard, IRS, ITS* dan *CL*.
5. Pengujian *IRS* menggunakan penerapan rendaman dengan durasi 24 jam.
6. Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo.
7. Hanya meneliti *ANOVA* satu arah.
8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tujuan meninjau penelitian yang terdahulu adalah untuk mengetahui apa yang relevan atau berkaitan dengan penelitian yang akan penulis lakukan. Tinjauan pustaka ini memungkinkan penulis untuk membandingkan dengan topik penelitian yang sudah ada sebelumnya.

2.2 Kinerja Perkerasan Aspal *Superpave*

Campuran gradasi *Superpave* adalah suatu pendekatan desain campuran aspal yang dikembangkan oleh *SHRP*. Teknologi ini mencoba menciptakan campuran aspal yang lebih tahan lama terhadap keretakan, deformasi, dan degradasi yang disebabkan oleh cuaca buruk. Proses desain *Superpave* mencakup pengujian yang lebih ekstensif terhadap sifat material, serta pertimbangan faktor lingkungan setempat seperti suhu ekstrim dan arus lalu lintas yang tinggi. Zumwari dan Edrees (2016) mengatakan bahwa campuran *Superpave* terbukti dapat meningkatkan kinerja jalan aspal yang lebih tinggi dan daya tahan yang lebih tahan lama pada negaranya yang memiliki cuaca ekstrim.

Superpave menyoroti pentingnya gradasi agregat yang tepat untuk stabilitas dan kinerja aspal yang optimal. Menurut Rizal dkk (2019) agregat bergradasi *Superpave* yang digunakan dalam campuran agregat aspal bertujuan agar dapat meningkatkan kinerja dari suatu campuran perkerasan dengan cara mengontrol keretakan akibat kelelahan serta menciptakan daya tahan yang tinggi.

Menurut Hadi dkk (2021) campuran *Superpave* memiliki nilai *ITS, IRS, CL* serta stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan campuran *AC-WC* pada bahan ikat yang sama yaitu Pen 60/70 yang berarti penggunaan gradasi *Superpave* lebih dapat memberikan kemampuan dalam menahan kuat tarik serta kerusakan yang berupa deformasi permanen ataupun *rutting*. Penggunaan campuran *Superpave* juga diteliti oleh Hadi dan Fauziah (2022) yang membahas tentang studi komparasi

prediksi umur pelayanan antara campuran *Superpave* dan *AC-WC* menggunakan pemodelan viskoelastik dan elastik, menunjukkan bahwa campuran dengan perkerasan *Superpave* memiliki ketahanan yang lebih baik dan prediksi umur pelayanan yang lebih panjang dibandingkan dengan campuran *AC-WC*.

2.3 Kinerja Perkerasan Aspal dengan Berbagai Metode Pencampuran

Proses pencampuran aspal memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja perkerasan aspal karena pencampuran yang tepat dapat memastikan distribusi yang merata dari bahan penyusun campuran, seperti agregat dan aspal, yang sangat penting untuk umur dan stabilitas perkerasan. Proses pencampuran yang tepat berkontribusi pada kepadatan yang diinginkan dalam campuran aspal. Kepadatan diperlukan untuk membatasi jumlah ruang udara dalam campuran, yang dapat merusak ketahanan terhadap kerusakan pada perkerasan. Hidayat (2021) yang membahas mengenai pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *marshall* dengan bahan ikat aspal pen 60/70, menunjukkan bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap pada bahan ikat pen 60/70 menghasilkan nilai *Marshall Standard, IRS, ITS* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Sedangkan nilai *CL* dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap secara signifikan lebih rendah daripada penggunaan metode konvensional, yang mana menandakan campuran dengan metode pencampuran dua tahap dapat menghasilkan kemampuan daya dukung dan daya lekat yang lebih baik.

Menurut Hesami dkk (2014) yang membahas tentang pengaruh metode pencampuran terhadap kemampuan dan kinerja campuran aspal, menunjukkan bahwa campuran aspal dengan metode dua tahap akan lebih lama tahan akan deformasi permanen dan lebih tahan patah pada saat kondisi pembebanan siklik. Wahyudi (2020) juga telah membuktikan bahwa penggunaan metode pencampuran dengan metode bertahap pada campuran *Superpave* memiliki nilai yang signifikan lebih baik dibandingkan dengan metode lainnya.

2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Perbandingan penelitian penulis dengan penelitian sebelumnya yang sejenis dapat dilihat pada Tabel 2.1 dihalaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Aspek	Kok dan Kuloglu (2011)	Wahyudi (2011)	Yaro dkk (2021)	Tutu dkk (2022)	Hesami (2015)	Zhang dkk (2004)	Apriliyanti dan Hadi (2024)
1.	Judul	*Effects of two phase mixing method on mechanical properties of hot mix asphalt*	Studi Praktis Konsep Zona Terlarang Campuran Gradasi Menerus *Superpave*	*Performance evaluation of waste palm oil fiber reinforced stone matrix asphalt mixtures using traditional and sequential mixing processes*	*Superpave Performance Graded Asphalt Binder Selection for Asphalt Mixture Design in Ghana*	*Effect of mixing sequence on the workability and performance of asphalt mixtures*	*Effect of Superpave defined restricted zone on hot-mix asphalt performance*	Analisis Campuran *Superpave* Bergradasi Batas Bawah dan Batas Tengah dengan Penerapan Berbagai Metode Pencampuran
2.	Jenis Campuran	*Superpave*	*Superpave*	*Stone Matrix Asphalt* (*SMA*)	*Superpave*	*AC-WC*	*Superpave*	*Superpave*
3.	Jenis Aspal	Pen 60/70	Pen 60/70	Aspal Pen 60/70	PG 70-10 dan PG 64-10	Pen 60/70	PG64-22	Aspal Pen 60/70

Sumber : Kok dan Kuloglu (2011), Wahyudi (2011), Yaro dkk (2021), Tutu dkk (2022), Hesami (2015), Zhang dkk (2004)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Aspek	Kok dan Kuloglu (2011)	Wahyudi (2011)	Yaro dkk (2021)	Tutu dkk (2022)	Hesami (2015)	Zhang dkk (2004)	Apriliyanti dan Hadi (2024)
4.	Metode Pencampuran	Metode Konvensional dan Tiga Tahap	Metode Konvensional	Metode Konvensional dan Dua Tahap	Metode Konvensional	Metode Bertahap	Metode Konvensional	Metode Konvensional, Dua Tahap, dan Tiga Tahap
5.	Pengujian	*Marshall, IRS, ITS,* IDT dan *CL.*	*Marshall Standard, Stiffness, Fracture Toughness*	*ITS, CL, Stiffness Modulus*	*LTTP*, dan *ICM*	*Stiffness Modulus, Marshall Standard*	*Marshall Standard, APA Rut Test*	*Marshall Standard, ITS, IRS dan CL*
6.	Hasil Pengujian	Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran dengan metode bertahap secara keseluruhan	Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki nilai	Hasil pengujian menunjukan bahwa adanya *WPOF* dalam campuran *SMA* menghasilkan campuran dengan	Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran *Superpave* menghasilkan	Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran dengan metode bertahap memiliki hasil	Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran yang memiliki gradasi yang melanggar zona terlarang (gradasi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran gradasi batas tengah mempunyai nilai stabilitas, *VITM*,

Sumber : Kok dan Kuloglu (2011), Wahyudi (2011), Yaro dkk (2021), Tutu dkk (2022), Hesami (2015), Zhang dkk (2004)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Aspek	Kok dan Kuloglu (2011)	Wahyudi (2011)	Yaro dkk (2021)	Tutu dkk (2022)	Hesami (2015)	Zhang dkk (2004)	Apriliyanti dan Hadi (2024)
6.	Hasil Penelitian	memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional.	yang lebih tinggi dibandingkan dengan gradasi bawah. Gradasi tengah memiliki nilai kekakuan campuran (*stiffness*) 456,328 Mpa lebih kecil 23,42% dari Eh tertinggi dan menghasilkan Ev = 4185,775 Mpa tertinggi yang mana artinya memiliki	stabilitas, nilai *ITS, Stiffness Modulus* dan *Tensile Strength (TSR)* yang lebih tinggi. Dengan adanya metode bertahap mampu menghasilkan nilai yang lebih baik dibandingkan metode konvensional	kinerja perkerasan yang lebih baik di negara Ghana	yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional.	tengah) memiliki kinerja yang lebih baik daripada campuran dengan gradasi yang melewati luar zona terbatas. Kinerja alur campuran yang memiliki gradasi di bawah zona terlarang (gradasi bawah), yang umumnya dikenal tahan alur, tampaknya lebih sensitive terhadap sifat agregat daripada kinerja	*CL, ITS, IRS* yang lebih baik dibandingkan dengan campuran gradasi batas bawah. Metode pencampuran bertahap 3 terbukti dapat menghasilkan nilai stabilitas, *IRS, ITS* serta *CL* yang lebih baik dibandingkan metode pencampuran lainnya

Sumber : Kok dan Kuloglu (2011), Wahyudi (2011), Yaro dkk (2021), Tutu dkk (2022), Hesami (2015), Zhang dkk (2004)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Aspek	Kok dan Kuloglu (2011)	Wahyudi (2011)	Yaro dkk (2021)	Tutu dkk (2022)	Hesami (2015)	Ghuzlan dkk (2020)	Apriliyanti dan Hadi (2024)
			nilai kekakuan yang lebih baik.				alur campur yang memiliki gradasi di atas atau melalui zona larangan.	nilai stabilitas, *IRS*, *ITS* serta *CL* yang lebih baik dibandingkan metode pencampuran lainnya

Sumber : Kok dan Kuloglu (2011), Wahyudi (2011), Yaro dkk (2021), Tutu dkk (2022), Hesami (2015), Zhang dkk (2004)

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. Serta bahan ikat yang dapat digunakan pada perkerasan jalan ialah semen, aspal, ataupun tanah liat. Menurut Hardiyatmo (2019), fungsi utama dari perkerasan ialah untuk mendistribusikan beban roda kendaraan ke wilayah permukaan tanah dasar yang lebih luas daripada luas kontak roda dan perkerasan, 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

Berbagai jenis perkerasan digunakan sesuai dengan kondisi fisik dan geografis dari usulan konstruksi, pendanaan dan kecepatan konstruksi untuk menghindari pembangunan yang mengganggu lalu lintas. Jenis perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia antara lain perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).

Perkerasan lentur terdiri dari batu pecah yang dicampur dengan bahan ikat bitumen atau aspal. Proses pencampuran ini dilakukan secara panas *(hot mix)* atau dingin (*cold mix*), dan kemudian dipadatkan dengan alat pemadat roda besi (*steel wheel*) atau pemadat roda karet *Pneumatic Tired Roller* (*PTR*).

3.3 Macam-Macam Lapisan Perkerasan Lentur

Menurut Sukirman (2010), konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar dari struktur perkerasan jalan yang telah melalui prose pemadatan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima

beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan yang ada di bawahnya. Lapisan-lapisan perkerasan lentur terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*)
   a. Lapis Aus (*Wearing Course*)

      Lapis aus adalah bagian dari lapisan permukaan yang letaknya di atas lapisan antara (*Binder Course*). Lapisan ini langsung berhubungan dengan rem kendaraan, yang membuatnya lebih mudah aus. Tebal minimum lapis perkerasan ini adalah 4 cm.

   b. Lapis Permukaan Antara (*Binder Course*)

      Lapis permukaan antara adalah bagian lapisan yang terletak di antara lapisan aus dan lapisan dasar. Ketebalan minimal lapisan perkerasan ini adalah 6 cm. Material lapisan permukaan antara umumnya sama dengan material lapisan dasar dan memiliki persyaratan yang lebih tinggi. Sehingga lapisan permukaan antara dapat bersifat kedap air dan meningkatkan daya dukung terhadap beban roda lalu lintas.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

   Lapis pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak diantara lapis permukaan antara dan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah dasar jika lapis pondasi bawah tidak digunakan). Bahan untuk lapis pondasi biasanya harus kuat dan tahan lama sehingga dapat menahan beban roda. Lapis perkerasan pondasi memiliki ketebalan minimal 7,5 cm dan dapat digunakan untuk berbagai fungsi, yaitu :

   a. Sebagai komponen perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya.
   b. Sebagai lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
   c. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

   Lapis pondasi bawah adalah bagian dari konstruksi untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar, yang terletak diantara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Efisiensi penggunaan material, dimana material pondasi bawah relatif lebih murah dibanding dengan perkerasan yang ada di atasnya. Lapisan ini berfungsi

untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

   Lapisan tanah dasar merupakan tanah awal atau asli, dapat berupa tanah yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Beban kendaraan yang dilimpahkan ke lapisan perkerasan melalui roda-roda kendaraan selanjutnya didistribusikan ke lapisan-lapisan dibawahnya dan terakhir oleh tanah dasar.

3.4 Material Penyusun Perkerasan Lentur Jalan

Material penyusun untuk konstruksi perkerasan jalan terdiri atas agregat (agregat halus dan agregat kasar), *filler*, gradasi agregat dan aspal.

3.4.1 Agregat

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 sendiri dapat terdiri dari butiran-butiran batu pecah, pasir alam ataupun campuran dari keduanya.

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.

Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Kasar

<table>
<tr><td colspan="3">Pengujian</td><td>Metode Pengujian</td><td>Nilai</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan</td><td>Natrium sulfat</td><td rowspan="2">SNI 3407 : 2008</td><td>Maks. 12%</td></tr>
<tr><td>Magnesium sulfat</td><td>Maks 18%</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Abrasi dengan mesin Loss Angeles</td><td rowspan="2">Campuran AC Modifikasi dan SMA</td><td>100 putaran</td><td rowspan="2">SNI 2417 : 2008</td><td>Maks. 6%</td></tr>
<tr><td>500 putaran</td><td>Maks. 30%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya</td><td>100 putaran</td><td rowspan="2"></td><td>Maks. 8%</td></tr>
<tr><td>500 putaran</td><td>Maks. 40%</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kelekatan agregat terhadap aspal</td><td>SNI 2439 : 2011</td><td>Min. 95%</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Butir Pecah pada Agregat Kasar</td><td>SMA</td><td rowspan="2">SNI 7619 : 2012</td><td>100/90*)</td></tr>
<tr><td>Lainnya</td><td>95/90**)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Partikel Pipih dan Lonjong</td><td>SMA</td><td rowspan="2">SNI 8287 : 2016 Perbandingan 1 : 5</td><td>Maks. 5%</td></tr>
<tr><td>Lainnya</td><td>Maks. 10%</td></tr>
<tr><td colspan="3">Material lolos Ayakan No.200</td><td>SNI ASTM C117 : 2012</td><td>Maks. 1%</td></tr>
</table>

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. *Filler*

Filler merupakan material yang lolos ayakan No.200 (0,075 mm) pada saat penyaringan dan dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (*PC*) atau bahan non plastis lainnya. *Filler* berfungsi sebagai pengisi antar rongga-rongga diantara butiran agregat kasar yang bertujuan untuk meningkatan kerapatan sehingga diharapkan dapat meningkatkan stabilitas.

3.4.2 Aspal

Menurut Sukirman (2003) aspal merupakan material perekat berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utamanya bitumen. Aspal dapat diperoleh dari alam misalnya asbuton atau residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal pada material perkerasan jalan memiliki fungsi sebagai bahan pengikat yang artinya memberikan ikatan antara fraksi agregat agar tidak saling terlepas dan sebagai bahan pengisi rongga kosong diantara campuran agregat. Berikut ini spesifikasi untuk aspal pen 60/70 berdasarkan ketentuan Bina Marga 2018.

Tabel 3.3 Persyaratan Aspal Pen 60/70

No.	Nilai Persyaratan	Jenis Pengujian	Standar
1	≥ 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)

3.5 Campuran *Superpave*

SHRP telah membuat spesifikasi baru untuk gradasi campuran aspal yang disebut *Superpave*. *Superpave* menetapkan persyaratan untuk setiap spesifikasi gradasi dalam bentuk nominal maksimum pada setiap rancangan pembuatan campuran yang bertujuan agar diharapkan dapat mencegah kerusakan berupa retak awal dan deformasi permanen pada saat beban kendaraan melintas. Berikut ini spesifikasi sifat campuran yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Spesifikasi *Superpave*

No	**Kriteria Perencanaan**	**Nilai**
1	*VITM*	3-5
2	*VMA*	> 15
3	*VFWA*	> 65

Lanjutan Tabel 3.4 Spesifikasi *Superpave*

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
4	*Flow*	2-4
5	Stabilitas	> 800
6	*MQ*	≥ 250

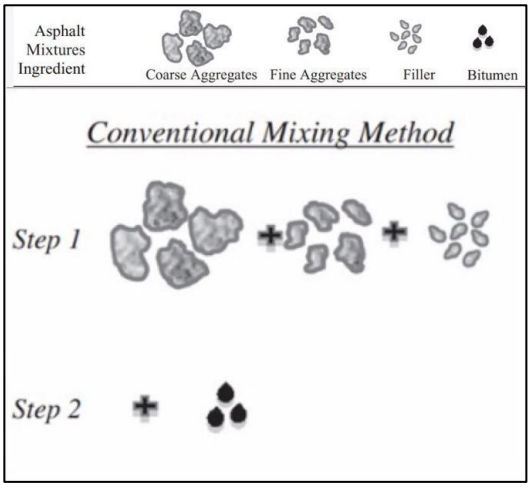
Sumber: Bina Marga (2018)

3.6 Metode Pencampuran Perkerasan

3.6.1 Metode Pencampuran Konvensional

Dalam teknik pencampuran konvensional, seluruh agregat dipanaskan secara bersamaan hingga mencapai suhu tertentu. Kemudian, aspal yang telah dipanaskan dicampur dan diaduk secara merata Brown dkk (2009).

Berikut ini merupakan skema diagram tahapan proses proses pencampuran metode konvensional dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



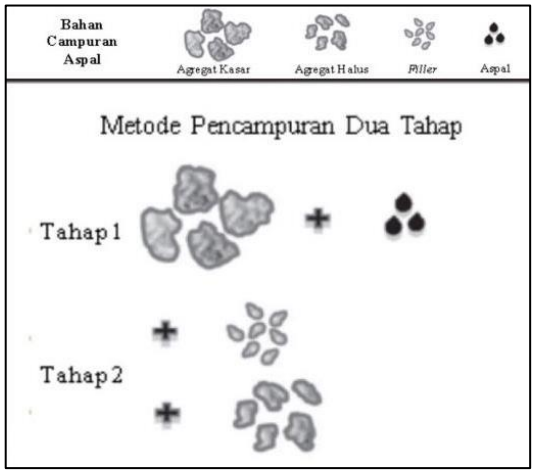
Gambar 3.1 Diagram Tahapan Proses Pencampuran Metode Konvensional
Sumber: Hesami dkk (2015)

3.6.2 Metode Pencampuran Dua Tahap

Metode pencampuran dua tahap merupakan strategi dalam meningkatkan kinerja sifat campuran pada aspal dengan cara memodifikasi tahapan-tahapan proses pencampuran aspal dan agregat. Metode ini diawali dengan melakukan pencampuran pada agregat kasar dengan kadar aspal yang tepat yang kemudian mencampurkannya dengan agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) yang telah

ditentukan, dengan tujuan diharapkan dapat memperkuat daya ikat antara aspal dengan agregat sehingga dapat mengurangi resiko terkelupasnya agregat apabila terkena kelembaban, dan mengurangi resiko terbentuknya debu atau kontaminan yang dapat mempengaruhi kualitas campuran aspal (Kok dan Kuloglu, 2011).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hidayat (2021) tentang pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik campuran *Stone Matrix Asphalt* dengan bahan ikat aspal pen 60/70 dan aspal *Crumb Rubber.* Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode pencampuran konvensional dengan metode pencampuran dua tahap, yang mana hasilnya menunjukkan bahwa metode pencampuran dua tahap memberikan kinerja perkerasan yang lebih baik dibandingkan metode pencampuran konvensional untuk kedua jenis bahan ikat aspal yang digunakan. Dalam pengujian *Marshall Standard, Immersion Test, Indirect Tensile Strength,* dan *Tensile Strength Ratio* menunjukkan bahwa metode pencampuran dua tahap menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Berikut ini merupakan skema diagram tahapan proses proses pencampuran metode pencampuran dua tahap dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.

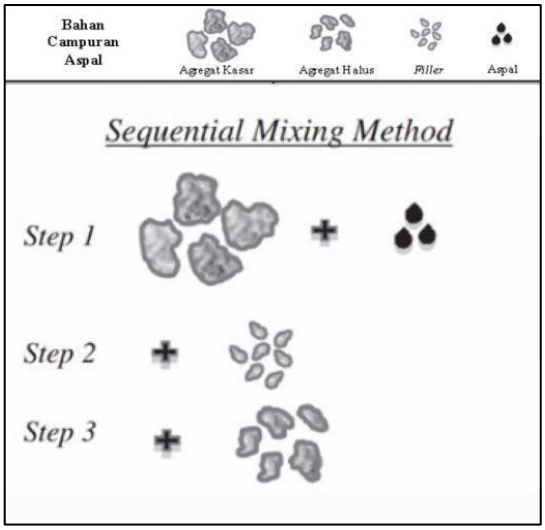


Gambar 3.2 Diagram Tahapan Proses Pencampuran Metode Dua Tahap
Sumber: Hesami dkk (2015)

3.6.3 Metode Pencampuran Tiga Tahap

Dalam metode pencampuran tiga tahap, pada kondisi awal pencampuran agregat kasar dan aspal dipanaskan kemudian dicampurkan secara bersamaan.

Selanjutnya *filler* ditambahkan, lalu dicampur hingga merata dan terakhir dilakukan penambahan agregat halus. Menurut Wahyudi (2020), menunjukkan bahwa metode tiga tahap merupakan metode dengan pilih terbaik untuk campuran superpave karena menghasilkan nilai stabilitas, *IRS*, dan *Cantabro Loss* yang lebih baik dibandingkan metode lainnya. Berikut ini merupakan skema diagram tahapan proses proses pencampuran metode konvensional dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Diagram Tahapan Proses Pencampuran Metode Tiga Tahap
Sumber: Hesami dkk (2015)

3.7 Penentuan Nilai Kadar Aspal Campuran *Superpave*

Salah satu langkah yang paling utama dalam melakukan penelitian ini ialah menentukan nilai KAO yang akan digunakan yaitu dengan cara menentukan persen gradasi kemudian dihitung persen total campurannya untuk memperkirakan KAO. Perhitungan dalam mencari nilai KAO dapat menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini.

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

dengan :

Pb = 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

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

3.8 Karakteristik *Marshall Standard*

Sifat-sifat pengujian suatu campuran dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian sebagai berikut.

3.8.1 Stabilitas (*Stability*)

Nilai stabilitas diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*) dan menunjukkan batas maksimum beban diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetan berkurang. Rumus untuk menghitung nilai stabilitas dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$Q = p \times q \tag{3.2}$$

dengan :

Q = Nilai Stabilitas

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi proving ring, dan

q = Angka koreksi benda uji

3.8.2 Kelelehan (*Flow*)

Nilai *flow* diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*. Suatu campuran yang memiliki kelelehan yang lebih rendah akan kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanan.

3.8.3 *Void in the Total Mix* (*VITM*)

VITM merupakan persen rongga udara di dalam total campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. Nilai *VITM* berkaitan erat dengan karakteristik ketahan campuran terhadap deformasi plastis. Bila nilai *VITM* terlalu rendah akan

menimbulkan ketidakstabilan pada campuran. Sebaliknya apabila nilai *VITM* terlalu tinggi akan menyebabkan campuran bersifat *porous*, sehingga membuat campuran mudah teroksidasi dan mengalami deformasi plastis. Nilai *VITM* dapat diperoleh dari 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)

3.8.4 *Marshall Quotient (MQ)*

Sebuah metode untuk menentukan tingkat kekakuan campuran adalah *MQ*, yaitu perbandingan antara stabilitas dan *flow* (Djalante, 2011). Campuran aspal dengan kelelehan plastis yang tinggi akan menghasilkan nilai *MQ* yang tinggi, sehingga campuran tersebut kaku dan perkerasan dapat mengalami perubahan bentuk jika menerima beban lalu lintas. Di sisi lain, campuran aspal dengan kelelehan plastis yang rendah dan stabilitas yang tinggi akan menghasilkan nilai *MQ* yang rendah, sehingga campuran tersebut cenderung plastis dan tidak stabil. 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)

3.8.5 Kepadatan (*Density*)

Nilai *density* adalah ukuran berat volume yang menunjukkan kepadatan campuran agregat aspal. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu

menahan beban yang lebih baik, karena rongga di dalam campuran yang lebih kecil dan bidang kotak yang lebih besar dari butiran agregat. Kekedapan campuran terhadap udara dan air juga meningkat, akan membuatnya sulit teroksidasi. Nilai *density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7 berikut ini.

$$g = \frac{e}{d-1} \tag{3.6}$$

$$f = d - e \tag{3.7}$$

dengan :

g = nilai *density* (gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

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

3.8.6 *Void Filled With Asphalt* (*VFWA*)

VFWA adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang dapat terisi oleh aspal. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal dapat diperoleh dari Persamaan 3.8 berikut ini.

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

dengan :

VFWA = Rongga terisi aspal, persen *VITM,*

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk, dan

VITM = Volume pori dalam beton aspal padat.

3.8.7 *Void in Mineral Agregate* (*VMA*)

VMA adalah banyak pori/udara yang berada di antara butir-butir agregat dalam beton aspal padat. Hasil dari *VMA* dinyatakan dalam persentase. *VMA* dapat meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. *VMA* dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Perhitungan dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat = 100 cm^3. Nilai *VMA* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.9 berikut ini.

$$VMA = 100 - \frac{\text{Gmb x Ps}}{\text{Gsb}} \tag{3.9}$$

dengan :

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

G_{mb} = Berat jenis bulk dari beton aspal padat,

P_s = Kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat, dan

G_{sb} = Berat jenis bulk dari agregat pembentuk beton aspal padat.

3.9 Pengujian *Indirect Tensile Strength* (*ITS*)

ITS adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui adanya potensi keretakan perkerasan di lapangan.

Pengujian *ITS* ini hampir mirip dengan pengujian *Marshall Standard*. Yang menjadi pembeda hanyalah pada pengujian *ITS* tidak menggunakan cincin penguji namun menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengujian dilakukan dengan melakukan pembebanan tekan yang dilakukan secara terus menerus dengan laju konstan sampai mencapai batas maksimum, dimana setelah pembebanan maksimum maka benda uji akan mengalami keretakan. Rumus untuk menghitung *ITS* dapat dilihat pada Persamaan 3.10 berikut ini.

$$ITS = \frac{Pruntuh}{h} \text{ x Ao} \qquad (3.10)$$

dengan :

ITS = *Indirect Tensile Strength* (N/mm^2)

P_{runtuh} = beban puncak (kg)

h = tinggi sampel (cm)

Ao = konstanta

3.10 Pengujian *Index of Retained Strength* (*IRS*)

IRS bertujuan untuk mengetahui seberapa kekuatan yang masih dimiliki oleh campuran setelah mengalami proses perendaman selama 24 jam.

$$IRS = \frac{S2}{S1} \text{ X } 100\% \quad (3.11)$$

dengan :

S_1 = rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah direndam selama 0,5 jam (kg), dan

S_2 = rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah direndam selama 24 jam (kg)

3.11 Pengujian *Cantabro Loss* (*CL*)

CL dilakukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap keausan. Pada pengujian ini dilakukan dengan mesin *LA* dengan benda uji yang sudah dipadatkan kedua sisinya sebanyak 2×75 tumbukan setiap sisi. Setelah itu benda uji dimasukkan ke dalam drum *LA* tanpa bola dan diputar sebanyak 300 putaran. Nilai *CL* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12 berikut ini.

$$CL = \frac{Mo-Mi}{Mo} \text{ x } 100\% \quad (3.12)$$

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 adalah metode yang dilakukan dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi terhadap data yang telah didapatkan. Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan melaksanakan serangkaian kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Yang mana data tersebut nantinya akan diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil penelitian, kemudian dibandingkan dengan persyaratan atau standar spesifikasi yang digunakan. Standar spesifikasi dan prosedur penelitian yang digunakan mengacu kepada peraturan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

4.2 Metode Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan tiga metode pencampuran, yaitu metode pencampuran konvensional, metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran tiga tahap. Aspal yang digunakan adalah aspal pen 60/70. Pada tahap pertama dilakukan pengujian *Marshall* untuk mencari nilai KAO dengan metode konvensional sebanyak 30 sampel. Selanjutnya setelah didapatkan nilai KAO dilakukan pengujian *Marshall*, *ITS*, *IRS* dan *CL* dengan metode konvensional sebanyak 18 sampel, lalu dilanjutkan dengan metode pencampuran dua tahap 18 sampel, dan terakhir dilanjutkan dengan metode pencampuran tiga tahap 18 sampel.

4.3 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan selama pengujian agar mempermudah pengambilan data, maka dilakukan pengelompokan benda uji sehingga didapatkan data berupa nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VITM*, *VMA*, *VFWA*, nilai *IRS*, nilai *ITS*, dan nilai *CL*.

4.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan penelitian ini meliputi persiapan material dan alat, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, *Marshall Standard, IRS, ITS, dan CL*. Tahap-tahap penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Pembuatan benda uji campuran *Superpave* dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan material agregat dan jenis aspal Pen 60/70. Pemeriksaan material dilakukan untuk mengetahui kelayakan material sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan atau belum. Pemeriksaan berpedoman pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pengujian untuk agregat dan aspal adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Agregat
    a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar mengacu pada SNI 1969 : 2016

       Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan angka berat jenis. Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24±4) jam direndam di dalam air.
    b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus mengacu pada SNI 1970 : 2016

       Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui nilai berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh (*SSD*), dan berat jenis semu.
    c. Pengujian kelekatan agregat oleh aspal mengacu pada SNI 06- 2439:2011

       Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah presentase luas permukaan agregat yang diselimuti aspal terhadap permukaan agregat.
    d. Pengujian analisa saringan SNI ASTM C136:2012

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan

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

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

f. Pengujian keausan agregat atau *LA* mengacu pada SNI 2417 : 2008

2. Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis masing-masing *filler* abu batu.

3. Pengujian Aspal

Pada penelitian ini bahan ikat yang digunakan adalah aspal Pen 60/70. Aspal yang akan digunakan dalam penelitian ini dilakukan pengujian terlebih dahulu agar kualitas aspal yang akan digunakan harus sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2018. Pengujian yang akan dilakukan antara lain:

a. Pengujian penetrasi aspal mengacu pada SNI 2456:2011

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal dengan cara memasukkan jarum kemudian dibebani dengan berat dan waktu tertentu ke dalam pada suhu tertentu.

b. Pengujian berat jenis aspal mengacu pada SNI 2441:2011

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai dari berat jenis suatu aspal yang didapat dari perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling terhadap volume pada suhu tertentu.

c. Pengujian titik lembek mengacu pada SNI 2434:2011

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal akan mengalami kelelehan.

d. Pengujian daktilitas mengacu pada SNI 2432:2011

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi aspal dengan cara mengetahui jarak yang dapat ditarik oleh aspal pada rangkaian pengujiannya.

e. Pengujian titik nyala dan titik bakar mengacu pada SNI 2433:2011

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perkiraan suhu maksimum dari pemanasan aspal yang akan digunakan agar aspal tidak terbakar.

4.4.2 Persiapan Alat

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

4.4.3 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Komponen bahan campuran terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal yang akan diuji terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar mengetahui sifat-sifat material tersebut apakah sudah memenuhi persyaratan atau belum agar mendapatkan campuran aspal yang baik. Setelah melakukan pengujian sifat fisik agregat dan aspal, dilakukan penyaringan agregat menggunakan saringan standar.

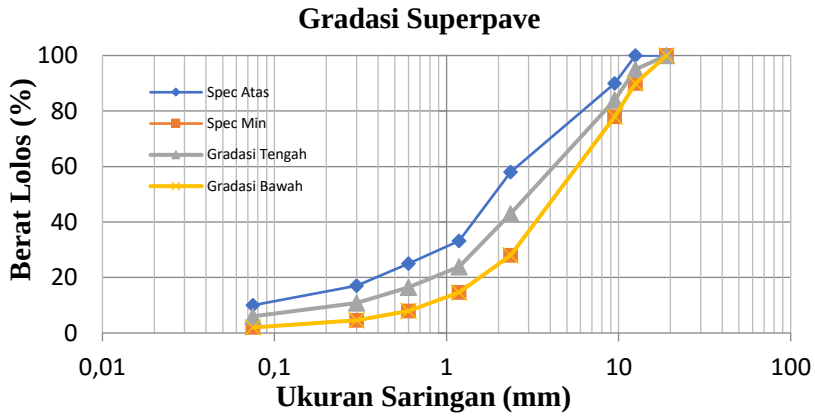
Adapun rancangan gradasi agregat untuk campuran *Superpave* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

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

Ukuran Saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen %			
			Min	Max	Gradasi Rencana Tengah		Gradasi Rencana Bawah	
					Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	100	
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	90	10
3/8 "	9,5	mm	78	90	84	16	78	22
No. 8	2,36	mm	28	58	43	57	28	72
No. 16	1,18	mm	14,57	33,21	23,89	76	14,57	85,4
No. 30	0,6	mm	7,97	25	16,485	83,5	7,97	92
No. 50	0,3	mm	4,56	17	10,78	89,2	4.56	95,4
No. 200	0,075	mm	2	10	6	94	2	98
Pen			0	0	0	100	0	100

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

Gradasi rencana yang digunakan dalam campuran aspal *Superpave* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran *Superpave*

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

$$Pb = 0{,}035\ (\%CA) + 0{,}045\ (\%FA) + 0{,}18(\%Filler) + C \qquad (3.1)$$

dengan :

Pb = 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

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

Dari hasil persamaan 3.1 diatas maka dapat dihitung perkiraan nilai kadar aspal untuk gradasi tengah sebagai berikut :

Pb = 0,035 (%CA) + 0,045 (%FA) + 0,18(%*Filler*) + C

= 0,035 (57%) + 0,045 (37) +0,18(6) + 0,5

= 5,24 %

Berdasarkan dari hasil perhitungan perkiraan awal (Pb) diatas, didapatkan nilai Pb untuk gradasi tengah sebesar 5,24%. Sehingga kadar aspal yang akan digunakan untuk gradasi tengah pada pengujian ini adalah 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%, 6,5% terhadap berat total campuran sebesar 1200 gram. Sedangkan untuk kadar

aspal perkiraan gradasi bawah sebesar 4,55%. Sehingga kadar aspal yang akan digunakan untuk gradasi bawah adalah 3,5%, 4%, 4,5%, 5%, dan 5,5% terhadap berat total campuran sebesar 1200 gram.

Kebutuhan agregat pada tiap-tiap kadar aspal gradasi tengah dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 4,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	90	100	95	5	5	57,30
3/8 "	9,5	78	90	84	16	11	126,06
No. 8	2,36	28	58	43	57	41	469,86
No. 16	1,18	14,57	33,21	23,89	76,11	19,11	219,00
No. 30	0,600	7,97	25	16,49	83,52	7,41	84,86
No. 50	0,300	4,56	17	10,78	89,22	5,71	65,38
No. 200	0,075	2	10	6	94	4,78	54,78
Pan		0	0	0	100	6,00	68,76
Total							1146

Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	90	100	95	5	5	57
3/8 "	9,5	78	90	84	16	11	125,40
No. 8	2,36	28	58	43	57	41	467,40
No. 16	1,18	14,57	33,21	23,89	76,11	19,11	217,85
No. 30	0,600	7,97	25	16,49	83,52	7,41	84,42
No. 50	0,300	4,56	17	10,78	89,22	5,71	65,04
No. 200	0,075	2	10	6	94	4,78	54,49
Pan		0	0	0	100	6,00	68,40
Total							1140

Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 5,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0,00
1/2 "	12,5	90	100	95	5	5	56,70
3/8 "	9,5	78	90	84	16	11	124,74
No. 8	2,36	28	58	43	57	41	464,94
No. 16	1,18	14,57	33,21	23,89	76,11	19,11	216,71
No. 30	0,600	7,97	25	16,49	83,52	7,41	83,97
No. 50	0,300	4,56	17	10,78	89,22	5,71	64,69
No. 200	0,075	2	10	6	94	4,78	54,21
Pan		0	0	0	100	6,00	68,04
Total							1134

Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 6%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0,00
1/2 "	12,5	90	100	95	5	5	56,40
3/8 "	9,5	78	90	84	16	11	124,08
No. 8	2,36	28	58	43	57	41	462,48
No. 16	1,18	14,57	33,21	23,89	76,11	19,11	215,56
No. 30	0,600	7,97	25	16,49	83,52	7,41	83,53
No. 50	0,300	4,56	17	10,78	89,22	5,71	64,35
No. 200	0,075	2	10	6	94	4,78	53,92
Pan		0	0	0	100	6,00	67,68
Total							1128

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat Gradasi Tengah pada Kadar Aspal 6,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0,00
1/2 "	12,5	90	100	95	5	5	56,10
3/8 "	9,5	78	90	84	16	11	123,42
No. 8	2,36	28	58	43	57	41	460,02
No. 16	1,18	14,57	33,21	23,89	76,11	19,11	214,41
No. 30	0,600	7,97	25	16,49	83,52	7,41	83,08
No. 50	0,300	4,56	17	10,78	89,22	5,71	64,01
No. 200	0,075	2	10	6	94	4,78	53,63
Pan		0	0	0	100	6,00	67,32
Total							1122

Kebutuhan agregat pada tiap-tiap kadar aspal untuk gradasi bawah dapat dilihat pada Tabel 4.7 sampai Tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 3,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	90	100	90	10	10	115,80
3/8 "	9,5	78	90	78	22	12	138,960
No. 8	2,36	28	58	28	72	50	579,00
No. 16	1,18	14,57	33,21	14,57	85,43	13,43	155,519
No. 30	0,600	7,97	25	7,97	92,03	6,60	76,428
No. 50	0,300	4,56	17	4,56	95,44	3,41	39,488
No. 200	0,075	2	10	2	98	2,56	29,645
Pan		0	0	0	100	2	23,160
Total							1158

Tabel 4.8 Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 4%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0,00
1/2 "	12,5	90	100	90	10	10	115,20
3/8 "	9,5	78	90	78	22	12	138,24
No. 8	2,36	28	58	28	72	50	576,00
No. 16	1,18	14,57	33,21	14,57	85,43	13,43	154,714
No. 30	0,600	7,97	25	7,97	92,03	6,6	76,032
No. 50	0,300	4,56	17	4,56	95,44	3,41	39,283
No. 200	0,075	2	10	2	98	2,56	29,491
Pan		0	0	0	0	100	23,040
Total							1152

Tabel 4.9 Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 4,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0,00
1/2 "	12,5	90	100	90	10	10	114,60
3/8 "	9,5	78	90	78	22	12	137,520
No. 8	2,36	28	58	28	72	50	573,00
No. 16	1,18	14,57	33,21	14,57	85,43	13,43	153,908
No. 30	0,600	7,97	25	7,97	92,03	6,6	75,636
No. 50	0,300	4,56	17	4,56	95,44	3,41	39,079
No. 200	0,075	2	10	2	98	2,56	29,338
Pan		0	0	0	0	100	22,920
Total							1146

Tabel 4.10 Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	90	100	90	10	10	114,0

Lanjutan Tabel 4.10 Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/8 "	9,5	78	90	78	22	12	136,8
No. 8	2,36	28	58	28	72	50	570,0
No. 16	1,18	14,57	33,21	14,57	85,43	13,43	153,102
No. 30	0,600	7,97	25	7,97	92,03	6,6	75,240
No. 50	0,300	4,56	17	4,56	95,44	3,41	38,874
No. 200	0,075	2	10	2	98	2,56	29,184
Pan		0	0	0	0	100	22,800
Total							1140

Tabel 4.11 Kebutuhan Agregat Gradasi Bawah pada Kadar Aspal 5,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen %		Total Campuran	Berat (gr)
inchi	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	90	100	90	10	10	113,400
3/8 "	9,5	78	90	78	22	12	136,080
No. 8	2,36	28	58	28	72	50	567,000
No. 16	1,18	14,57	33,21	14,57	85,43	13,43	152,296
No. 30	0,600	7,97	25	7,97	92,03	6,6	74,844
No. 50	0,300	4,56	17	4,56	95,44	3,41	38,669
No. 200	0,075	2	10	2	98	2,56	29,030
Pan		0	0	0	0	100	22,680
Total							1134

4.4.4 Pembuatan Campuran Sampel

Setelah mendapatkan nilai berat tertahan pada masing-masing variasi kadar aspal dilakukan penyaringan agregat. Penyaringan agregat ini bertujuan untuk memisahkan ukuran butiran sesuai nomor saringan agregat yang telah ditentukan. Kemudian menimbang ukuran butiran agregat sesuai nilai berat tertahan pada masing-masing kadar aspal yang telah dihitung. Setelah proses penyaringan dan

penimbangan, agregat kasar, agregat halus, dan *filler* material tersebut dibungkus ke dalam plastik.

Penelitian ini menggunakan tiga metode pencampuran pada saat proses pencampuran agregat dengan aspal yaitu, metode pencampuran konvensional, metode pencampuran dua tahap, dan metode pencampuran tiga tahap. Dimana metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran tiga tahap dilakukan setelah mendapat nilai KAO.

Selanjutnya pembuatan sampel campuran. Tahapan-tahapan pembuatan sampel dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Memanaskan aspal hingga mencapai suhu 160˚C.
2. Memanaskan campuran yang telah dibuat per kadar aspal. Pada tahap pencampuran aspal panas dengan agregat panas terdapat perbedaan antara sebelum mendapatkan nilai KAO dan setelah mendapatkan nilai KAO. Perbedaan proses pencampuran tersebut antara lain:
   a. Penentuan nilai KAO.

      Proses pembuatan sampel yang digunakan sebelum mendapatkan nilai KAO dibuat dengan metode pencampuran konvensional berdasarkan variasi kadar aspal gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah, yaitu dengan mencampurkan agregat kasar, agregat halus, *filler* dalam satu wajan secara langsung dengan bahan ikat aspal panas yang telah sesuai dengan nilai KAO, kemudian mengaduk campuran secara merata.
   b. Campuran pada KAO

      Setelah KAO diperoleh, dibuat sampel dengan tiga metode pencampuran, yaitu :

      1) Untuk membandingkan sampel yang digunakan pada tiap-tiap metode pencampuran, campuran utama dibuat dengan metode pencampuran secara konvensional sama seperti pada saat proses pembuatan sampel penentuan nilai KAO.
      2) Campuran kedua dibuat dengan metode pencampuran dua tahap. Metode pencampuran dua tahap dilakukan dengan cara mencampurkan

agregat kasar dengan jumlah aspal sesuai dengan kadar aspal optimal, selanjutnya dilakukan pencampuran agregat halus dan *filler*.

3) Campuran ketiga dibuat dengan metode pencampuran tiga tahap. Metode pencampuran tiga tahap dilakukan dengan cara mencampurkan agregat kasar dengan jumlah aspal sesuai dengan kadar aspal optimum, dilanjutkan dengan *filler*, kemudian dengan agregat halus.

3. Membersihkan cetakan bendi uji *mold* dan mengolesi bagian dalamnya dengan minyak pelumas.
4. Meletakkan selembar kertas yang sudah digunting sesuai dengan ukuran cetakan *mold* dibagian bawah cetakan. Kemudian memasukkan benda uji 1/3 dari volume cetakan dan dipukul menggunakan spatula sebanyak 25x (15x pukulan di pinggir, dan 10x pukulan di tengah), kemudian memasukkan benda uji hingga 2/3 dari volume cetakan dan dipukul menggunakan spatula 25x, lalu memasukkan benda uji hingga penuh dan menaruh selembar kertas di permukaan atas.
5. Meletakkan cetakan *mold* diatas dudukan alat pemadatan. Pemadatan dilakukan sebanyak 75x pukulan di sisi pertama dan menumbuk 75x pukulan di sisi kedua.
6. Melepaskan selembar kertas yang menempel pada benda uji pada sisi pertama dan kedua.
7. Mendiamkan benda uji sesudah pemadatan selesai hingga mencapai suhu ruang, kemudian mengeluarkan benda uji dari cetakan dengan menggunakan *ejector hydraulic pump.*
8. Beri kodefikasi pada benda uji agar memudahkan pada saat akan melakukan pengujian sampel.

4.5 Variasi dan Jumlah Benda Uji Penelitian

Jumlah total benda uji yang digunakan adalah sebanyak 84 buah. Diantaranya digunakan untuk pengujian mengetahui nilai KAO sebanyak 30 buah, dan 54 buah lainnya untuk setiap pengujian pada KAO. Berikut penjelasan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.12 sampai Tabel 4.16.

Tabel 4.12 Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO Gradasi Tengah

Jenis Gradasi	*Superpave*				
	Kadar Aspal				
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Gradasi Tengah	3	3	3	3	3
Total	15				

Tabel 4.13 Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO Gradasi Bawah

Jenis Gradasi	*Superpave*				
	Kadar Aspal				
	3,5%	4%	4,5%	5%	5,5%
Gradasi Bawah	3	3	3	3	3
Total	15				

Tabel 4.14 Jumlah Benda Uji untuk KAO Metode Konvensional

Pengujian	Variasi Pencampuran *Superpave*	
	Metode Konvensional	
	Gradasi Tengah	Gradasi Bawah
Marshall Standard	3	3
IRS	3	3
ITS	3	3
CL	3*	3*
Total	18	

Note :Pengujian Cantabro menggunakan spesimen hasil pengujian *ITS*

Tabel 4.15 Jumlah Benda Uji untuk KAO Metode Dua Tahap

Pengujian	Variasi Pencampuran *Superpave*	
	Metode Dua Tahap	
	Gradasi Tengah	Gradasi Bawah
Marshall Standard	3	3
IRS	3	3
ITS	3	3
CL	3*	3*
Total	18	

Note :Pengujian Cantabro menggunakan spesimen hasil pengujian *ITS*

Tabel 4.16 Jumlah Benda Uji untuk KAO Metode Tiga Tahap

Pengujian	Variasi Pencampuran *Superpave*	
	Metode Tiga Tahap	
	Gradasi Tengah	Gradasi Bawah
Marshall Standard	3	3
IRS	3	3
ITS	3	3
CL	3*	3*
Total	18	

Note :Pengujian Cantabro menggunakan spesimen hasil pengujian *ITS*

4.6 Analisis Statistik *ANOVA*

Penelitian ini menggunakan analisis berupa statistik *anova*. Tujuan dari analisis statistik ini adalah untuk mengetahui perbandingan yang disebabkan oleh pengaruh gradasi dan bahan ikat pada campuran *Superpave* dengan penerapan berbagai metode pencampuran. Data-data yang dihasilkan seperti karakteristik *Marshall Standard, IRS, ITS, CL* nantinya akan dianalisis dengan statistik *anova* untuk menyimpulkan hasil dari penelitian. Secara umum analisis statistik *anova* adalah sebagai berikut.

1. Merumuskan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) untuk melihat pengaruh masing-masing factor variable. Rumusan hipotesis dalam dilihat pada persamaan 4.1 dan 4.2 berikut ini.

   $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots \mu k$ (4.1)

   $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \ldots\ldots\ldots\ldots \neq \mu k$ (4.2)

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

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

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

3. Menentukan nilai α atau signifikan umumnya digunakan 5% atau 0,05.

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

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

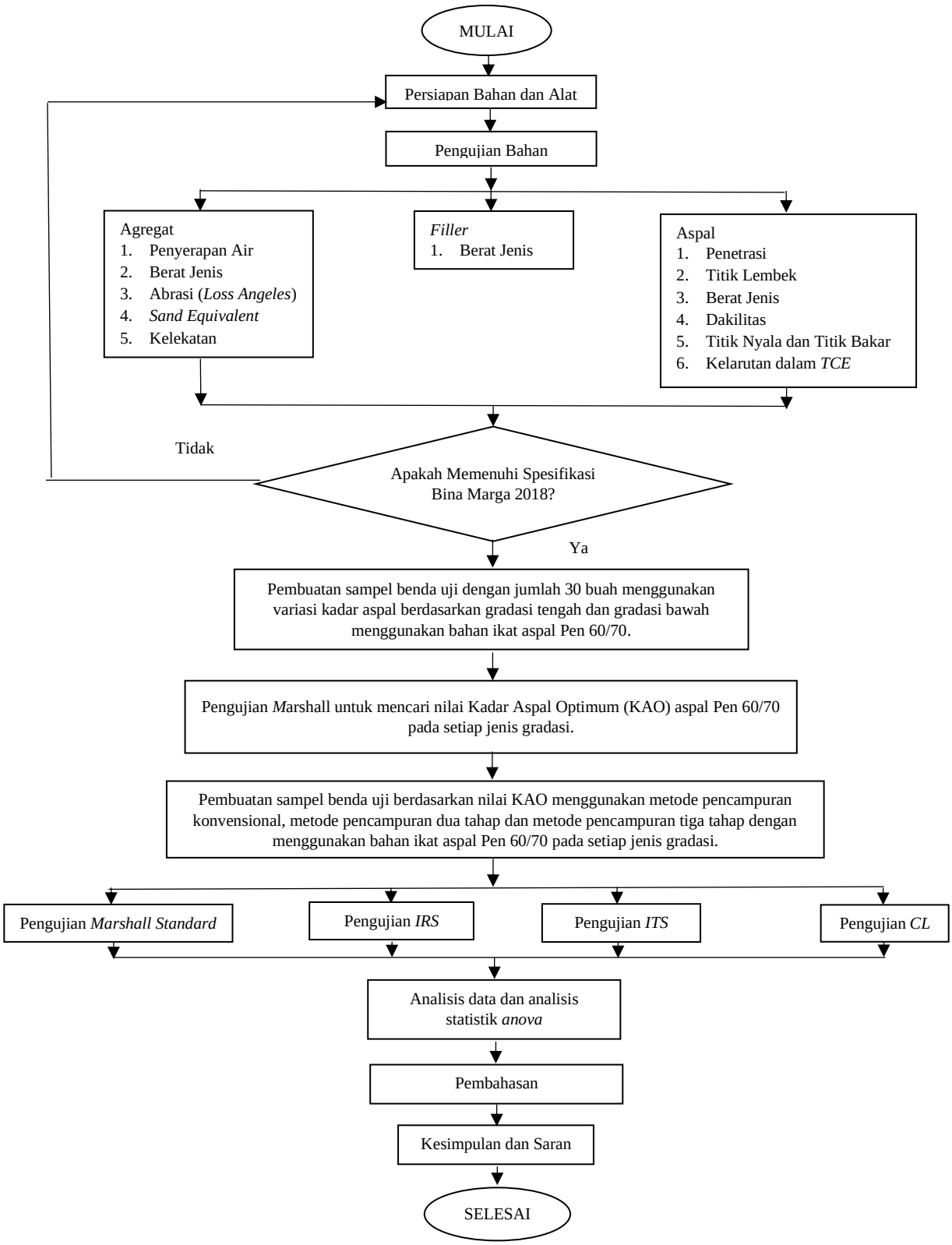
4. Perumusan keputusan H_0 dan H_1

   H_0 : Tidak ada perbedaan secara signifikan

   H_1 : Ada perbedaan secara signifikan

4.7 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian merupakan bagan yang menunjukkan alur atau tahapan-tahapan suatu penelitian yang dibuat secara singkat dan jelas. Bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. 2 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.2 *Flowchart* Penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil dari pengujian masing-masing sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pada pengujian karakteristik aspal Pen 60/70 ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari hasil pengujian karakteristik aspal Pen 60/70 disajikan pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Data Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	Berat Jenis	≥ 1,0	1,034
2	Penetrasi (0,1mm)	60-70	63,2
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	165
4	Titik Nyala (˚C)	≥ 232	320
5	Titik Bakar (˚C)	≥ 232	330
6	Titik Lembek (˚C)	≥ 48	48
7	Kelarutan *TCE* (%)	≥ 99	99,524

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 5.2 hingga Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,701
2	Penyerapan Air pada Agregat	≤ 3	0,926
3	Keausan dengan Mesin *LA* (%)	≤ 40	19,4

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,769
2	Penyerapan Air pada Agregat	≤ 3	2,077
3	*Sand Equivalent* (%)	≥ 50	93,35

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler*

No	*Filler*	Hasil
1	Berat Jenis Debu Batu	2,733

5.1.3 Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave*

Hasil yang didapatkan dalam menentukan kadar aspal optimum ialah nilai *stability, flow, MQ, VITM, VFWA, VMA,* dan *density*. Hasil dari pengujian dalam menentukan KAO pada setiap gradasi dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 berikut ini.

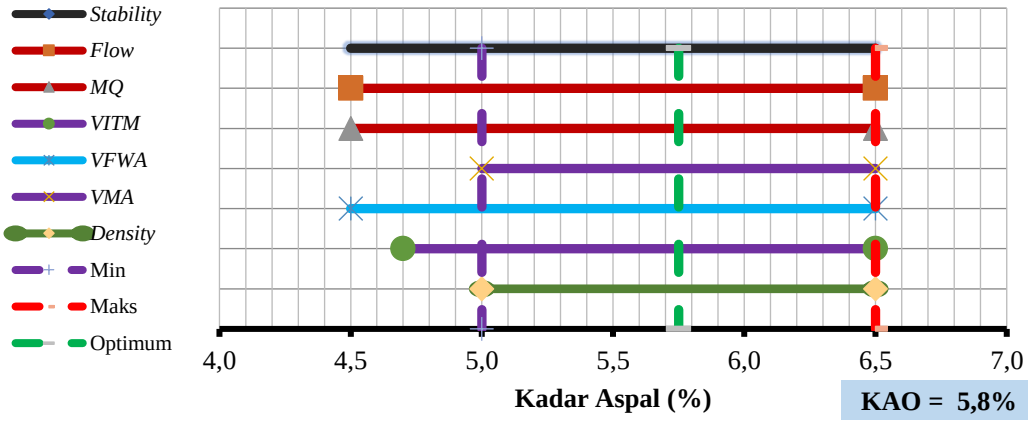
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Menentukan KAO Campuran *Superpave* Gradasi Tengah

Kadar Aspal (%)	*Stability* (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
4,5	1090,95	2,39	456,47	5,15	67,14	14,25	2,42
5	1184	2,60	455,38	4,74	71,09	14,98	2,41
5,5	1427,62	3,00	475,87	4,01	76,17	15,43	2,41

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Pengujian Menentukan KAO Campuran *Superpave* Gradasi Tengah

Kadar Aspal (%)	*Stability* (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
6	1249,71	3,02	413,81	3,89	78,13	16,40	2,40
6,5	1141	3,10	374,87	3,53	80,65	17,16	2,39
Spesifikasi	>800	2-4	>250	3-5	>65	>15	

Dari Tabel 5.5 hasil pengujian menentukan KAO Campuran *Superpave* Gradasi Tengah diatas, didapatkan nilai KAO untuk gradasi tengah sebesar 5,8 yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave* Gradasi Tengah

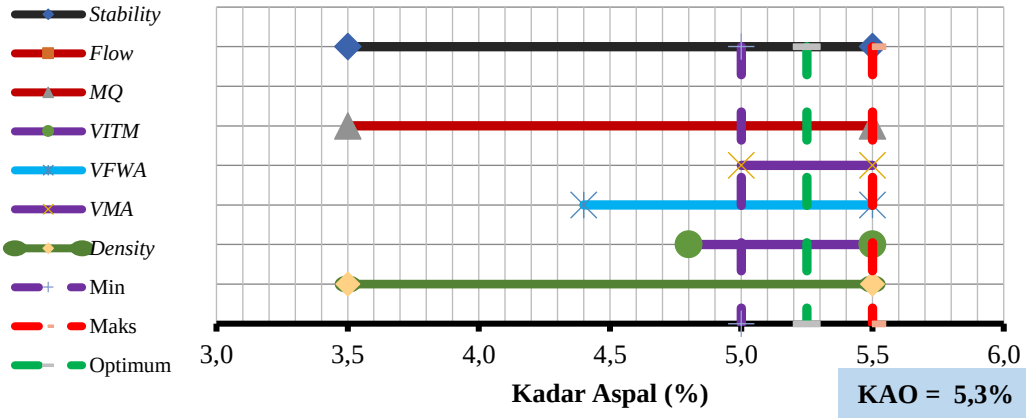
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penentuan KAO Campuran *Superpave* Gradasi Bawah

Kadar Aspal (%)	*Stability* (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
3,5	889	2,70	329,26	7,87	50,55	14,63	2,38
4	1048	2,74	382,48	6,25	59,77	14,50	2,40
4,5	1164,34	3,17	367,30	5,38	66,04	14,56	2,40

Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penentuan KAO Campuran *Superpave* Gradasi Bawah

Kadar Aspal (%)	*Stability* (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
5	1015	3,57	284,31	4,89	70,34	15,22	2,40
5,5	949	3,67	258,58	4,17	75,36	15,66	2,40
Spesifikasi	>800	>3	>250	3-5	>65	>15	

Dari Tabel 5.5 hasil pengujian penentuan KAO campuran *Superpave* gradasi bawah diatas, didapatkan nilai KAO untuk gradasi bawah sebesar 5,3 yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave* Gradasi Bawah

5.1.4 Hasil Pengujian Campuran *Superpave* Berdasarkan Jenis Gradasi dengan Bahan Ikat Pen 60/70 pada KAO

Hasil pengujian campuran *Superpave* pada penelitian ini meliputi pengujian *Marshall Standard*, *IRS*, *ITS*, dan *CL*, yang mana metode 1 (metode konvensiuonal), metode 2 (metode dua tahap) dan metode 3 (metode tiga tahap). Data rekapitulasi dari hasil masing-masing pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.7 sampai Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall Standard* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah

Metode	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VMA* (%)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*Density* (gr/cc)
1	1445,56	3,37	428,05	15,92	3,83	77,88	2,403
2	1463,00	3,33	439,34	15,76	3,65	78,75	2,408
3	1487,00	3,20	464,69	15,71	3,59	79,01	2,409
Spesifikasi	>800	>2-4	>250	>15	3-5	>65	

Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall Standard* pada Campuran *Superpave* Gradasi Bawah

Metode	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VMA* (%)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*Density* (gr/cc)
1	1291,20	3,57	361,68	15,94	4,98	71,05	2,385
2	1320,19	3,44	383,78	15,84	4,86	71,58	2,388
3	1330,02	3,30	403,04	15,73	4,74	72,11	2,391
Spesifikasi	>800	>2-4	>250	>15	3-5	>65	

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengujian *IRS* pada Setiap Jenis Gradasi

Metode	*IRS* (%)	
	Gradasi Tengah	Gradasi Bawah
1	90,28	86,32
2	92,19	89,74
3	93,94	91,30

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian *ITS* pada Setiap Jenis Gradasi

Metode	*ITS* (kg/cm)	
	Gradasi Tengah	Gradasi Bawah
1	18,00	14,84
2	19,96	17,04
3	21,49	17,29

Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian *CL* pada Setiap jenis Gradasi

Metode	*CL* (%)	
	Gradasi Tengah	Gradasi Bawah
1	4,92	6,04
2	3,90	4,98
3	2,82	4,15

5.1.5 Hasil Analisis Statistik *Anova*

Hasil dari analisis statistik *anova* terdiri dari data-data pengujian *Marshall Standard*, *IRS*, *ITS*, dan *CL* dengan tambahan variasi metode pencampuran pada setiap jenis gradasi. Data hasil rekapitulasi analisis statistik *anova* dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik *Anova* terhadap Kedua Jenis Gradasi Berdasarkan Nilai *ITS*, *IRS*, dan *CL*

Parameter	Hasil	Hasil Analisis	Keterangan
ITS	0,001	Signifikan	H_1 Diterima
IRS	0,001	Signifikan	H_1 Diterima
CL	0,014	Signifikan	H_1 Diterima

Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik *Anova* Terhadap Karakteristik *Marshall* untuk Kedua Jenis Gradasi pada KAO

Parameter	Hasil	Hasil Analisis	Keterangan
Stability	0,156	Tidak Signifikan	H_0 Diterima
Flow	0,689	Tidak Signifikan	H_0 Diterima
MQ	0,446	Tidak Signifikan	H_0 Diterima
VITM	0,006	Signifikan	H_1 Diterima
VFWA	0,003	Signifikan	H_1 Diterima
VMA	0,960	Tidak Signifikan	H_0 Diterima
Density	0,034	Signifikan	H_1 Diterima

5.2 Pembahasan

5.2.1 Karakteristik Aspal

Dari berbagai pengujian yang telah dilakukan, hasil karakteristik aspal pen 60/70 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat Jenis Aspal

Nilai berat jenis aspal memiliki pengaruh besar terhadap proses perencanaan rancangan perkerasan. Nilai ini didapat berdasarkan hasil perbandingan antara volume aspal dan volume air. Hasil dari pengujian berat jenis pada penelitian ini menunjukkan nilai sebesar 1,034 yang mana berarti sudah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu ≥ 1.

2. Penetrasi Aspal

Nilai penetrasi aspal menunjukkan kekerasan yang ada pada aspal. Hasil pengujian penetrasi yang didapat pada penelitian ini adalah 63,2 mm yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 60-70.

3. Daktilitas Aspal

Nilai daktilitas aspal menunjukkan tingkat kekenyalan yang ada pada aspal. Hasil pengujian daktilitas pada penelitian ini menunjukkan nilai sebesar 164 dengan keterangan tidak putus pada saat pengujian berlangsung. Hal ini berarti berdasarkan syarat Bina Marga 2018 aspal Pen 60/70 yang akan digunakan telah memenuhi spesifikasi yaitu ≥ 100.

4. Titik Nyala Aspal

Nilai titik nyala aspal didapatkan pada saat aspal mulai menimbulkan percikan api secara singkat. Hasil pengujian titik nyala pada penelitian ini menunjukkan nilai titik nyala sebesar 320 yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu ≥ 232.

5. Titik Bakar Aspal

Nilai titik bakar aspal didapatkan pada saat aspal menunjukkan percikan api selama ± 5 detik. Hasil pengujian titik bakar pada pengujian ini menunjukkan nilai titik nyala sebesar 330 yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu ≥ 232.

6. Titik Lembek Aspal

Nilai titik lembek aspal didapatkan pada saat aspal sudah mulai menjadi lunak ataupun turun menyentuh bola baja. Hal ini berarti menunjukkan batas suhu dimana aspal kuat untuk menahan suhu tinggi. Hasil pengujian titik lembek aspal pada pengujian ini menunjukkan nilai titik lembek sebesar 48˚C yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu ≥ 48

7. Kelarutan dalam *TCE*

Nilai kelarutan aspal dalam *TCE* menunjukkan persentase jumlah aspal yang dapat larut dalam *TCE*. Hasil pengujian kelarutan aspal dalam *TCE* pada penelitian ini menunjukkan nilai sebesar 99,524% yang berarti telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu ≥ 99%.

5.2.2 Karakteristik Agregat Kasar

Dari berbagai pengujian yang telah dilakukan, hasil karakteristik agregat kasar dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat Jenis Agregat

Hasil yang didapatkan pada pengujian berat jenis agregat pada penelitian ini berupa berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ), berat benda dalam air (BA), dan berat benda uji dikering oven (BK). Nilai berat jenis agregat kasar yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 2,701 yang berarti telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar ≥ 2,5.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air oleh agregat ialah tingkat kemampuan suatu bahan dalam menyerap air, rongga atau pori agregat. Dari pengujian yang sudah dilakukan didapatkan nilai penyerapan air oleh agregat kasar sebesar 0,926% yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar < 3%.

3. Kehausan oleh Mesin *LA*

Nilai kehausan agregat menunjukkan seberapa ketahanan agregat terhadap abrasi dengan menggunakan mesin *LA*. Pada penelitian ini didapat hasil kehausan sebesar 19,4% yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar ≤ 40%.

5.2.3 Karakteristik Agregat Halus

Dari berbagai pengujian yang telah dilakukan, hasil karakteristik agregat kasar dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat Jenis Agregat

Hasil yang didapatkan pada pengujian berat jenis agregat pada penelitian ini berupa berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ), berat benda dalam air (BA), dan berat benda uji dikering oven (BK). Nilai berat jenis agregat halus yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 2,769 yang berarti telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar ≥ 2,5.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air oleh agregat ialah tingkat kemampuan suatu bahan dalam menyerap air, rongga atau pori agregat. Dari pengujian yang sudah dilakukan didapatkan nilai penyerapan air oleh agregat halus sebesar 2,077% yang mana telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar < 3%.

3. *Sand Equivalent*

Nilai *Sand Equivalent* menunjukkan kadar debu dan kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus. Pada penelitian ini didapat nilai sebesar 93,3% yang berarti telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar ≥ 50.

4. *Filler*

Filler didapatkan dari agregat halus yang lolos pada saringan No. 200. Pada penelitian ini didapatkan nilai sebesar 2,624%.

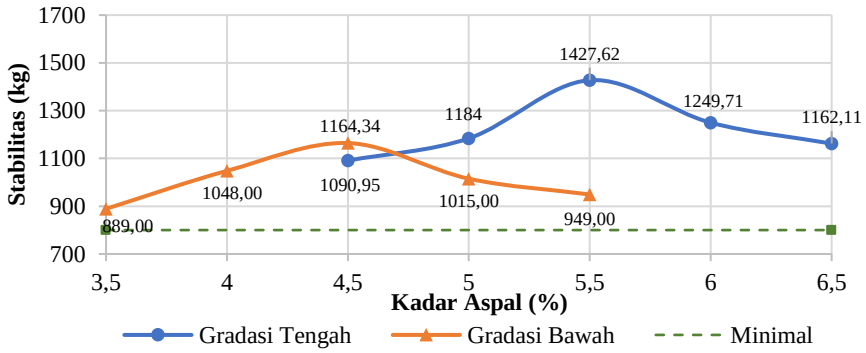
5.2.4 Karakteristik *Marshall* Campuran *Superpave* dengan Bahan Ikat Pen 60/70 untuk Mencari KAO pada Berbagai Jenis Gradasi

Tinjauan karakteristik *Marshall Standard* untuk mencari nilai KAO pada campuran *Superpave* gradasi tengah dan gradasi bawah menggunakan bahan ikat Pen 60/70 secara rinci dapat dilihat sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan beban lalu lintas hingga mengalami deformasi atau kelelahan plastis. Nilai stabilitas akan sangat dipengaruhi oleh kadar aspal dan terus meningkat hingga mencapai batas

optimum dan kemudian akan turun setelah melampaui batas optimum. Berikut Gambar 5.3 grafik perbandingan nilai stabilitas dan kadar aspal.



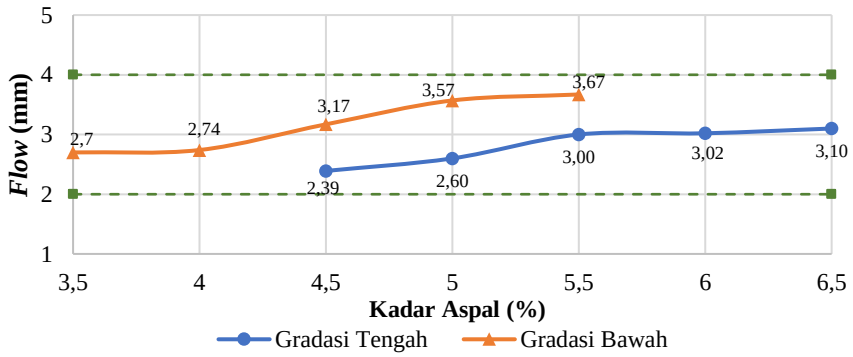
Gambar 5.3 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas Campuran *Superpave*

Pada Gambar 5.3 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada gradasi tengah yang telah memenuhi syarat Bina Marga 2018 yaitu pada rentang kadar aspal 4,5% - 6,5% dan gradasi bawah pada rentang kadar aspal 3,5% - 5,5%. Pada setiap jenis gradasi nilai stabilitas akan terus meningkat hingga mencapai nilai yang maksimum kemudian turun seiring dengan bertambahnya persen kadar aspal. Nilai stabilitas gradasi tengah terus meningkat dimulai pada saat kadar aspal 3,5% dan mencapai puncaknya pada saat kadar aspal 4,5% yang kemudian menurun seiring penambahan kadar aspal berikutnya. Sedangkan nilai stabilitas gradasi bawah terus meningkat dimulai pada saat kadar aspal 4,5% dan mencapai puncaknya pada saat kadar aspal 5,5% yang kemudian menurun seiring penambahan kadar aspal berikutnya. Berdasarkan Gambar 5.3 dapat dilihat pada gradasi tengah secara keseluruhan memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan gradasi bawah. Hal ini berarti campuran gradasi tengah memiliki daya tahan yang lebih kuat terhadap deformasi dan beban lalu lintas. Namun pada saat kadar aspal 4,5% nilai stabilitas gradasi tengah memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan gradasi bawah. Hal ini diakibatkan pada saat kadar aspal 4,5% gradasi bawah telah mencapai pucak kadar aspal optimumnya sehingga dapat menghasilkan nilai yang lebih maksimal yaitu sebesar 1164,34 kg, sehingga mampu menghasilkan ikatan

yang lebih kuat dalam meningkatkan stabilitas campuran secara keseluruhan. Sedangkan gradasi tengah pada kadar aspal 4,5% sebesar 1090,95 kg yang mana menghasilkan nilai yang lebih kecil. Hal ini dapat diakibatkan oleh kadar aspal yang kurang dalam suatu campuran. Campuran dengan kandungan aspal yang kurang cenderung menunjukkan nilai stabilitas yang lebih rendah karena akan mempengaruhi daya tahan campuran terhadap perubahan suhu dan kelembaban serta mempercepat kerusakan struktural.

2. Kelelehan (*Flow*)

Flow menyatakan besarnya penurunan akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 *inch*. Gambar 5.4 berikut adalah grafik hasil perbandingan nilai *flow* pada berbagai jenis gradasi dan kadar aspal.



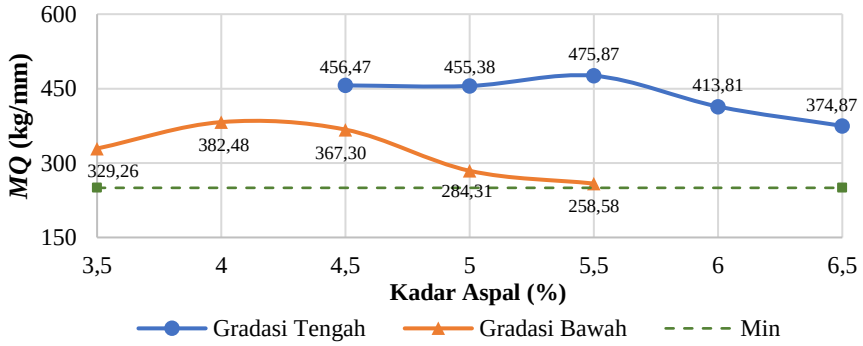
Gambar 5.4 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow* Campuran *Superpave*

Pada Gambar 5.4 di atas dapat dilihat bahwa nilai *flow* akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai *flow* pada gradasi tengah yang telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu pada rentang kadar aspal 4,5% - 6,5% dan gradasi bawah pada rentang kadar aspal 3,5% - 5,5%. Nilai *flow* yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal ini dikarenakan tebalnya lapisan aspal yang mengelilingi agregat, sehingga pergerakan di antara keduanya menjadi lebih mudah. Namun campuran dengan aspal yang berlebihan dapat menghasilkan campuran yang lebih lunak atau rentan terhadap distorsi saat dibebani. Pada saat kadar aspal yang sama, nilai *flow* gradasi tengah cenderung

memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan gradasi bawah. Hal ini berarti menandakan campuran gradasi tengah memiliki ketahan yang lebih baik terhadap deformasi dibawah beban lalu lintas.

3. *Marshall Quotient* (*MQ*)

MQ adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *MQ* menunjukkan kelenturan dari campuran. Gambar 5.5 berikut adalah grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *MQ*.

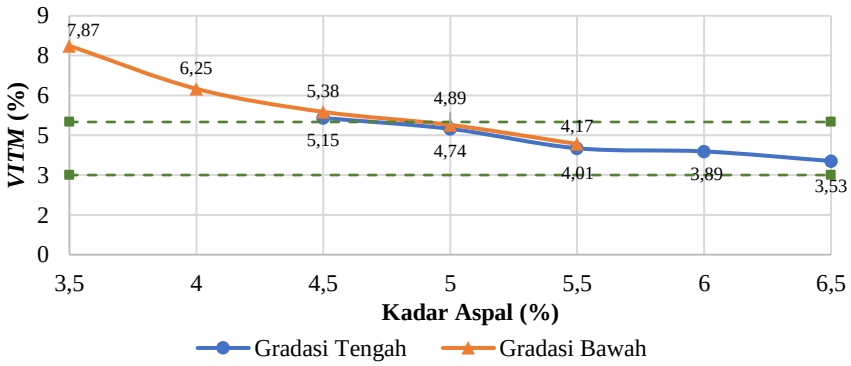


Gambar 5.5 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *MQ* Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa nilai *MQ* pada campuran gradasi tengah memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan campuran gradasi bawah. Hal ini diakibatkan oleh pengaruh dari nilai *flow* dan stabilitas yang telah didapatkan sebelumnya. Semakin tinggi nilai *MQ* maka campuran tersebut akan semakin kaku, namun sebaliknya semakin kecil nilai *MQ* maka campuran tersebut akan semakin lentur. Namun secara keseluruhan, nilai *MQ* pada kedua jenis campuran gradasi sudah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar 250 kg/mm. Nilai *MQ* pada campuran gradasi tengah terus meningkat pada saat kadar aspal 5% dan mencapai puncaknya pada saat kadar aspal 5,5%. Sedangkan nilai *MQ* pada campuran gradasi bawah terus meningkat pada saat kadar aspal 3,5% dan mencapai puncaknya pada saat kadar aspal 4%.

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

VITM merupakan persen rongga udara yang ada didalam total campuran agregat aspal. Karakteristik ketahanan campuran terhadap deformasi plastis berkaitan dengan besar kecilnya nilai *VITM*. Semakin besar nilai *VITM* akan menyebabkan campuran yang dibuat bersifat *porous*, sehingga dapat dengan mudah mengalami deformasi plastis. Sebaliknya semakin kecil nilai *VITM* akan menimbulkan ketidakstabilan dan terjadinya *flow* plastis. Grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *VITM* untuk campuran *Superpave* pada kedua jenis gradasi dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut ini.



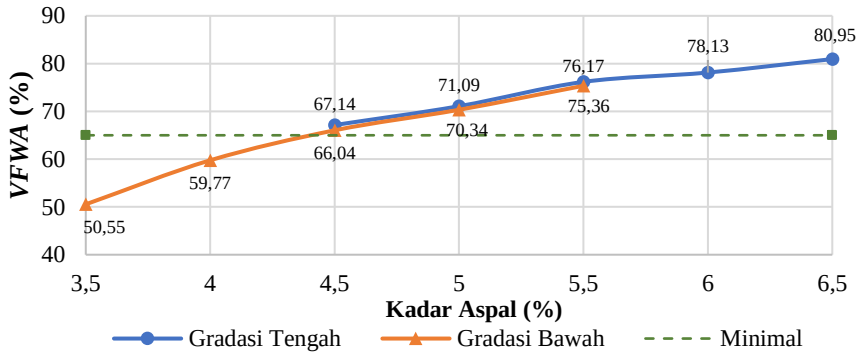
Gambar 5.6 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VITM* Campuran *Superpave*

Pada Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa nilai *VITM* mengalami tren penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Pada saat kadar aspal yang sama, nilai *VITM* gradasi tengah cenderung memiliki nilai *VITM* yang lebih rendah dibandingkan dengan gradasi bawah. Hal ini dikarenakan campuran gradasi bawah memiliki proporsi agregat kasar yang lebih banyak. Campuran dengan proporsi agregat kasar yang lebih banyak akan memiliki distribusi partikel yang lebih tidak merata, karena agregat kasar tidak bisa saling mengisi dengan rapat sehingga menyebabkan lebih banyaknya ruang kosong. Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 3% - 5% nilai *VITM* yang tidak memenuhi spesifikasi pada gradasi bawah ialah saat kadar aspal 3,5% - 4,8% dan gradasi tengah saat kadar aspal 4,5%. Hal ini disebabkan oleh campuran dengan kadar aspal yang kurang, akan mengakibatkan banyaknya rongga dalam campuran yang tidak dapat terisi

dengan baik oleh aspal. Oleh karenanya dapat membuat nilai *VITM* semakin meningkat karena rongga antar agregat tidak mampu terisi dengan baik oleh aspal.

5. *Void Filled With Asphalt* (*VFWA*)

VFWA merupakan nilai presentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal. Nilai *VFWA* berpengaruh terhadap kekedapan campuran serta sifat elastis campuran, sehingga akan mempengaruhi nilai stabilitas dan daya tahan. Nilai *VFWA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya *bleeding*, dan apabila terlalu rendah akan menyebabkan *porous*. Grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *VFWA* untuk campuran *Superpave* pada kedua jenis gradasi dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.



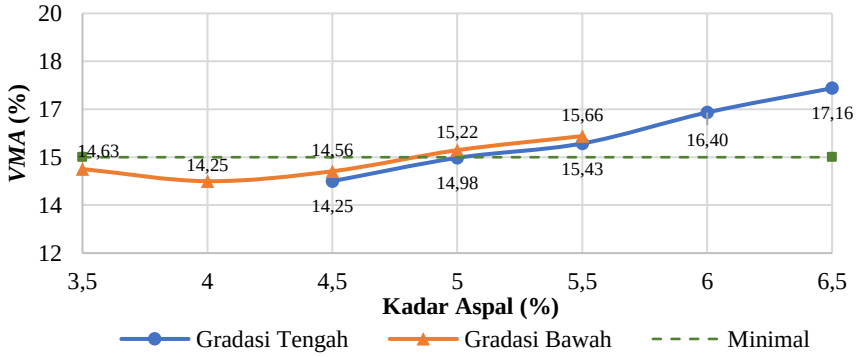
Gambar 5.7 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VFWA* Campuran *Superpave*

Pada Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Semakin tinggi kadar aspal maka akan semakin besar ruang kosong yang dapat diisi oleh aspal sehingga dapat meningkatkan nilai *VFWA*. Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 nilai *VFWA* pada gradasi tengah yang telah memenuhi syarat spesifikasi yaitu pada rentang kadar aspal 4,5% - 6,5% dan gradasi bawah pada rentang kadar aspal 4,4% - 5,5%. Namun pada saat kadar aspal 3,5% - 4,4% campuran dengan gradasi bawah belum memenuhi syarat spesifikasi. Hal ini disebabkan oleh tipisnya lapisan aspal yang berfungsi sebagai pengikat antar agregat dikarenakan jumlah aspal yang

terlalu sedikit, sehingga rongga antar agregat tidak dapat terisi dengan baik yang menyebabkan sebagian besar rongga tetap kosong.

6. *Void in Mineral Agregate* (*VMA*)

VMA merupakan persen rongga udara yang ada di antara partikel-partikel agregat di dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. *VMA* dikatakan sebagai ruang untuk menampung aspal ataupun rongga yang diperlukan dalam campuran agregat aspal. Gambar 5.8 berikut ini adalah grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *VMA*.



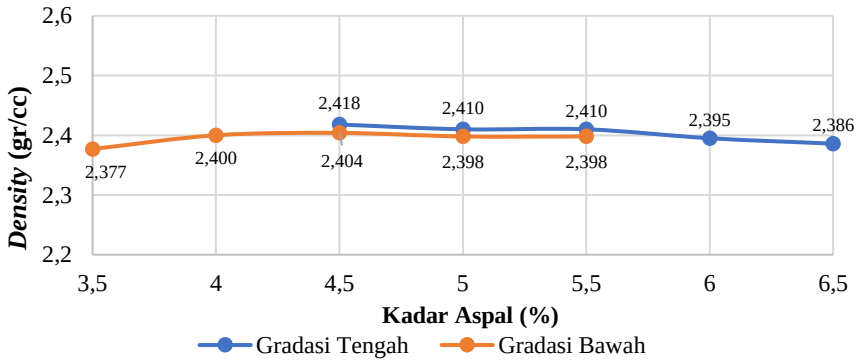
Gambar 5.8 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VMA* Campuran *Superpave*

Pada Gambar 5.8 di atas dapat dilihat bahwa nilai *VMA* akan terus meningkat dengan seiring bertambahnya kadar aspal. Hal ini dikarenakan pada saat kadar aspal dalam campuran meningkat lapisan aspal yang ada di sekitar agregat menjadi lebih tebal sehingga memungkinkan agregat bergerak lebih bebas di dalam campuran. Pada saat kadar aspal yang sama nilai *VMA* gradasi tengah memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan gradasi bawah. Hal ini dikarenakan gradasi bawah memiliki proporsi agregat yang lebih cenderung banyak kasar sehingga agregat tidak dapat saling mengunci dengan rapat. Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 nilai *VMA* yang belum memenuhi spesifikasi yaitu gradasi tengah pada rentang kadar aspal 4,5% - 5% dan gradasi bawah pada rentang kadar aspal 3,5% - 5%. Hal ini dikarenakan saat kadar aspal rendah, aspal tidak cukup untuk mengisi rongga di antara agregat. Sehingga membuat sebagian rongga tetap kosong atau

tidak dapat terisi dengan baik yang menyebabkan nilai *VMA* menjadi lebih rendah dari yang direncanakan.

7. *Density*

Nilai *density* merupakan nilai berat volume yang menunjukkan kepadatan yang ada pada campuran agregat aspal. Semakin tinggi nilai *density* pada campuran maka campuran akan lebih dapat menahan beban, dikarenakan rongga-rongga yang ada dalam campuran akan mengecil dan lebih kedap terhadap udara dan air sehingga sulit untuk teroksidasi. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *density* pada campuran *Superpave* untuk kedua jenis gradasi dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5.9 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* Campuran *Superpave*

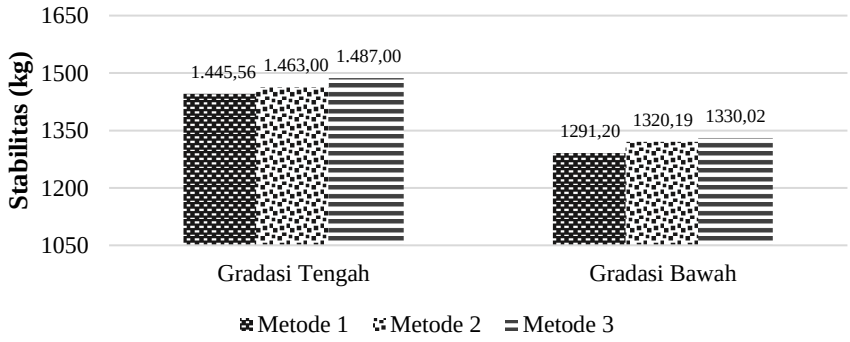
Pada Gambar 5.9 di atas dapat dilihat bahwa pada saat kadar aspal yang sama nilai *density* gradasi tengah cenderung memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi bawah. Hal ini membuktikan bahwa campuran dengan gradasi tengah memiliki campuran yang lebih padat atau lebih rapat dibandingkan dengan campuran gradasi batas bawah. Nilai *density* yang lebih besar ini menunjukkan bahwa partikel agregat yang ada dalam campuran aspal dapat saling mengunci lebih erat sehingga menghasilkan campuran yang lebih stabil dan mampu menahan beban lalu lintas yang lebih baik.

5.2.5 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Kinerja Campuran *Superpave* pada KAO berdasarkan Jenis Gradasi

Tinjauan pengaruh metode campuran serta jenis campuran gradasi *Superpave* pada gradasi tengah dan gradasi bawah adalah sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stability merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan beban lalu lintas hingga mengalami deformasi atau kelelahan plastis. Nilai *stability* akan sangat dipengaruhi oleh kadar aspal dan terus meningkat hingga mencapai batas optimum dan kemudian akan turun setelah melampaui batas optimum. Berikut Gambar 5.10 grafik pengaruh berbagai metode pencampuran dengan nilai stabilitas.



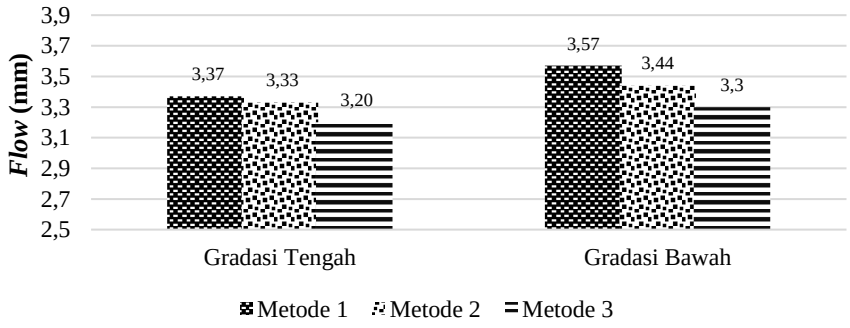
Gambar 5.10 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Berdasarkan Gambar 5.10 diatas dapat dilihat bahwa nilai *stability* pada campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki nilai *stability* yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran *Superpave* gradasi bawah. Dari hasil analisis statistik *anova* nilai *stability* terhadap kedua jenis gradasi ini tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini dikarenakan hasil nilai signifikansi *anova* yang didapatkan ialah sebesar 0,156 > 0,05 yang mana menandakan H_0 diterima. Walaupun tidak signifikan perbedaanya, gradasi tengah tetap memiliki *stability* yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi bawah. Tingginya nilai *stability* ini disebabkan oleh campuran gradasi tengah memiliki kombinasi agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang lebih merata dibandingkan dengan gradasi bawah

sehingga partikel-partikel agregat yang ada lebih dapat mengunci dengan baik dan tidak meninggalkan terlalu banyak ruang kosong. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhang dkk (2004) yang membahas penggunaan berbagai gradasi pada campuran *Superpave* juga mengatakan bahwa campuran gradasi tengah memiliki nilai stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan campuran dengan gradasi bawah. Hal ini menandakan campuran dengan gradasi tengah memang memiliki daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Pada Gambar 5.10 juga dapat dilihat berdasarkan perbandingan penggunaan metode pencampurannya, yang mana dapat dilihat bahwa campuran menggunakan metode bertahap cenderung memiliki nilai *stability* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini berarti penggunaan metode bertahap dalam pencampuran dapat meningkatkan nilai *stability* sehingga campuran memiliki kekuatan yang lebih baik dalam menahan beban lalu lintas. Hasil pengujian *stability* terbaik untuk campuran *Superpave* gradasi tengah dan gradasi bawah terdapat pada metode bertahap 3 yaitu gradasi tengah sebesar (1487 kg) dan gradasi bawah sebesar (1330,02 kg), yang mana telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu >800 kg. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kok dan Kuloglu (2011) yang membuktikan bahwa metode bertahap mampu menyebabkan sedikit pengurangan rongga udara dan rongga dalam agregat sehingga menghasilkan nilai *stability* yang lebih baik.

2. Kelelehan (*Flow*)

Flow menyatakan besarnya penurunan akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 *inch*. Gambar 5.11 berikut adalah grafik pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *flow*.



Gambar 5.11 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Flow* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

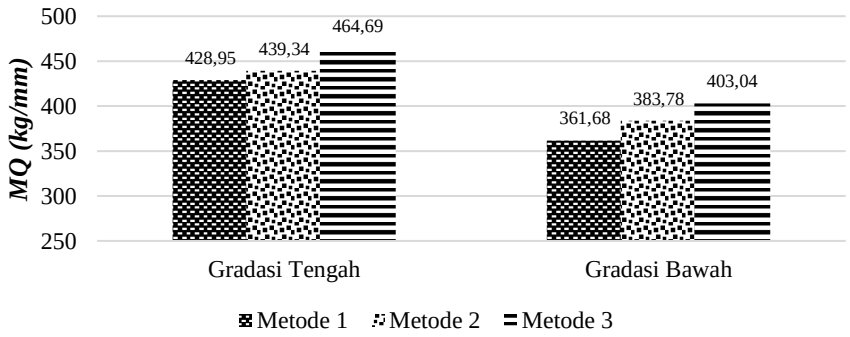
Berdasarkan Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa nilai *flow* pada campuran *Superpave* gradasi bawah memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran *Superpave* gradasi tengah. Dari hasil statistik *anova* nilai *flow* ini memiliki nilai yang tidak signifikan perbedaanya. Hal ini dikarenakan hasil nilai signifikansi *anova* yang didapatkan ialah sebesar 0,689 > 0,05 yang mana menandakan H_0 diterima. Perbedaan ini dapat dikarenakan campuran gradasi bawah memiliki proporsi campuran agregat halus lebih sedikit dan agregat kasar yang lebih banyak. Semakin banyak proporsi agregat kasar akan membentuk struktur dengan ruang antar partikel lebih besar yang memungkinkan campuran lebih mudah terdeformasi saat diberi beban. Metasari dkk (2018) juga mengatakan pada penelitiannya bahwa penggunaan campuran beton aspal yang menggunakan campuran dengan dominan agregat kasar (batas bawah) akan menghasilkan nilai *flow* yang cukup lebih besar dibandingkan gradasi tengah.

Pada Gambar 5.11 perbandingan berdasarkan penggunaan metode pencampuran juga dapat dilihat bahwa campuran yang menggunakan metode bertahap yaitu metode bertahap 2 dan bertahap 3 cenderung memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini dikarenakan campuran dengan pencampuran metode bertahap membuat daya ikat antar agregat dan aspal menjadi lebih baik sehingga mengakibatkan campuran memiliki keseimbangan antara kelenturan atau ketahanan terhadap deformasi yang lebih baik. Penelitian ini sejalan dengan hasil yang didapatkan oleh Iqbal dan Fauziah

(2023) yang juga menyatakan bahwa metode pencampuran bertahap memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional. Namun secara keseluruhan, hasil dari nilai *flow* untuk campuran *Superpave* gradasi tengah dan gradasi bawah telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 2 - 4.

3. *Marshall Quotient* (*MQ*)

MQ adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *MQ* menunjukkan kelenturan dari campuran. Gambar 5.12 berikut adalah grafik pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *MQ*.



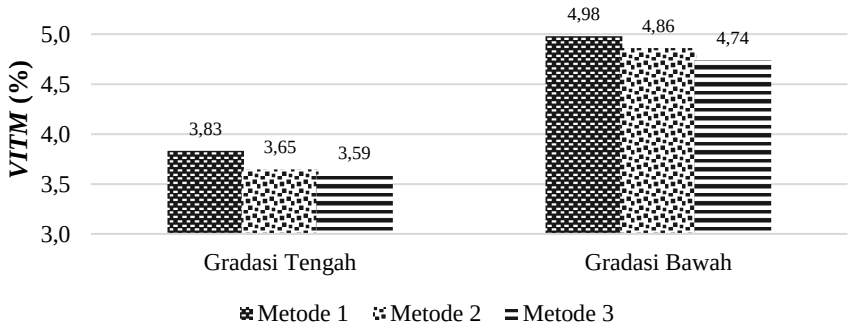
Gambar 5.12 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *MQ* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Berdasarkan Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa pada campuran *Superpave* gradasi tengah menunjukkan nilai *MQ* yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *MQ* gradasi bawah namun tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan hasil nilai signifikansi *anova* yang didapatkan ialah sebesar 0,446 > 0,05 yang mana menandakan H_0 diterima. Besarnya nilai *MQ* pada gradasi tengah ini menggambarkan bahwa kombinasi agregat yang ada pada campuran gradasi tengah mampu memberikan *interlocking* yang baik antar agregat sehingga dapat meningkatkan nilai stabilitas dan mengurangi deformasi yang ada. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi (2011) yang mengatakan bahwa nilai *MQ* pada campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan gradasi bawah. Pada Gambar 5.12 juga dapat dilihat berdasarkan penggunaan metode pencampurannya bahwa metode bertahap 2 dan bertahap 3

memiliki nilai *MQ* yang lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini dikarenakan campuran aspal yang dipadatkan dengan baik dapat memiliki lebih sedikit rongga sehingga meningkatkan stabilitas tanpa menyebabkan nilai *flow* yang meningkat secara berlebihan. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kok dan Kuloglu (2011) yang juga mengatakan bahwa pencampuran dengan metode bertahap memiliki nilai *MQ* yang lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional, yang artinya metode dengan pencampuran bertahap ini lebih dapat membuat campuran yang tahan akan beban lalu lintas yang berat sehingga tidak mudah mengalami deformasi plastis.

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

VITM merupakan persen rongga udara yang ada didalam total campuran agregat aspal. Karakteristik ketahanan campuran terhadap deformasi plastis berkaitan dengan besar kecilnya nilai *VITM*. Semakin besar nilai *VITM* akan menyebabkan campuran yang dibuat bersifat *porous*, sehingga dapat dengan mudah mengalami deformasi plastis. Sebaliknya semakin kecil nilai *VITM* akan menimbulkan ketidakstabilan dalam campuran. Grafik 5.13 berikut adalah *bar chart* pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *VITM*.



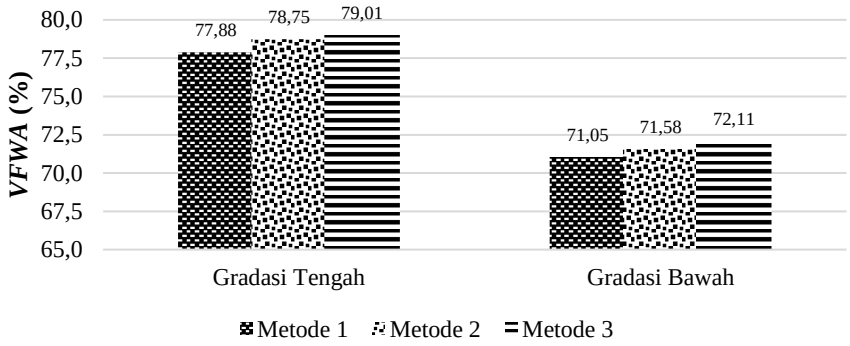
Gambar 5.13 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VITM* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Berdasarkan Gambar 5.13 dapat dilihat bahwa campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki nilai *VITM* yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai *VITM* pada campuran *Superpave* gradasi bawah. Dari hasil statistik *anova* menunjukkan bahwa

perbedaan keduanya memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini dikarenakan hasil nilai signifikansi *anova* yang didapatkan ialah sebesar 0,006 > 0,05 yang mana menandakan H_1 diterima. Signifikansi perbedaan ini dikarenakan campuran gradasi tengah memiliki lebih banyak agregat halus untuk mengisi ruang kosong yang ada dalam campuran sehingga mengakibatkan campuran menjadi lebih padat. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi (2011) yang membahas penggunaan berbagai gradasi pada campuran *Superpave*, mengatakan bahwa campuran gradasi tengah atau alt.1 pada penelitiannya memiliki nilai *VITM* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran gradasi bawah atau alt.5. Hal ini berarti campuran dengan gradasi tengah mempunyai kepadatan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Pada Gambar 5.13 juga dapat dilihat berdasarkan penggunaan metode pencampurannya bahwa variasi metode pencampuran berdampak signifikan terhadap nilai *VITM* yang didapat. Dimana pada metode bertahap 2 dan bertahap 3 campuran aspal memiliki nilai *VITM* yang lebih rendah dibandingkan dengan metode konvensional. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hesami dkk (2015) yang mengatakan bahwa metode pencampuran bertahap memiliki rongga udara yang lebih merata sepanjang campurannya dibandingkan dengan metode konvensional, sehingga campuran bertahap memiliki kepadatan yang lebih baik. Hasil *VITM* campuran *Superpave* gradasi tengah dan gradasi bawah juga sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 3% - 5%.

5. *Void Filled With Asphalt* (*VFWA*)

VFWA merupakan nilai presentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal. Nilai *VFWA* berpengaruh terhadap kekedapan campuran serta sifat elastis campuran, sehingga akan mempengaruhi nilai stabilitas dan daya tahan. Nilai *VFWA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya *bleeding*, dan apabila terlalu rendah akan menyebabkan *porous*. Grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *VFWA* untuk campuran *Superpave* pada kedua jenis gradasi dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini.



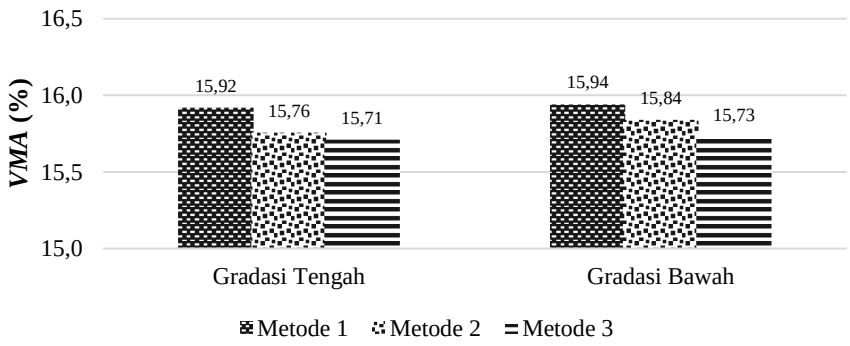
Gambar 5.14 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VFWA* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Berdasarkan Gambar 5.14 dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* pada campuran *Superpave* pada gradasi tengah memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *VFWA* yang ada pada campuran gradasi bawah. Berdasarkan analisis statistik *anova* keduanya memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini dikarenakan hasil nilai signifikansi *anova* yang didapatkan ialah sebesar 0,003 < 0,05 yang mana menandakan H_1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa gradasi tengah dengan nilai *VFWA* yang lebih tinggi memiliki rongga yang yang dapat terisi oleh aspal lebih banyak sehingga dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap keretakan atau kelelehan akibat beban lalu lintas. Hal ini dikarenakan campuran *Superpave* gradasi tengah menggunakan agregat halus yang lebih banyak. Gradasi agregat halus yang lebih banyak ini menyebabkan campuran membutuhkan lebih banyak aspal sehingga dapat meningkatkan nilai *VFWA*. Penelitian ini sejalan dengan hasil yang didapatkan oleh Al-Khateeb dkk (2017) yang mengatakan bahwa campuran dengan gradasi tengah memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan gradasi bawah. Pada Gambar 5.14 juga dapat dilihat berdasarkan metode pencampurannya bahwa metode bertahap menghasilkan nilai yang cukup signifikan lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini dikarenakan pada metode bertahap, aspal dan agregat tercampur lebih rata sehingga dapat memberikan kesempatan aspal untuk lebih banyak terserap. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hesami dkk (2015) yang mengatakan bahwa nilai

VFWA metode bertahap memiliki nilai yang cukup signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *VFWA* pada metode konvensional.

6. *Void in Mineral Agregat* (*VMA*)

VMA merupakan persen rongga udara yang ada di antara partikel-partikel agregat di dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. *VMA* dikatakan sebagai ruang untuk menampung aspal ataupun rongga yang diperlukan dalam campuran agregat aspal. Gambar 5.15 berikut ini adalah grafik pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *VMA*.



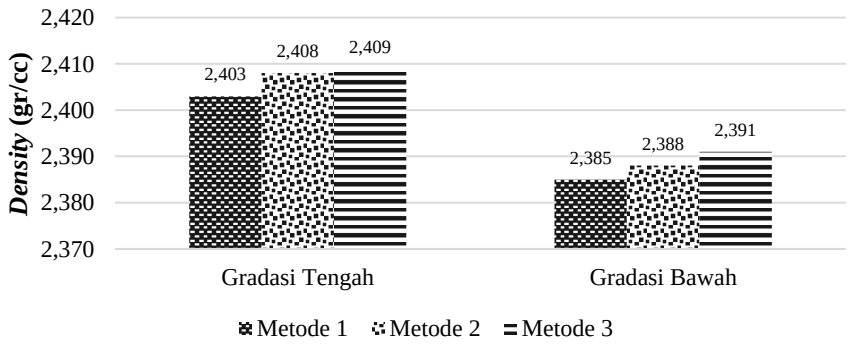
Gambar 5.15 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VMA* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Berdasarkan Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa nilai *VMA* pada campuran *Superpave* gradasi tengah menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai *VMA* gradasi bawah. Berdasarkan analisis statistik *anova* hasil pada kedua jenis gradasi menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan, dikarenakan nilai signifikansi yang didapat sebesar 0,960 > 0,005. Hal ini berarti H_0 diterima. Perbedaan ini disebabkan oleh lebih banyaknya proporsi agregat kasar yang ada pada campuran gradasi bawah. Distribusi ukuran partikel yang tidak merata ini dapat menyebabkan lebih banyak ruang kosong antar agregat sehingga meningkatkan nilai *VMA*. Zhang dkk (2004) juga telah membuktikan bahwa campuran dan jenis gradasi memiliki dampak yang lumayan besar terhadap nilai *VMA*, yaitu dengan rata-rata campuran gradasi bawah memiliki 1,5% *VMA* lebih tinggi jika dibandingkan campuran gradasi tengah. Pada Gambar 5.15 juga dapat

dilihat berdasarkan metode pencampurannya, bahwa penggunaan metode pencampuran bertahap dapat menghasilkan nilai yang lebih rendah namun tidak signifikan dibandingkan nilai *VMA* metode konvensional. Hal ini dikarenakan metode pencampuran bertahap lebih mampu membuat ikatan adhesi sehingga jarak antar butir yang ada pada campuran menjadi lebih rapat, dan memberikan kesempatan aspal untuk terserap lebih maksimal sehingga tidak adanya penumpukan aspal yang ada antar agregat. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hesami dkk (2015) yang juga menyatakan bahwa nilai *VMA* pada metode pencampuran bertahap memiliki nilai *VMA* yang lebih rendah dibandingkan dengan metode konvensional sehingga menunjukkan bahwa agregat dapat saling mengunci dengan baik.

7. Kepadatan (*Density*)

Nilai *density* merupakan nilai berat volume yang menunjukkan kepadatan yang ada pada campuran agregat aspal. Semakin tinggi nilai *density* pada campuran maka campuran akan lebih dapat menahan beban, dikarenakan rongga-rongga yang ada dalam campuran akan mengecil dan lebih kedap terhadap udara dan air sehingga sulit untuk teroksidasi. Grafik pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *density* pada campuran *Superpave* untuk kedua jenis gradasi dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut ini.



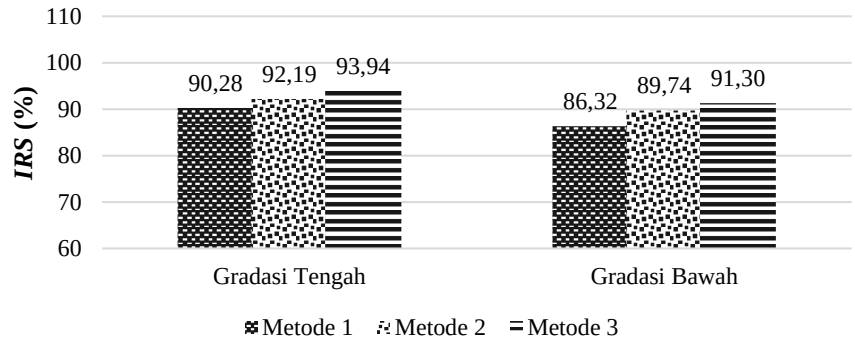
Gambar 5.16 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Density* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Berdasarkan Gambar 5.16 diatas dapat dilihat bahwa nilai *density* pada campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki nilai yang lebih tinggi dan signifikan dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Berdasarkan hasil analisis *anova* nilai signifikansi nya didapat sebesar 0,034 < 0,005, yang mana berarti H_1 diterima. Hal ini menandakan bahwa campuran *Superpave* gradasi tengah cenderung lebih stabil karena partikel agregat yang saling terkunci dengan baik. Yang mana dapat membuat campuran akan lebih tahan terhadap deformasi beban lalu lintas, sehingga dapat mengurangi resiko terjadinya *rutting*. Menurut Zumwari dan Edress (2016), tingginya nilai density juga akan menyebabkan kekedapan campuran terhadap udara dan air, sehingga akan sulit teroksidasi dan sangat tepat apabila diterapkan di daerah yang memiliki cuaca ekstrim. Hasil dari penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Al-Khateeb dkk (2017), yang mengatakan bahwa campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki kepadatan yang baik dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Pada Gambar 5.16 juga menunjukkan bahwa penggunaan metode bertahap 2 dan bertahap 3 memiliki perbedaan yang tidak signifikan namun lebih besar dibandingkan dengan nilai *density* metode konvensional. Hal ini dikarenakan kecilnya rongga-rongga antar butiran sehingga mengakibatkan nilai *density* yang meningkat. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Iqbal dan Fauziah (2023) juga menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada nilai *density* terhadap kepadatan masing-masing campuran pada setiap metode pencampuran bertahap maupun konvensional.

5.2.6 Perbandingan Nilai *IRS* Campuran *Superpave* Terhadap Berbagai Metode Pencampuran berdasarkan Jenis Gradasi

Nilai *IRS* didapatkan berdasarkan proses perendaman agar mengetahui keawetan campuran setelah mengalami proses perendaman selama 24 jam pada *waterbath* dengan suhu 60˚C terhadap perendaman selama 30 menit. Nilai *IRS* didapatkan dari hasil perbandingan nilai stabilitas rendaman 24 jam dengan rendaman 0,5 jam yang kemudian diubah kebentuk persenan, sehingga hasil perbandingkan dapat diketahui secara jelas. Berikut Gambar 5.17 adalah grafik

pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *IRS* pada campuran gradasi tengah dan gradasi bawah.

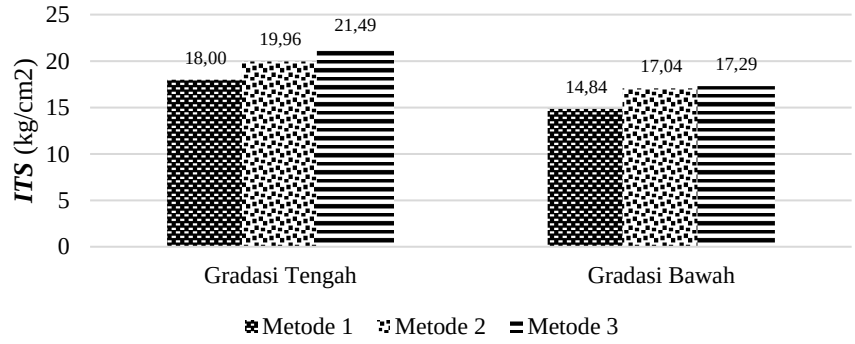


Gambar 5.17 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *IRS* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Berdasarkan Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa nilai *IRS* pada campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Dilihat dari hasil analisis statistik *anova* nilai *IRS* pada kedua gradasi menghasilkan perbedaan yang signifikan. Nilai signifikansi didapatkan 0,049 < 0,05, maka H_1diterima yang menandakan adanya perbedaan secara signifikan diantara kedua jenis gradasi. Berdasarkan metode pencampurannya nilai *IRS* pada metode bertahap juga menghasilkan nilai yang lebih besar. Signifikansi ini menunjukkan bahwa campuran *Superpave* dengan metode bertahap mampu menghasilkan daya rekat yang lebih kuat dan tidak mudah terlepas meskipun dalam kondisi basah yang berarti memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan akibat kelembaban seperti *stripping*. Nilai *IRS* terbaik pada campuran *Superpave* gradasi tengah yaitu 93,94% dan gradasi bawah 91,30%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Iqbal dan Fauziah (2023) yang menyatakan bahwa nilai *IRS* dengan metode pencampuran bertahap memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional.

5.2.7 Perbandingan Nilai *ITS* Campuran *Superpave* Terhadap Berbagai Metode Pencampuran berdasarkan Jenis Gradasi

ITS merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai gaya tarik tak langsung dari suatu campuran aspal. Nilai *ITS* biasanya digunakan untuk memperkirakan keretakan pada campuran akibat kegagalan gaya tarik, sehingga dapat mempermudah proses evaluasi potensi keretakan pada campuran aspal. Gambar 5.18 berikut ini adalah grafik pengaruh metode pencampuran terhadap nilai *ITS* pada campuran gradasi tengah dan gradasi bawah.



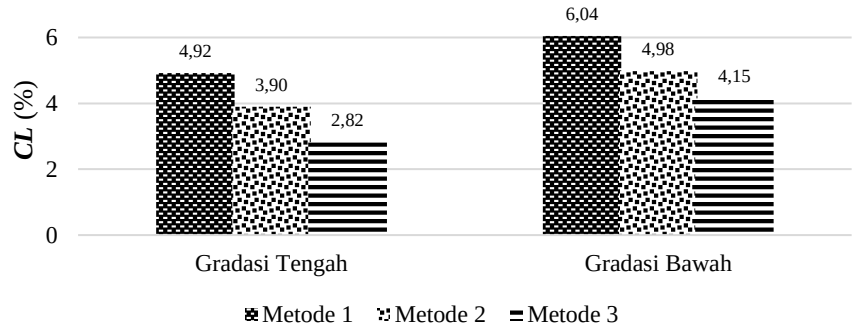
Gambar 5.18 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *ITS* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Dari Gambar 5.18 dapat dilihat bahwa nilai *ITS* pada campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *ITS* pada gradasi bawah. Berdasarkan hasil analisis statistik *anova* nilai *ITS* menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai signifikansi *anova* sebesar 0,001 pada tingkat signifikansi 0,05. Hasil signifikansi didapatkan 0,001 < 0,05 terhadap kedua jenis gradasi, maka H_1diterima yang menandakan adanya perbedaan secara signifikan terhadap kedua jenis gradasi. Hal ini dikarenakan campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki proporsi agregat yang lebih optimal sehingga campuran yang dihasilkan lebih padat dan lebih kuat dalam menahan gaya tarik tidak langsung. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi (2011) yang mengatakan bahwa campuran *Superpave* gradasi tengah memang memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dan tahan terhadap retak dan deformasi serta memiliki ketahanan struktural yang lebih tinggi. Pada Gambar 5.19 juga dapat

dilihat bahwa nilai *ITS* pada campuran bertahap signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini berarti metode pencampuran bertahap lebih mampu menahan potensi terjadinya keretakan yang diakibatkan oleh kegagalan gaya tarik. Nilai *ITS* terbaik yang didapatkan pada gradasi tengah sebesar 21,49 kg/cm2 dan gradasi bawah sebesar 17,3 kg/cm2. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yaro dkk (2021) yang juga membuktikan bahwa campuran *Superpave* dengan metode bertahap menghasilkan nilai yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional pada setiap variasi penambahan kadarnya.

5.2.8 Perbandingan Nilai *CL* Campuran *Superpave* Terhadap Berbagai Metode Pencampuran berdasarkan Jenis Gradasi

CL bertujuan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap abrasi. Pengujian *CL* dilakukan menggunakan mesin *Loss Angeles* dengan jumlah putaran sebanyak 300 kali tanpa bola baja. Gambar 5.19 berikut ini adalah grafik pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *CL* pada campuran *Superpave* gradasi tengah dan gradasi bawah.



Gambar 5.19 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *CL* pada Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dan Gradasi Bawah

Berdasarkan Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa nilai *CL* pada campuran *Superpave* gradasi tengah memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Hal ini dikarenakan campuran *Superpave* dengan gradasi tengah memiliki rongga udara pada campuran yang lebih kecil sehingga

menghasilkan campuran yang lebih padat dan lebih tahan akan terhadap kehausan dibandingkan dengan campuran gradasi bawah. Dilihat dari hasil statistik *anova* perbedaan ini memiliki nilai yang signifikan. Nilai signifikansi *anova* sebesar 0,018 pada tingkat signifikansi 0,05. Hasil signifikansi didapatkan 0,018 < 0,05 pada kedua jenis gradasi, maka H_1diterima yang menandakan adanya perbedaan secara signifikan terhadap kedua jenis gradasi. Hasil dari penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhang dkk (2004) mengatakan bahwa penggunaan campuran *Superpave* dapat menciptakan *interlocking* yang baik antar material sehingga dapat mempertahankan kondisi awalnya pada saat benturan diterima. Pada Gambar 5.19 juga dapat dilihat berdasarkan metode pencampurannya bahwa campuran dengan metode bertahap menghasilkan nilai *CL* lebih rendah dibandingkan metode konvensional. Campuran dengan metode bertahap memiliki *interlocking* yang baik antar material sehingga dapat mempertahankan kondisi awalnya pada saat benturan diterima. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yaro dkk (2023) yang juga membuktikan bahwa metode pencampuran bertahap mampu menghasilkan nilai *CL* yang lebih rendah pada setiap kadar variasi pencampurannya. Hal ini berarti metode pencampuran bertahap lebih mampu menghasilkan daya tahan dan lekat campuran yang lebih baik karena lebih tahan akan abrasi.

5.2.9 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Pengujian Karakteristik Keseluruhan Campuran

Berikut ini hasil rekapitulasi pada keseluruhan campuran *Superpave* batas tengah dan batas bawah dengan berbagai metode pencampuran dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran *Superpave* Batas Tengah dan Batas Bawah

Jenis Gradasi	Metode	Pemenuhan Spesifikasi Tiap Parameter						
		Stabilitas	*Flow*	*MQ*	*VMA*	*VFWA*	*Density*	*VITM*
Batas Tengah	1	√	√	√	√	√	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	√
	3	√	√	√	√	√	√	√
Batas Bawah	1	√	√	√	√	√	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	√
	3	√	√	√	√	√	√	√

Keterangan :

√ = Memenuhi Spesifikasi

× = Tidak Memenuhi Spesifikasi

Pada Tabel 5.14 dapat dilihat bahwa semua parameter memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dan dapat disimpulkan bahwa variasi metode pencampuran bertahap lebih efektif digunakan untuk jenis campuran *Superpave*. Pengaruh berbagai metode pencampuran dengan kinerja campuran *Superpave* pada pengujian lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5.15 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran *Superpave* Batas Tengah dan Batas Bawah

Jenis Gradasi	Metode	Pemenuhan Spesifikasi Tiap Parameter		
		ITS	*CL*	*IRS*
Batas Tengah	1	√	√	√
	2	√	√	√
	3	√	√	√
Batas Bawah	1	√	√	√
	2	√	√	√
	3	√	√	√

Keterangan :

√ = Memenuhi Spesifikasi

× = Tidak Memenuhi Spesifikasi

Pada Tabel 5.15 dapat dilihat bahwa pengaruh berbagai metode pencampuran telah memenuhi semua syarat spesifikasi. Lebih detail dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5.16 Perbandingan Kinerja Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dengan Berbagai Metode Pencampuran

No	Pengujian	Kinerja Perkerasan			Keterangan
		Metode 1	Metode 2	Metode 3	
1	*VITM*	3,83	3,65	3,59	Metode bertahap 3 memiliki nilai *VITM* lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional berarti jumlah rongga udara yang terdapat pada metode 3 lebih sedikit dibanding dengan metode 1 tetapi tidak terlalu signifikan.
2	*VFWA*	77,88	78,75	79,01	Nilai *VFWA* menunjukkan persen rongga yang terlapisi oleh aspal dimana untuk metode bertahap 3 memiliki nilai tertinggi tetapi tidak terlalu signifikan.
3	*VMA*	15,92	15,76	15,71	Nilai *VMA* menunjukkan persen rongga udara antar butir agregat setelah dipadatkan, yang mana nilai metode bertahap 3 memiliki nilai yang lebih kecil namun tidak begitu signifikan.

Lanjutan Tabel 5.16 Perbandingan Kinerja Campuran *Superpave* Gradasi Tengah dengan Berbagai Metode Pencampuran

No	Pengujian	Kinerja Perkerasan			Keterangan
		Metode 1	Metode 2	Metode 3	
4	*Flow*	3,37	3,33	3,20	Nilai *flow* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada benda uji. Nilai *flow* pada metode 3 memiliki nilai yang lebih baik.
5	Stabilitas	1445,56	1463	1487	Nilai stabilitas pada metode bertahap 3 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional, yang berarti metode bertahap lebih kuat dalam menahan beban lalu lintas.
6	*CL*	4,92	3,90	2,82	Nilai *CL* pada metode bertahap 3 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan metode konvensional. Hal ini berarti metode bertahap lebih tahan akan keausan dan memiliki daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional.
7	*IRS*	90,28	92,19	93,94	Nilai *IRS* pada metode 3 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.
8	*ITS*	18,00	19,96	21,49	Nilai *ITS* pada metode bertahap 3 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini berarti metode bertahap lebih tahan terhadap gaya tarik secara tak langsung.

Tabel 5.17 Perbandingan Kinerja Campuran *Superpave* Gradasi Bawah dengan Berbagai Metode Pencampuran

No	Pengujian	Kinerja Perkerasan			Keterangan
		Metode 1	Metode 2	Metode 3	
1	*VITM*	4,98	4,86	4,74	Metode bertahap 3 memiliki nilai *VITM* yang lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional yang berarti jumlah rongga udara yang terdapat pada metode 3 lebih sedikit dibanding dengan metode 1 tetapi tidak terlalu signifikan.
2	*VFWA*	71,05	71,58	72,11	Nilai *VFWA* menunjukkan persen rongga yang terlapisi oleh aspal dimana untuk metode bertahap 3 memiliki nilai tertinggi tetapi tidak terlalu signifikan.
3	*VMA*	15,94	15,84	15,73	Nilai *VMA* menunjukkan persen rongga udara antar butir agregat setelah dipadatkan, yang mana nilai metode bertahap 3 memiliki nilai yang lebih kecil namun tidak begitu signifikan.
4	*Flow*	3,57	3,44	3,30	Nilai *flow* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada benda uji. Nilai *flow* pada metode 3 memiliki nilai yang lebih baik.
5	Stabilitas	1291,21	1320,19	1330,02	Nilai stabilitas pada metode bertahap 3 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional, yang berarti metode bertahap lebih kuat dalam menahan beban lalu lintas.

Lanjutan Tabel 5.17 Perbandingan Kinerja Campuran *Superpave* Gradasi Bawah dengan Berbagai Metode Pencampuran

No	Pengujian	Kinerja Perkerasan			Keterangan
		Metode 1	Metode 2	Metode 3	
6	*CL*	6,04	4,98	4,15	Nilai *CL* pada metode bertahap 3 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan metode konvensional. Hal ini berarti metode bertahap lebih tahan akan keausan dan memiliki daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional.
7	*IRS*	86,32	89,74	91,30	Nilai *IRS* pada metode 3 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.
8	*ITS*	14,84	17,04	17,29	Nilai *ITS* pada metode bertahap 3 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini berarti metode bertahap lebih tahan terhadap gaya tarik secara tak langsung.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data perbandingan karakteristik campuran *Superpave* batas tengah dan batas bawah dengan pengaruh metode pencampuran dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil pengujian *Marshall Standard* menunjukkan nilai karakteristik volumentrik (*VITM, VFWA, VMA*) dipengaruhi oleh metode pencampuran sehingga mempengaruhi nilai stabilitas, *flow*, dan *MQ*. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua jenis campuran gradasi terhadap nilai stabilitas, *MQ*, *VMA* dan *flow*. Namun secara keseluruhan hasil campuran *Superpave* dengan metode pencampuran bertahap (dua tahap dan tiga tahap) menghasilkan nilai stabilitas, *flow*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, *density*, dan nilai *MQ* yang lebih baik dibandingkan metode konvensional.
2. Campuran *Superpave* dengan metode pencampuran bertahap (dua tahap dan tiga tahap) cenderung memiliki nilai *IRS* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini menandakan bahwa campuran bertahap mampu memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan akibat kelembapan atau pelapukan air sehingga menciptakan daya rekat yang lebih kuat.
3. Hasil pengujian *ITS* pada gradasi batas tengah menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan gradasi bawah. Hal ini berarti gradasi tengah dapat lebih kuat dalam menahan gaya tarik tak langsung dibandingkan campuran gradasi bawah. Pada setiap campuran gradasi metode dua tahap dan tiga tahap memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan metode konvensional.
4. Hasil campuran *Superpave* dengan metode pencampuran bertahap (dua tahap dan tiga tahap) pada gradasi tengah dan gradasi bawah cenderung memiliki nilai *CL* yang lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini menandakan campuran dengan metode bertahap (dua tahap dan tiga tahap)

terbukti memiliki kekuatan yang lebih besar untuk menahan keausan serta gesekan yang ada.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh karakteristik campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan batas bawah terhadap berbagai metode pencampuran, maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Pelaksanaan perkerasan menggunakan campuran *Superpave* gradasi batas tengah dan gradasi bawah direkomendasi menggunakan metode pencampuran bertahap 3.
2. Penggunaan gradasi campuran *Superpave* lain sebagai pembanding tambahan pada penggunaan metode pencampuran terhadap penggunaan bahan ikat Pen 60/70.
3. Penggunaan variasi bahan ikat lain sebagai pembanding tambahan pada penggunaan campuran *Superpave* dalam upaya meningkatkan nilai stabilitas.
4. Penambahan variasi *filler* dalam campuran *Superpave* sebagai bahan pembanding tambahan yang dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Khateeb, G. G., Ghuzlan, K. A., and Al-Barqawi, M. O. 2017. Effect of Superpave restricted zone on volumetric and compaction properties of asphalt mixtures. *International Journal of Pavement Research and Technology*, *10*(6), 488-496.

Al-Khateeb, G. G., Khedaywi, T. S., and Obaidat, T. I. 2010. *Volumetric Analysis-Based Comparison between Superpave and Marshall Mix Design Procedures*.

Brown, E. R., Kandhal, P. S., Roberts, F. L., Kim, Y. R., Lee, D. Y., & Kennedy, T. W. 2009. *Hot mix asphalt materials, mixture design, and construction*. NAPA research and education foundation.

Direktorat Jendral Bina Marga, 2018. Spesifikasi Umum Divisi 6. Penerbit Bina Marga. Jakarta

Djalante, S. 2011. Pengaruh Ketahanan Beton Aspal (*Ac-Bc*) Yang Menggunakan Asbuton Butir Tipe 5/20 Terhadap Air Laut Ditinjau Dari Karakteristik Mekanis Dan Durabilitasnya. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*, *1*(1), 57-68.

Fauziah, M., dan Safitri, A. D. 2016. Perbandingan Karakteristik Campuran *Superpave* Dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70 Dan *Retona Blend 55* Pada Berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Hujan. *In Prosiding Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi*.

Ghuzlan, K. A., Bara'W, A. M., and Al-Momani, A. S. 2020. *Rutting performance of asphalt mixtures with gradations designed using Bailey and conventional Superpave methods*. *Construction and building materials*, *261*, 119941.

Hadi, M. A., and Fauziah, M. 2019. Perbandingan Karakteritik Campuran *Superpave* Antara yang Menggunakan Bahan Ikat *Starbit E-55* dengan Pen 60/70 pada Variasi Durasi Rendaman Air Payau. In *Civil Engineering and Environment Symposium*.

Hadi, M.A., Subarkah and Fauziah, M., 2021, November. Comparative Study of Marshall Properties and Durability of Superpave and AC-WC Pavement by Using Starbit E-55 and Pen 60/70. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 933, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.

Hadi, M. A., dan Fauziah, M. 2022. Studi komparasi prediksi umur pelayanan antara campuran *Superpave* dan *AC-WC* menggunakan permodelan viskoelastik dan elastik. *Teknisia*, *27*(2), 71-82.

Hardiyatmo, H. C. 2019. Perancangan perkerasan jalan dan penyelidikan tanah. *Gadjah Mada University Press*.

Hesami, E., Birgisson, B., and Kringos, N. 2015. *Effect of mixing sequence on the workability and performance of asphalt mixtures*. *Road Materials and Pavement Design*, *16*(sup2), 197-213.

Hidayat, M. I. 2021. Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap terhadap Karakteristik Campuran *Stone Matrix Asphalt* dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70 dan Aspal Crumb Rubber (Skripsi).

Iqbal, I., and Fauziah, M. 2023. *Experimental study of the use of waste rubber tire additives using the sequential mixing method on the performance of Hot-Rolled Sheet-Wearing Course mixtures*. *TEKNIK*, *44*(2), 167-175.

Kandhal, P. S., and Cooley Jr, L. A. 2001. *The restricted zone in the Superpave aggregate gradation specification* (No. Project 9-14 FY'98).

Karahançer, S., Erişkin, E., Çapalı, B., Saltan, M., and Terzi, S. 2018. *Superpave volumetric mix design of hot mix asphalt*: case study of Isparta. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, *6*(1), 108-117.

Kiselev, A., Zhang, H., & Liu, Z. 2021. *The effect of two-phase mixing on the functional and mechanical properties of TPS/SBS-modified porous asphalt concrete*. *Construction and Building Materials*, *270*, 121841.

Kok, B. V., & Kuloglu, N. 2011. *Effects of two-phase mixing method on mechanical properties of hot mix asphalt*. *Road Materials and Pavement Design*, *12*(4), 721-738.

Metasari, D. Y., Hasanuddin, A., dan Koesoemawati, D. J. 2018. Perbandingan Kinerja Laston Ac-Wc Berdasarkan Spesifikasi Gradasi Agregat Yang

Diizinkan. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Ketekniksipilan dan Lingkungan. Universitas Jember. Jawa Timur

Rizal, R. S., Susilowati, A., dan Susanto, H. 2019. Kajian Penggunaan *Wetfix Be* Pada Beton Aspal Campuran Panas Bergradasi *Superpave*. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, *5*(2), 66-74.

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. Washington.

Subarkah, 2015. Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan. Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

Sukirman, S. 2003. Beton Aspal Campuran Panas, Edisi Kedua. *Yayasan Obor Indonesia. Jakarta*.

Sukirman, S. 2010. Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur (Vol. 1). *Nova*.

Tutu, K. A., Ntramah, S., and Tuffour, Y. A. 2022. *Superpave performance graded asphalt binder selection for asphalt mixture design in Ghana*. *Scientific African*, *17*, e01348.

Wahyudi, A. T. 2020. Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Karakteristik Campuran Superpave dan Aspal Porus (Skripsi).

Wahyudi, M. 2011. Studi Praktis Konsep Zona Terlarang Campuran Agregat Gradasi Menerus *Superpave*.

Yaro, N. S. A., Napiah, M. B., Sutanto, M. H., Usman, A., and Saeed, S. M. 2021. *Performance evaluation of waste palm oil fiber reinforced stone matrix asphalt mixtures using traditional and sequential mixing processes*. *Case Studies in Construction Materials*, *15*, e00783.

Zhang, J., Cooley Jr, L. A., Hurley, G., and Parker, F. 2004. *Effect of Superpave defined restricted zone on hot-mix asphalt performance*. *Transportation research record*, *1891*(1), 103-111.

Zumrawi, M. M., and Edrees, S. A. S. 2016. Comparison of Marshall and Superpave asphalt design methods for Sudan pavement mixes. *International Journal of Scientific and Technical Advancements*, *2*(1), 29-35.

LAMPIRAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

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 : 2024

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	22,1	22,7
2	Berat vicnometer + Aquadest (gr)	46,89	46,3
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	24,79	23,6
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	25,41	25,04
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	3,31	2,34
6	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	46,98	46,39
7	Berat Aquadest (6 - 4) (gr)	21,57	21,35
8	Volume Aspal (3 - 7) (gr)	3,22	2,25
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,03	1,040
10	Rata-rata BJ Aspal	1,034	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 2 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70

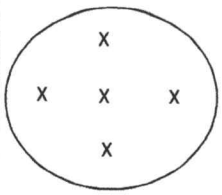
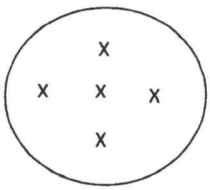
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

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

1 Sumber Material : Pertamina
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
3 Diuji Pada : 2024

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

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian		Keterangan
	I (mm)	II (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	
1	62	65			
2	62	65			
3	64	64			
4	61	62			
5	63	64			
Rata2	62,4	64			
Rata2	63,2				

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2024
Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 3 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 : 2024

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

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	320 ^{o}C	330 ^{o}C	
2	Benda uji 2			
3	Rata - rata	320 ^{o}C	330 ^{o}C	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 4 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 : 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 ^{o}C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 ^{o}C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 ^{o}C	08.35 WIB	
	Selesai	27 ^{o}C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	5 ^{o}C	13.15 WIB	
	Selesai	48 ^{o}C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (^{o}C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	I	II
1	5 ^{o}C	0 detik	0 detik		
2	10 ^{o}C	60 detik	60 detik		
3	15 ^{o}C	120 detik	120 detik		
4	20 ^{o}C	180 detik	180 detik		
5	25 ^{o}C	240 detik	240 detik		
6	30 ^{o}C	300 detik	300 detik		
7	35 ^{o}C	360 detik	360 detik		
8	40 ^{o}C	420 detik	420 detik		
9	45 ^{o}C	480 detik	480 detik		
10	50 ^{o}C	525 detik	527 detik	48^{o}C	49^{o}C
11	55 ^{o}C				
12	60 ^{o}C				

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 5 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 : 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 6 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 : 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Benda Uji				Keterangan
		1		2		
1	Berat erlen meyer kosong	56,200	gr	63,670	gr	
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	57,510	gr	64,720	gr	
3	Berat Aspal (2 - 1)	1,310	gr	1,050	gr	
4	Berat kertas saring bersih	0,550	gr	0,540	gr	
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,550	gr	0,550	gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,000	gr	0,010	gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	0,000	%	0,952	%	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	100,000	%	99,048	%	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,524			%	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

RUJUKAN : SNI 03-1969-2008

1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
2 Jenis Material : Agregat Kasar
3 Diuji Pada : 2024

No.	Keterangan	Benda uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ) gr	1588,77	1606,59	1597,68
2	Berat benda uji dalam Air (BA) gr	1001,06	1011,26	1006,16
3	Berat benda uji dkering oven (BK) gr	1575,25	1590,78	1583,02
4	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(BJ - BA}$	2,680	2,672	2,676
5	Berat jenis (SSD) = $\frac{BJ}{(BJ - BA}$	2,703	2,699	2,701
6	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,743	2,745	2,744
7	Penyerapan air = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	0,858	0,994	0,926
8	Berat Jenis Efektif = (BJ Bulk + BJ Semu)/2	2,712	2,709	2,710

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 8 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
2 Jenis Material : Agregat Kasar
3 Diuji Pada : 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

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

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh	Mengetahui	Peneliti
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil	Kalab. Jalan Raya	
Ir. Berlian Kushari, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.	Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.	Humnah Rizqi Apriliyanti
NIK : 01 511 0101	NIK : 21 511 1307	NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 9 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 : 2024

No	Jenis Gradasi Saringan		B Benda Uji (gram)		Keterangan
	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		
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	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	4230,00	
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		4230,00	3240,00	
13	KEAUSAN $100x = \frac{(A-B)}{A} \times 100\%$		15,400	23,404	
17	Rata-rata Keausan (%)		19,40		

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 10 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 : 2024

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	681,62	651,61	
3	Berat Vicnometer + Air + benda uji (BT) gr	1000,60	971,43	
4	Berat benda uji kering oven (BK)	488,88	490,78	
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,701	2,724	2,712
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,762	2,775	2,769
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,877	2,871	2,874
8	Penyerapan air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	2,275	1,879	2,077
9	Berat Jenis Efektif = (BJ Bulk + BJ Semu)/2	2,789	2,797	2,793

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 11 Pemeriksaan Sand Equivalent

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

RUJUKAN : SNI 3423-2008

1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
2 Jenis Material : Agregat Halus
3 Diuji Pada : 2024

No.	Keterangan		Benda uji 1	Benda uji 2	Rata-rata
1	Persiapan, dan perendaman benda uji dalam larutan $CaCl_2$ selama (± 10.1 menit).	Mulai	15.40	15.40	
		Selesai	15.50	15.50	
2	Waktu pengendapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x, dan di tambah larutan $CaCl_2$)	Mulai	15.55	15.55	
		Selesai	16.15	16.15	
4	Clay reading (Pembacaan Lumpur) Inchi		3,80	3,70	3,75
5	Sand reading (Pembacaan Pasir)		3,50	3,50	3,50
6	$Sand\ Eqiuvalent = \frac{Sand\ Reading}{Clay\ Reading} \times 100\ \%$		92,11	94,59	93,35
7	Kandungan Lumpur = 100 - SE		7,89	5,41	6,65

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 12 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 : 2024

No.	Keterangan	Benda uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat Vicnometer Kosong gr	12,08	11,84	
2	Berat Vicnometer + Air gr	29,25	29,22	
3	Berat Vicnometer (2-1) gr	17,17	17,38	
4	Berat Vicnometer + *Filler* gr	13,09	13,16	
5	Berat *Filler* (4-1) gr	1,010	1,320	1,17
6	Berat Vicnometer + *Filler* + Aquadest gr	29,880	30,070	29,98
7	Berat Aquadest (6-4) gr	16,790	16,910	16,85
8	Volume *Filler* (3-7) gr	0,380	0,470	0,43
9	Berat Jenis *Filler* = Berat/Vol (5/8)	2,658	2,809	2,733

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 13 Hasil Marshall Superpave Gradasi Tengah

PEMERIKSAAN SIFAT-SIFAT CAMPURAN ASPAL PANAS PADA *SUPERPAVE* GRADASI TENGAH DENGAN METODE MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)			Isi	Bj Bulk Campuran	(%)			Stabilitas		Kelelehan Plastis (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
				di Udara	dalam Air	SSD			Rongga dlm camp (VITM)	2 Agrgt (VMA)	Rongga terisi Aspal(VFWA)	di Baca	di Sesuaikan		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		% Total Campuran	100 / (100-B / Gse + B / T)	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	F - E	D / G	C - H x 100 / C	100 - (H x (100-B)) / Gsb	B x H / T (B x H / T)+I x100	Data Pembc. Prov. Ring	Nilai Stabilitas (kg)	Data Pembc. Lab	M / N
1	72,66	4,50	2,549	1.170,27	689,41	1.172,25	482,84	2,424				63,0	1.085,2	3,00	
2	73,69			1.160,78	680,63	1.162,25	481,62	2,410				64,0	1.102,4	2,17	
3	72,83			1.182,12	695,69	1.183,96	488,27	2,421				63,0	1.085,2	2,00	
	73,06			1.171,06	688,58	1.172,82		2,418	5,15	14,25	67,14	63,3	1.090,95	**2,39**	456,47
1	72,069	5,00	2,530	1.176,37	686,43	1178,9	492,47	2,389				69,0	1.195,0	2.20	
2	72,743			1.163,00	688,20	1.165,77	477,57	2,435				69,0	1.195,0	3,00	
3	73,4			1.172,61	685,84	1.173,12	487,28	2,406				67,0	1.160,4	2,20	
	72,7373	5,3		1.170,66	686,82	1.172,60		2,410	4,74	14,98	71,09	68,3	1.184,00	**2,60**	455,38
1	72,53	5,50	2,511	1.180,36	692,15	1.182,52	490,37	2,407				82,0	1.424,7	3,50	
2	72,63			1.172,85	682,19	1.173,66	491,47	2,386				81,5	1.416,0	3,00	
3	72,43			1.175,80	695,02	1.177,49	482,47	2,437				83,0	1.442,1	2,50	
	72,53			1.176,34	689,79	1.177,89		2,410	4,01	15,43	76,17	82,2	1.427,62	**3,00**	475,87
1	71,73	6,00	2,492	1.168,95	678,66	1.169,42	490,76	2,382				72,5	1.267,2	3,45	
2	72,46			1.175,99	686,84	1.177,02	490,18	2,399				72,0	1.258,4	3,00	
3	72,23			1.171,76	686,97	1.174,11	487,14	2,405				70,0	1.223,5	2,60	
	72,14			1.172,23	684,16	1.173,52		2,395	3,89	16,4	78,13	71,5	1.249,7	**3,02**	413,81
1	73,26	6,50	2,473	1.168,86	677,11	1.169,83	492,72	2,372				63,0	1.103,7	3,00	
2	71,2			1.171,95	679,75	1.172,85	493,10	2,377				68,0	1.191,3	3,50	
3	71,5			1.170,54	686,88	1.172,49	485,61	2,410				68,0	1.191,3	2,80	
	71,99			1.170,45	681,25	1.171,72		2,386	3,53	17,16	80,95	66,3	1.162,1	**3,10**	374,87
									3-5	>15	>65		min 800	2 - 4	200 - 350

Yogyakarta, November 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

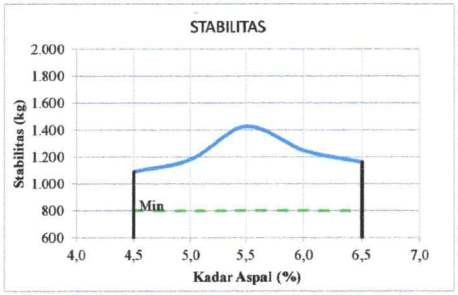
Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

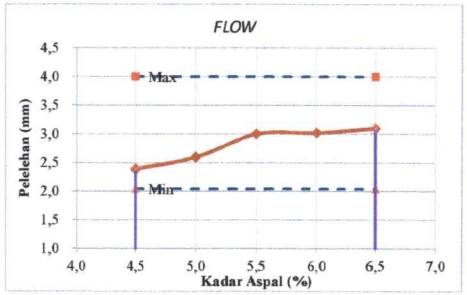
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

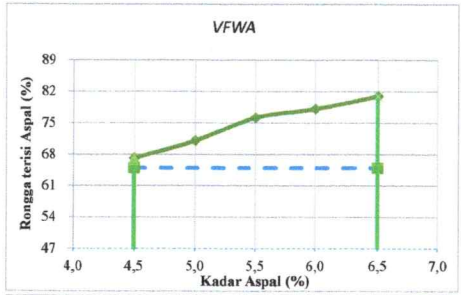
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

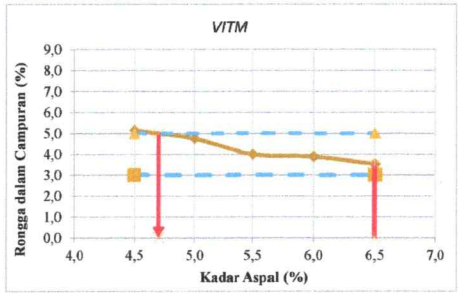
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

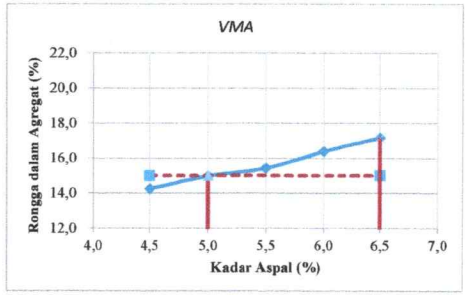
Lampiran 13 Hasil Marshall Superpave Gradasi Tengah

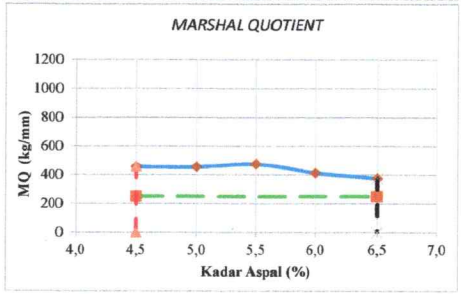


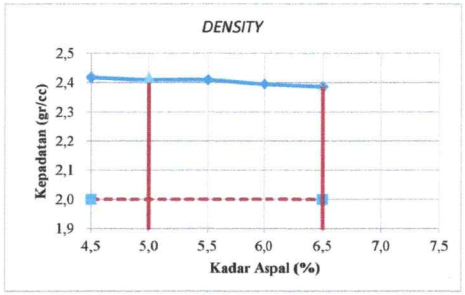


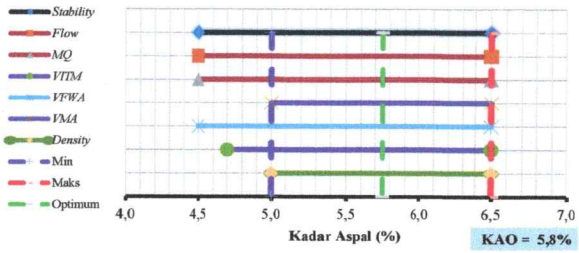












Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, November 2024
Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 14 Hasil Marshall Superpave Gradasi Bawah

PEMERIKSAAN SIFAT-SIFAT CAMPURAN ASPAL PANAS PADA *SUPERPAVE* GRADASI BAWAH DENGAN METODE MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)			Isi	Bj Bulk Campuran	(%)			Stabilitas		Kelelehan Plastis	Marshall Quotient
				di Udara	dalam Air	SSD			Rongga dlm camp (VITM)	2 Agrgt (VMA)	Rongga terisi Aspal (VFWA)	di Baca	di Sesuaikan	(Flow)	(MQ)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		% Total Campuran	100 / (100-B)/Gse + B/T	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	F - E	D / G	C - H x 100 / C	100 - (H x (100-B)) / Gsb	B x H / T / (B xH / T)+I x 100	Data Pembc. Prov. Ring	Nilai Stabilitas (kg)	Data Pembc. Lab	M / N
1	72,43	3,50	2,580	1.167,98	682,88	1.169,03	486,15	2,403				52,0	885,8	2,00	
2	74,63			1.169,90	672,52	1.170,95	498,43	2,347				51,0	868,7	2,60	
3	73,56			1.175,38	684,53	1.178,22	493,69	2,381				53,5	911,3	3,50	
	73,54			1.171,09	679,98	1.172,73		2,377	7,87	14,63	50,55	52,2	889,0	**2,70**	329,26
1	72,7	4,00	2,560	1.169,14	680,47	1.170,81	490,34	2,384				60,0	1.035,8	3,70	
2	73,5			1.166,55	679,17	1.159,19	480,02	2,430				60,0	1.035,8	2,50	
3	72,64			1.166,18	679,78	1.168,50	488,72	2,386				62,0	1.070,4	2,00	
	72,9467			1.167,29	679,81	1.166,17		2,400	6,25	14,25	59,77	60,7	1.048,0	**2,74**	382,48
1	72,20	4,50	2,541	1.160,14	689,47	1.161,67	472,20	2,457				67,0	1.158,6	3,00	
2	73,67			1.169,46	688,17	1.179,19	491,02	2,382				68,0	1.175,9	4,00	
3	72,65			1.154,87	682,78	1.169,50	486,72	2,373				67,0	1.158,6	2,50	
	72,84			1.161,49	686,81	1.170,12		2,404	5,38	14,56	66,04	67,3	1.164,3	**3,17**	367,30
1	73,8	5,00	2,521	1.160,46	684,89	1.171,26	486,37	2,386				61,0	1.037,6	2,70	
2	72,7			1.173,53	689,72	1.177,96	488,24	2,404				58,0	986,6	4,50	
3	74,30			1.165,86	685,76	1.170,35	484,59	2,406				60,0	1.020,6	3,50	
	73,60			1.166,62	686,79	1.173,19		2,398	4,89	15,22	70,34	59,7	1.015,0	**3,57**	284,31
1	73,35	5,50	2,503	1.178,46	684,89	1.180,26	495,37	2,379				53,0	903,2	4,50	
2	74,87			1.156,60	679,72	1.158,96	479,24	2,413				56,0	954,3	3,00	
3	72,34			1.169,86	685,76	1.172,35	486,59	2,404				58,0	988,4	3,50	
	73,52			1.168,31	683,46	1.170,52		2,398	4,17	15,66	75,36	55,7	949,0	**3,67**	258,58
									3-5	15	65		min 800	2 - 4	200 - 350

Yogyakarta, November 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

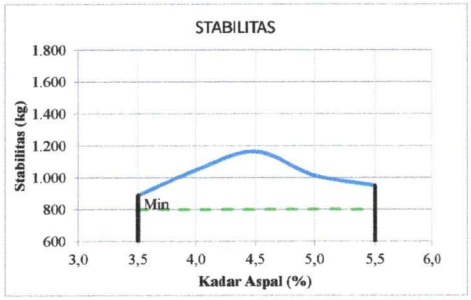
Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

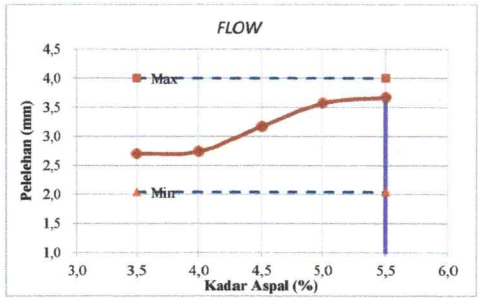
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

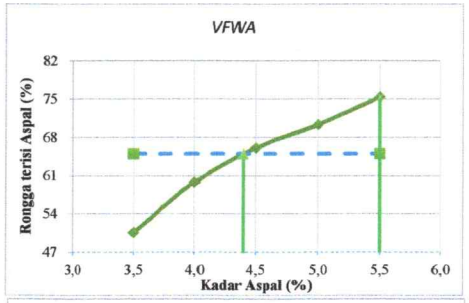
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

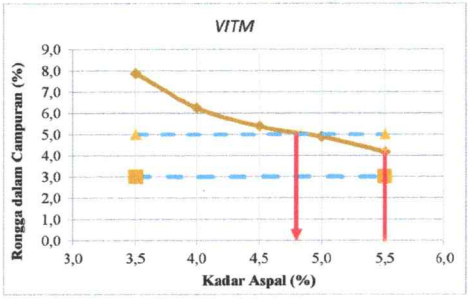
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

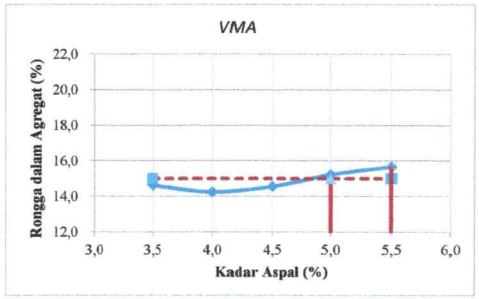
Lampiran 14 Hasil Marshall Superpave Gradasi Bawah

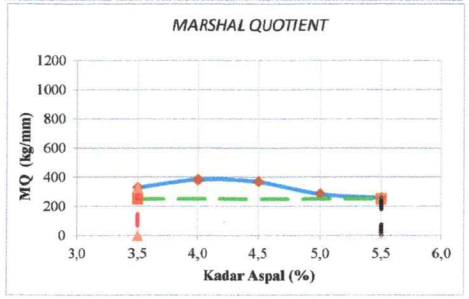


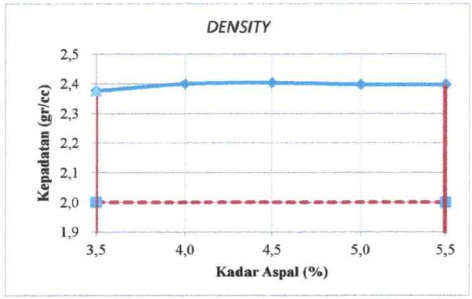


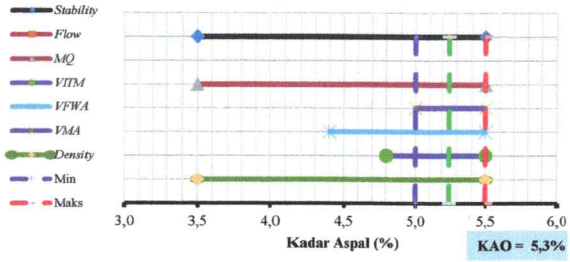












Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, November 2024
Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

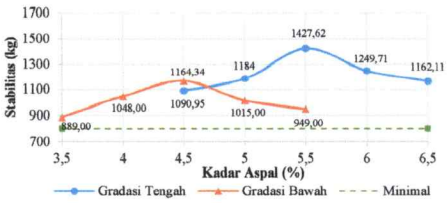
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

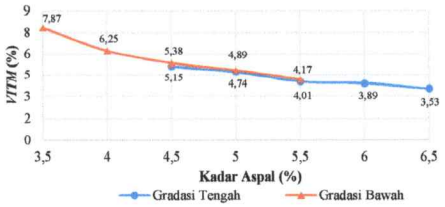
Lampiran 15 Rekapitulasi Hasil Marshall Superpave Gradasi Tengah Dan Gradasi Bawah

REKAPITULASI HASIL MARSHALL SUPERPAVE GRADASI TENGAH DAN GRADASI BAWAH

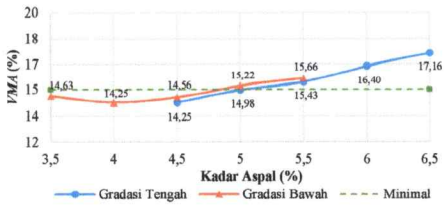
Jenis Gradasi			
Kadar Aspal	Gradasi Tengah	Kadar Aspal	Gradasi Bawah
4,5	1090,95	3,5	889,00
5	1184	4	1048,00
5,5	1427,62	4,5	1164,34
6	1249,71	5	1015,00
6,5	1162,11	5,5	949,00



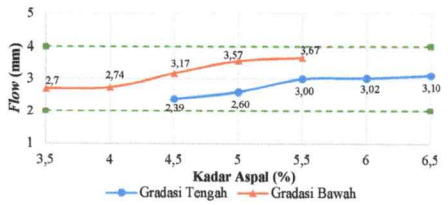
Jenis Gradasi			
Kadar Aspal	Gradasi Tengah	Kadar Aspal	Gradasi Bawah
4,5	5,15	3,5	7,87
5	4,74	4	6,25
5,5	4,01	4,5	5,38
6	3,89	5	4,89
6,5	3,53	5,5	4,17



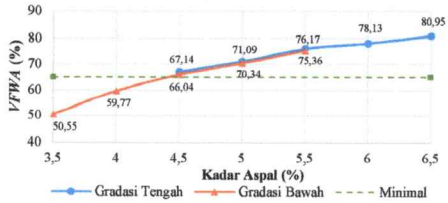
Jenis Gradasi			
Kadar Aspal	Gradasi Tengah	Kadar Aspal	Gradasi Bawah
4,5	14,25	3,5	14,63
5	14,98	4	14,25
5,5	15,43	4,5	14,56
6	16,40	5	15,22
6,5	17,16	5,5	15,66



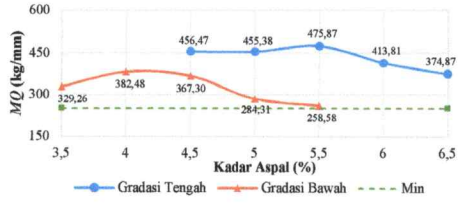
Jenis Gradasi			
Kadar Aspal	Gradasi Tengah	Kadar Aspal	Gradasi Bawah
4,5	2,39	3,5	2,7
5	2,60	4	2,74
5,5	3,00	4,5	3,17
6	3,02	5	3,57
6,5	3,10	5,5	3,67



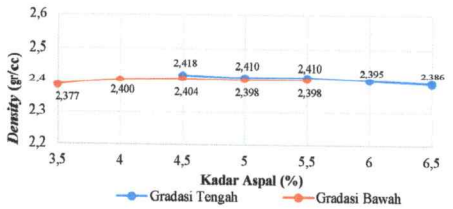
Jenis Gradasi			
Kadar Aspal	Gradasi Tengah	Kadar Aspal	Gradasi Bawah
4,5	67,14	3,5	50,55
5	71,09	4	59,77
5,5	76,17	4,5	66,04
6	78,13	5	70,34
6,5	80,95	5,5	75,36



Jenis Gradasi			
Kadar Aspal	Gradasi Tengah	Kadar Aspal	Gradasi Bawah
4,5	456,47	3,5	329,26
5	455,38	4	382,48
5,5	475,87	4,5	367,30
6	413,81	5	284,31
6,5	374,87	5,5	258,58



Jenis Gradasi			
Kadar Aspal	Gradasi Tengah	Kadar Aspal	Gradasi Bawah
4,5	2,418	3,5	2,377
5	2,410	4	2,400
5,5	2,410	4,5	2,404
6	2,395	5	2,398
6,5	2,386	5,5	2,398



Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, November 2024
Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 16 Hasil Marshall Superpave Gradasi Tengah Setelah KAO

PEMERIKSAAN SIFAT-SIFAT CAMPURAN ASPAL PANAS PADA *SUPERPAVE* GRADASI TENGAH SETELAH KAO DENGAN METODE MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)			Isi	Bj Bulk Campuran	(%)			Stabilitas		Kelelehan Plastis (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
				di Udara	dalam Air	SSD			Rongga dlm camp (VITM)	2 Agrgt (VMA)	Rongga terisi Aspal (VFWA)	di Baca	di Sesuaikan		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		% Total Campuran	$\frac{100}{\frac{100-B}{Gse}+\frac{B}{T}}$	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	F - E	D / G	$\frac{C-H\times 100}{C}$	$\frac{100-(H\times(100-B))}{Gsb}$	$\frac{B\times H/T}{(B\times H/T)+I}\times 100$	Data Pembc. Prov. Ring	Nilai Stabilitas (kg)	Data Pembc. Lab	$\frac{M}{N}$
1	69,8	5,80	2,500	1.188,09	694,76	1.189,62	494,86	2,401	3,94	16,01	77,37	79,0	1.415,7	3,70	382,62
2	69,767	m1		1.186,03	692,00	1.187,00	495,00	2,396	4,14	16,19	76,45	75,0	1.344,0	3,75	358,40
3	71,07			1.176,11	690,49	1.177,70	487,21	2,414	3,42	15,56	79,84	88,0	1.577,0	2,65	595,09
	70,2123			1.183,41	692,42	1.184,77		2,403	3,83	15,92	77,88	80,7	1.445,6	**3,37**	428,95
1	70,867	5,80	2,500	1.180,49	692,50	1183,51	491,01	2,404	3,82	15,91	77,93	88,0	1.558,1	3,24	480,88
2	71,03	m2		1.189,83	697,53	1.190,68	493,15	2,413	3,46	15,59	79,64	82,0	1.451,8	3,20	453,70
3	71,87			1.180,78	692,12	1.182,43	490,31	2,408	3,66	15,77	78,68	78,0	1.381,0	3,55	389,02
	71,2557			1.183,70	694,05	1.185,54		2,408	3,65	15,76	78,75	82,7	1.463,00	**3,33**	439,34
1	69,03	5,80	2,500	1.190,75	698,93	1.192,57	493,64	2,412	3,50	15,63	79,45	87,0	1.558,9	2,60	599,56
2	70,47	m3		1.184,31	695,10	1.185,51	490,41	2,415	3,38	15,52	80,03	82,0	1.469,3	3,00	489,76
3	71,17			1.189,24	696,35	1.191,54	495,19	2,402	3,90	15,98	77,55	80,0	1.433,4	4,00	358,36
	70,22			1.188,10	696,79	1.189,87		2,409	3,59	15,71	79,01	83,0	1.487,00	**3,20**	464,69
									3-5	>15	>65		min 800	2 - 4	200 - 350

Yogyakarta, November 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 17 Hasil Marshall Superpave Gradasi Bawah Setelah KAO

PEMERIKSAAN SIFAT-SIFAT CAMPURAN ASPAL PANAS PADA *SUPERPAVE* GRADASI BAWAH SETELAH KAO DENGAN METODE MARSHALL (AASHTO : T 245 - 78)

No. Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Jenis Maks. Campuran	Berat (Gram)			Isi	Bj Bulk Campuran	(%)			Stabilitas		Kelelehan Plastis (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
				di Udara	dalam Air	SSD			Rongga dlm camp (VITM)	2 Agrgt (VMA)	Rongga terisi Aspal (VFWA)	di Baca	di Sesuaikan		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		% Total Campuran	$\frac{100}{\frac{100-B}{Gse}+\frac{B}{T}}$	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	Data Timbangan Laborat	F - E	D / G	$\frac{C - H \times 100}{C}$	$\frac{100 - (H \times (100-B))}{Gsb}$	$\frac{B \times H / T}{(B \times H / T)+I} \times 100$	Data Pembc. Prov. Ring	Nilai Stabilitas (kg)	Data Pembc. Lab	$\frac{M}{N}$
1	72,367	5,30	2,510	1.184,22	690,00	1.186,40	496,40	2,386	4,94	15,91	71,23	68,0	1.191,9	4,00	297,97
2	70,733	m1		1.182,76	687,40	1.183,41	496,01	2,385	4,98	15,94	71,05	79,0	1.384,7	3,00	461,56
3	72,766			1.180,83	685,96	1.181,10	495,14	2,385	4,98	15,94	71,05	74,0	1.297,0	3,70	350,55
	71,9553			1.182,60	687,79	1.183,64		2,385	4,98	15,94	71,05	73,7	1.291,20	**3,57**	361,68
1	72,3	5,30	2,510	1.188,48	692,00	1.190,40	498,40	2,385	4,98	15,94	71,05	70,0	1.216,0	4,10	296,58
2	72,766	m2		1.171,79	681,52	1.172,32	490,80	2,388	4,86	15,84	71,58	76,0	1.320,2	3,20	412,56
3	72,57			1.182,46	688,90	1.183,34	494,44	2,392	4,70	15,7	72,29	82,0	1.424,4	3,00	474,80
	72,544			1.180,91	687,47	1.182,02		2,388	4,86	15,84	71,58	76,0	1.320,19	**3,44**	383,78
1	71,77	5,30	2,510	1.171,30	682,25	1.173,09	490,84	2,386	4,94	15,91	71,23	80,0	1.406,2	3,00	468,73
2	72,07	m3		1.187,33	692,29	1.189,01	496,72	2,390	4,78	15,77	71,93	72,0	1.265,6	3,40	372,23
3	71,47			1.183,37	690,66	1.184,23	493,57	2,398	4,46	15,49	73,38	75,0	1.318,3	3,50	376,66
	71,77			1.180,67	688,40	1.182,11		2,391	4,74	15,73	72,11	75,7	1.330,02	**3,30**	403,04
									3-5	15	65		min 800	2 - 4	200 - 350

Yogyakarta, November 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

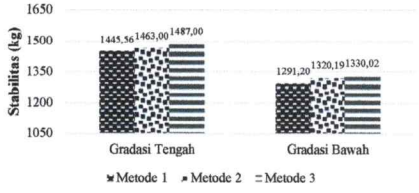
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

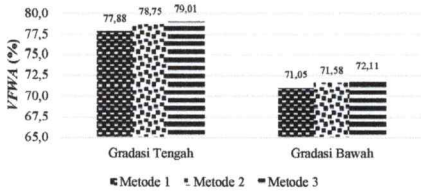
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

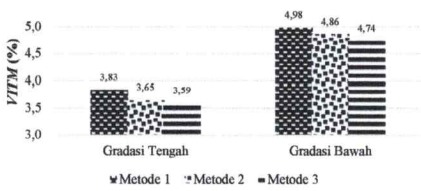
Lampiran 18 Hasil Marshall Superpave Gradasi Tengah Setelah KAO

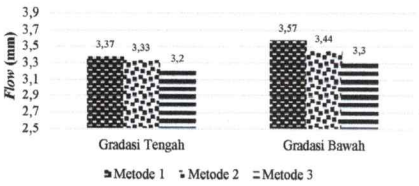
REKAPITULASI HASIL MARSHALL SUPERPAVE GRADASI TENGAH DAN GRADASI BAWAH SETELAH KAO

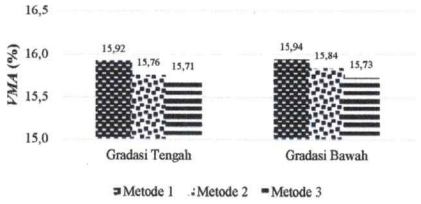
Keterangan	Sampel	Gradasi Tengah	Gradasi Bawah
Stabilitas	1	1445,56	1291,20
	2	1463,00	1320,19
	3	1487,00	1330,02
Flow	1	3,37	3,57
	2	3,33	3,44
	3	3,2	3,3
VFWA	1	77,88	71,05
	2	78,75	71,58
	3	79,01	72,11
VITM	1	3,83	4,98
	2	3,65	4,86
	3	3,59	4,74
VMA	1	15,92	15,94
	2	15,76	15,84
	3	15,71	15,73
MQ	1	428,95	361,68
	2	439,34	383,78
	3	464,69	403,04
Density	1	2,403	2,385
	2	2,408	2,388
	3	2,409	2,391

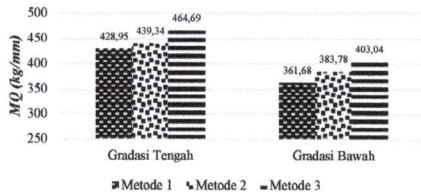


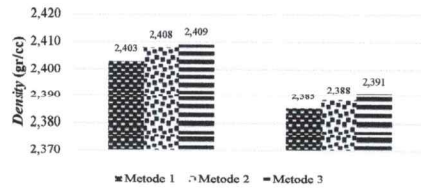












Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, November 2024
Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 19 Hasil Cantabro Loss Superpave Gradasi Tengah Setelah KAO

REKAPITULASI PENGUJIAN *CANTABRO LOSS*

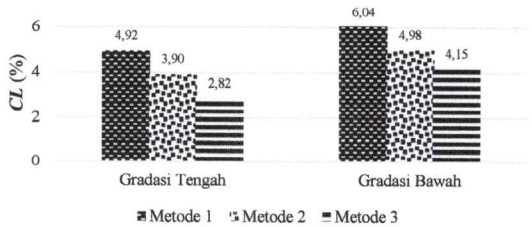
GRADASI TENGAH

Metode	No.	Keterangan	Benda Uji		
			1	2	3
1	1	Berat Sebelum Abrasi	1187,49	1189,19	1188,51
	2	Berat Sesudah Abrasi	1124,08	1130,07	1135,70
	3	Persentase Kehilangan Berat	5,34	4,97	4,44
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler	4,92		
2	1	Berat Sebelum Abrasi	1192,69	1189,51	1187,57
	2	Berat Sesudah Abrasi	1155,70	1132,28	1142,69
	3	Persentase Kehilangan Berat	3,10	4,81	3,78
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler	3,90		
3	1	Berat Sebelum Abrasi	1182,62	1184,66	1185,23
	2	Berat Sesudah Abrasi	1152,07	1143,47	1156,78
	3	Persentase Kehilangan Berat	2,58	3,48	2,40
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler	2,82		

GRADASI BAWAH

Metode	No.	Keterangan	Benda Uji		
			1	2	3
1	1	Berat Sebelum Abrasi	1187,39	1190,25	1182,54
	2	Berat Sesudah Abrasi	1112,67	1120,19	1112,21
	3	Persentase Kehilangan Berat	6,29	5,89	5,95
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler	6,04		
2	1	Berat Sebelum Abrasi	1197,40	1189,52	1195,25
	2	Berat Sesudah Abrasi	1136,96	1130,43	1136,51
	3	Persentase Kehilangan Berat	5,05	4,97	4,91
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler	4,98		
3	1	Berat Sebelum Abrasi	1187,40	1189,52	1195,25
	2	Berat Sesudah Abrasi	1134,96	1139,43	1149,51
	3	Persentase Kehilangan Berat	4,42	4,21	3,83
	4	Rata-Rata Berat Jenis Filler	4,15		

REKAP		
Jenis Gradasi	Metode	Hasil
Gradasi Tengah	1	4,92
	2	3,90
	3	2,82
Gradasi Bawah	1	6,04
	2	4,98
	3	4,15



Yogyakarta, November 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 20 Hasil Pengujian ITS Superpave Gradasi Tengah Dan Gradasi Bawah Setelah KAO

REKAPITULASI PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGHT* GRADASI TENGAH DAN GRADASI BAWAH

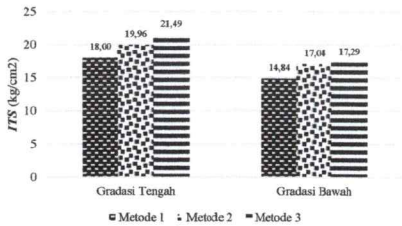
GRADASI TENGAH

Kadar Aspal	Metode		Tebal Sampel (mm)				koreksi	Diameter Sampel (Inchi)				A0	Arloji Stability			Stability (kg)			Angka Koreksi Tebal				Angka Koreksi Diameter				ITS 0 JAM Kpa		
			1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		Meas	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	MIN	Tebal Sampel MIN	Tebal Sampel MAX	Koreksi MIN	Koreksi MAX	Tebal Sampel MIN	Tebal Sampel MAX	Koreksi MIN	Koreksi MAX	awal	rata2	MIN
5,9%	1	1	71,00	69,30	68,10	69,47	0,89	3,97	3,98	3,97	3,97	0,16	43	21,31	916,54	815,72	801,66	600	68,3	69,9	0,89	0,89	4	4,1	0,156	0,152	1808,28	1764,69	600
		2	69,90	68,60	70,00	69,50	0,89	3,98	4,02	3,97	3,99	0,16	42	21,31	895,22	796,75			68,3	69,9	0,89	0,89	3,9	4	0,16	0,156	1758,24		
		3	71,90	71,60	71,60	71,70	0,83	3,95	3,95	3,85	3,92	0,16	45	21,31	959,17	792,51			71,4	73	0,83	0,81	3,9	4	0,16	0,156	1727,54		
	2	1	71,90	71,70	71,90	71,83	0,82	4,01	3,99	4,01	4,00	0,16	55	21,31	1172,32	966,67	924,72	600	71,4	73	0,83	0,81	4	4,1	0,156	0,152	2057,63	1956,67	600
		2	71,90	71,90	69,80	71,20	0,84	3,93	3,96	3,95	3,95	0,16	50	21,31	1065,74	893,09			69,9	71,4	0,89	0,83	3,9	4	0,16	0,156	1945,18		
		3	75,20	74,50	74,10	74,60	0,78	4,01	4,02	4,02	4,02	0,16	55	21,31	1172,32	914,41			73	74,6	0,81	0,78	4	4,1	0,156	0,152	1867,18		
	3	1	71,80	71,70	70,10	71,20	0,84	4,02	4,01	4,01	4,01	0,16	55	21,31	1172,32	982,40	983,45	600	69,9	71,4	0,89	0,83	4	4,1	0,156	0,152	2103,62	2107,04	600
		2	71,00	70,00	69,50	70,17	0,88	3,90	3,92	4,00	3,94	0,16	50	21,31	1065,74	937,14			69,9	71,4	0,89	0,83	3,9	4	0,16	0,156	2075,37		
		3	70,80	70,10	71,40	70,77	0,86	3,95	4,01	3,96	3,97	0,16	54	21,31	1151,00	984,49			69,9	71,4	0,89	0,83	3,9	4	0,16	0,156	2142,14		

GRADASI BAWAH

Kadar Aspal	Metode		Tebal Sampel (mm)				koreksi	Diameter Sampel (Inchi)				A0	Arloji Stability			Stability (kg)			Angka Koreksi Tebal				Angka Koreksi Diameter				ITS 0 JAM Kpa		
			1	2	3	rata2		1	2	3	rata2		Meas	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	MIN	Tebal Sampel MIN	Tebal Sampel MAX	Koreksi MIN	Koreksi MAX	Tebal Sampel MIN	Tebal Sampel MAX	Koreksi MIN	Koreksi MAX	awal	rata2	MIN
5,3%	1	1	72,90	73,30	73,50	73,23	0,80	4,00	3,98	4,01	4,00	0,16	40	21,31	852,59	679,59	704,77	600	74,6	76,2	0,78	0,76	4	4,1	0,156	0,152	1420,83	1454,79	600
		2	74,20	74,30	74,90	74,47	0,78	4,05	4,03	4,00	4,03	0,15	44	21,31	937,85	733,09			74,6	76,2	0,78	0,76	4	4,1	0,156	0,152	1495,75		
		3	74,20	74,40	74,60	74,40	0,78	4,01	3,94	4,01	3,99	0,16	42	21,31	895,22	701,63			73	74,6	0,81	0,78	3,9	4	0,16	0,156	1447,80		
	2	1	73,30	73,90	73,40	73,53	0,79	3,93	3,91	3,93	3,92	0,16	45	21,31	959,17	760,94	784,36	600	74,6	76,2	0,78	0,76	3,9	4	0,16	0,156	1614,23	1670,92	600
		2	73,20	73,70	72,90	73,27	0,81	3,98	3,90	3,95	3,94	0,16	48	21,31	1023,11	823,61			73	74,6	0,81	0,78	3,9	4	0,16	0,156	1744,37		
		3	73,10	72,60	73,00	72,90	0,80	3,90	3,90	3,90	3,90	0,16	45	21,31	959,17	768,53			74,6	76,2	0,78	0,76	3,9	4	0,16	0,156	1654,15		
	3	1	73,90	73,40	73,00	73,43	0,80	3,93	3,91	3,99	3,94	0,16	42	21,31	895,22	717,86	798,54	600	73	74,6	0,81	0,78	3,9	4	0,16	0,156	1517,68	1695,26	600
		2	72,90	72,70	73,40	73,00	0,81	4,01	3,95	3,95	3,97	0,16	48	21,31	1023,11	828,72			73	74,6	0,81	0,78	3,9	4	0,16	0,156	1749,82		
		3	73,30	72,90	73,60	73,27	0,80	3,90	3,90	3,90	3,90	0,16	50	21,31	1065,74	849,04			74,6	76,2	0,78	0,76	3,9	4	0,16	0,156	1818,29		

Metode	Gradasi Tengah	Gradasi Bawah
1	18,00	14,84
2	19,96	17,04
3	21,49	17,29



Yogyakarta, November 2024

Disetujui Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Lampiran 21 Hasil Pengujian IRS Superpave Gradasi Tengah Dan Gradasi Bawah Setelah KAO

HASIL PENGUJIAN *IRS* GRADASI TENGAH DAN GRADASI BAWAH

GRADASI TENGAH

Metode		Tebal Sampel (mm)				koreksi	Arloji Stability			Flow (mm)		Stability (kg)			Angka Koreksi			
															Tebal Sampel		Koreksi	
		1	2	3	rata2		awal	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX
1	1	71,00	70,60	72,00	**71,20**	0,84	78	19,89	1551,05	270	2,80	1299,78	1304,87	600	69,9	71,4	0,89	0,83
	2	70,40	71,00	70,20	**70,53**	0,86	70	19,89	1391,96	185		1203,58			69,9	71,4	0,89	0,83
	3	69,90	69,20	69,60	**69,57**	0,87	82	19,89	1630,59	385		1411,25			68,3	71,4	0,89	0,83
2	1	73,50	69,90	72,10	**71,83**	0,83	87	19,89	1730,01	365	3,48	1439,15	1349,29	600	73	74,6	0,81	0,78
	2	71,10	71,00	70,80	**70,97**	0,85	79	19,89	1570,93	390		1331,10			69,9	71,4	0,89	0,83
	3	70,80	71,30	70,10	**70,733**	0,86	75	19,89	1491,39	290		1277,62			69,9	71,4	0,89	0,83
3	1	69,60	70,00	70,30	**69,97**	0,89	84	19,89	1670,36	295	2,85	1482,16	1397,45	600	69,9	71,4	0,89	0,83
	2	70,20	71,60	70,30	**70,70**	0,86	80	19,89	1590,82	290		1364,92			69,9	71,4	0,89	0,83
	3	69,80	70,00	71,60	**70,47**	0,87	78	19,89	1551,05	270		1345,27			69,9	71,4	0,89	0,83

GRADASI BAWAH

Metode		Tebal Sampel (mm)				koreksi	Arloji Stability			Flow (mm)		Stability (kg)			Angka Koreksi			
															Tebal Sampel		Koreksi	
		1	2	3	rata2		awal	Kalibrasi	Adjust	awal	rata2	awal	rata2	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX
1	1	75,50	74,60	75,00	75,03	0,77	65	19,89	1292,54	350	3,50	1001,18	1115,66	600	74,6	76,2	0,78	0,76
	2	74,70	74,80	74,70	74,73	0,78	78	19,89	1551,05	350		1207,23			74,6	76,2	0,78	0,76
	3	74,90	75,80	74,60	75,10	0,77	74	19,89	1471,50	350		1138,58			74,6	76,2	0,78	0,76
2	1	74,30	73,70	74,90	74,30	0,79	70	19,89	1391,96	210	2,90	1093,56	1183,97	600	73	74,6	0,81	0,78
	2	74,40	74,40	75,50	74,77	0,78	78	19,89	1551,05	360		1206,58			74,6	76,2	0,78	0,76
	3	74,20	74,10	74,40	74,23	0,79	80	19,89	1590,82	300		1251,77			73	74,6	0,81	0,78
3	1	75,40	74,80	77,10	75,77	0,77	83	19,89	1650,47	240	2,93	1263,30	1213,83	600	74,6	76,2	0,78	0,76
	2	74,50	75,20	75,50	75,07	0,77	75	19,89	1491,39	380		1154,58			74,6	76,2	0,78	0,76
	3	75,20	75,30	75,90	75,47	0,77	80	19,89	1590,82	260		1223,60			74,6	76,2	0,78	0,76

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, November 2024
Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

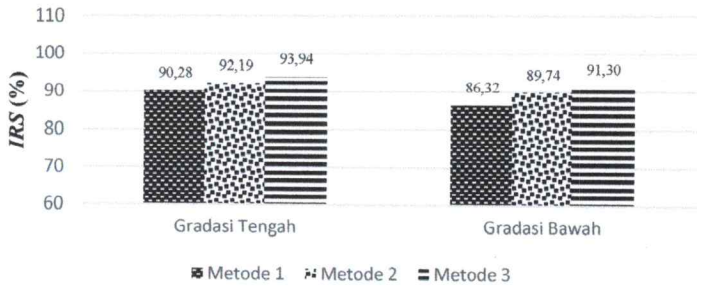
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 22 Hasil Pengujian IRS Superpave Gradasi Tengah Dan Gradasi Bawah Setelah KAO

REKAPITULASI IRS

Gradasi Tengah				
Metode	stabilitas 0.5 jam (kg)	stabilitas 24 jam (kg)	IRS %	Rata2 %
1	1415,70	1299,78	91,81	
2	1344,02	1203,58	89,55	
3	1576,98	1411,25	89,49	90,28
1	1558,06	1439,15	92,37	
2	1451,83	1331,10	91,68	
3	1381,00	1277,62	92,51	92,19
1	1558,86	1482,16	95,08	
2	1469,27	1364,92	92,90	
3	1433,43	1345,27	93,85	93,94

Gradasi Bawah				
Metode	stabilitas 0.5 jam (kg)	stabilitas 24 jam (kg)	IRS %	Rata2 %
1	1191,88	1001,18	84,00	
2	1384,68	1207,23	87,18	
3	1297,04	1138,58	87,78	86,32
1	1215,96	1093,56	89,93	
2	1320,19	1206,58	91,39	
3	1424,41	1251,77	87,88	89,74
1	1406,18	1263,30	89,84	
2	1265,57	1154,58	91,23	
3	1318,30	1223,60	92,82	91,30



Yogyakarta, November 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Humnah Rizqi Apriliyanti
NIM : 20 511 129

Lampiran 23 Hasil Uji *Anova* Terhadap Karakteristik *Marshall*

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	parameter	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Stabilitas	Gradasi Tengah	.265	3	.	.953	3	.583
	Gradasi Bawah	.191	3	.	.997	3	.901
Flow	Gradasi Tengah	.371	3	.	.784	3	.077
	Gradasi Bawah	.269	3	.	.949	3	.567
MQ	Gradasi Tengah	.352	3	.	.826	3	.178
	Gradasi Bawah	.259	3	.	.959	3	.612
VITM	Gradasi Tengah	.280	3	.	.938	3	.520
	Gradasi Bawah	.253	3	.	.964	3	.637
VFWA	Gradasi Tengah	.283	3	.	.935	3	.507
	Gradasi Bawah	.225	3	.	.984	3	.756
VMA	Gradasi Tengah	.276	3	.	.942	3	.537
	Gradasi Bawah	.219	3	.	.987	3	.780
Density	Gradasi Tengah	.280	3	.	.938	3	.520
	Gradasi Bawah	.292	3	.	.923	3	.463

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Stabilitas	Based on Mean	.664	2	6	.549
	Based on Median	.252	2	6	.785
	Based on Median and with adjusted df	.252	2	4.772	.787
	Based on trimmed mean	.628	2	6	.565
Flow	Based on Mean	2.786	2	6	.139
	Based on Median	.462	2	6	.650
	Based on Median and with adjusted df	.462	2	4.256	.658
	Based on trimmed mean	2.459	2	6	.166
MQ	Based on Mean	1.522	2	6	.292
	Based on Median	.369	2	6	.706
	Based on Median and with adjusted df	.369	2	3.661	.714
	Based on trimmed mean	1.401	2	6	.317
VITM	Based on Mean	1.144	2	6	.380
	Based on Median	.266	2	6	.775
	Based on Median and with adjusted df	.266	2	4.497	.777
	Based on trimmed mean	1.050	2	6	.406
VFWA	Based on Mean	1.135	2	6	.382
	Based on Median	.256	2	6	.782
	Based on Median and with adjusted df	.256	2	4.495	.785
	Based on trimmed mean	1.040	2	6	.409
VMA	Based on Mean	1.063	2	6	.403
	Based on Median	.261	2	6	.778
	Based on Median and with adjusted df	.261	2	4.555	.781
	Based on trimmed mean	.980	2	6	.428
Density	Based on Mean	1.144	2	6	.380
	Based on Median	.266	2	6	.775
	Based on Median and with adjusted df	.266	2	4.497	.777
	Based on trimmed mean	1.050	2	6	.406

Lanjutan Lampiran 23 Hasil Uji *Anova* Terhadap Karakteristik *Marshall*

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Stabilitas	Between Groups	35743.602	1	35743.602	3.034	.156
	Within Groups	47118.907	4	11779.727		
	Total	82862.508	5			
Flow	Between Groups	.060	1	.060	.185	.689
	Within Groups	1.298	4	.325		
	Total	1.358	5			
MQ	Between Groups	8514.927	1	8514.927	.712	.446
	Within Groups	47867.277	4	11966.819		
	Total	56382.203	5			
VITM	Between Groups	1.927	1	1.927	27.788	.006
	Within Groups	.277	4	.069		
	Total	2.204	5			
VFWA	Between Groups	68.885	1	68.885	44.672	.003
	Within Groups	6.168	4	1.542		
	Total	75.053	5			
VMA	Between Groups	.000	1	.000	.003	.960
	Within Groups	.211	4	.053		
	Total	.211	5			
Density	Between Groups	.003	1	.003	10.048	.034
	Within Groups	.001	4	.000		
	Total	.004	5			

Lampiran 24 Hasil Uji *Anova* Terhadap Analisis *ITS*, *IRS* dan *CL* pada Kedua Jenis Gradasi

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	parameter	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
IRS	Gradasi Tengah	.364	3	.	.799	3	.113
	Gradasi Bawah	.331	3	.	.866	3	.283
ITS	Gradasi Tengah	.231	3	.	.981	3	.733
	Gradasi Bawah	.238	3	.	.976	3	.702
CL	Gradasi Tengah	.214	3	.	.990	3	.805
	Gradasi Bawah	.334	3	.	.860	3	.266

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
IRS	Based on Mean	1.030	1	4	.368
	Based on Median	.139	1	4	.728
	Based on Median and with adjusted df	.139	1	3.701	.730
	Based on trimmed mean	.878	1	4	.402
ITS	Based on Mean	.010	1	4	.926
	Based on Median	.007	1	4	.939
	Based on Median and with adjusted df	.007	1	3.992	.939
	Based on trimmed mean	.010	1	4	.927
CL	Based on Mean	1.193	1	4	.336
	Based on Median	.780	1	4	.427
	Based on Median and with adjusted df	.780	1	3.487	.434
	Based on trimmed mean	1.168	1	4	.341

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
IRS	Between Groups	23.167	1	23.167	7.776	.049
	Within Groups	11.917	4	2.979		
	Total	35.084	5			
ITS	Between Groups	14.947	1	14.947	92.455	<,001
	Within Groups	.647	4	.162		
	Total	15.593	5			
CL	Between Groups	1.904	1	1.904	15.162	.018
	Within Groups	.502	4	.126		
	Total	2.406	5			