

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KINERJA CAMPURAN AC – BC DENGAN METODE PENCAMPURAN KONVENSIONAL DAN METODE PENCAMPURAN DUA TAHAP (*COMPARISON OF AC - BC MIXTURE PERFORMANCE USING CONVENTIONAL MIXING METHOD AND TWO-STAGE MIXING METHODS*)

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



**Muhammad Ichwan
17511041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KINERJA CAMPURAN AC – BC DENGAN METODE PENCAMPURAN KONVENSIONAL DAN METODE PENCAMPURAN DUA TAHAP (COMPARISON OF AC - BC MIXTURE PERFORMANCE USING CONVENTIONAL MIXING METHOD AND TWO-STAGE MIXING METHODS)

Disusun Oleh

Muhammad Ichwan
17511041

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

Diuji pada tanggal 15 Desember 2023

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

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

Penguji I

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

Penguji II

Subarkah, Ir., M.T.
NIK : 865110101

Mengesahkan,



Dr. Sunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D(Eng), IPM.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Proposal Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Proposal 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 Proposal 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, 21 Desember 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Ichwan

(17511041)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul Perbandingan Pengaruh Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap pada Perkerasan Lentur *AC – BC (Asphalt Concrete – Binder Course)*. Proposal Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.


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

1. Ibu Miftahul Fauziah ST., MT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang memberikan arahan dan bimbingan hingga Proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Subarkah, Ir., M.T. dan Bapak Muhamad Abdul Hadi S.T., M.T selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, saran, dan nasihat untuk tetap semangat dalam menuntut ilmu,
3. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Muhamad Abdul Hadi S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
5. Staff Laboratorium Jalan Raya UII, yang telah membantu dalam proses penelitian hingga Proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

6. Bapak Irzami dan Ibu Sarmina, orang tua yang tiada henti memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan pengorbanan hingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Keluarga yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terimakasih sudah memberikan doa dan dukungan hingga saya menyelesaikan Tugas Akhir.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan pada masa yang akan datang.

Yogyakarta, 21 Desember 2023
Penulis,


Muhammad Ichwan
(17511041)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
Abstrak	xix
<i>Abstract</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kinerja Campuran Aspal dengan Campuran $AC - BC$	5
2.2 Kinerja Campuran Aspal dengan Metode Pencampuran	6

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Dilakukan	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Campuran <i>Asphalt Concrete - Binder Course (AC – BC)</i>	10
3.2 Material Penyusun Perkerasan Lentur <i>AC – BC</i>	10
3.2.1 Agregat	10
3.2.2 Gradasi Agregat LASTON (<i>AC – BC</i>)	13
3.2.3 Aspal	13
3.3 Metode Pencampuran Dua Tahap	14
3.4 Lapis Aspal Beton (LASTON)	15
3.5 Pengujian <i>Marshall</i>	16
3.6 Pengujian Perendaman (<i>Immersion Test</i>)	17
3.7 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	20
3.8 Pengujian <i>Cantabro Loss</i>	20
3.9 Pengujian <i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i>	21
3.10 Pengujian <i>Asphalt Flow Down (AFD)</i>	21
BAB IV METODE PENELITIAN	23
4.1 Metode Penelitian	23
4.2 Metode Pengumpulan Data	23
4.3 Tahapan Penelitian	24
4.3.1 Persiapan Alat	24
4.4 Langkah – Langkah Penelitian	25
4.4.1 Pengujian Agregat	25
4.4.2 Pengujian Aspal	26
4.4.3 Perencanaan Campuran	27
4.4.4 Pembuatan Benda Uji	32

4.4.5	Pengujian <i>Marshall Test</i>	34
4.4.6	Pengujian <i>Immersion Test</i>	35
4.4.7	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	36
4.4.8	Pengujian <i>Indirect Retained Strength</i>	36
4.4.9	Pengujian <i>Tensile Strength Ratio</i>	36
4.4.10	Pengujian <i>Cantabro Loss</i>	37
4.4.11	Pengujian <i>Asphalt Flow Down (AFD)</i>	37
4.5	Analisis Data	38
4.6	Bagan Alir Penelitian	40
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		43
5.1	Hasil Penelitian	43
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat dan <i>Filler</i>	43
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	44
5.1.3	Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Pencampuran <i>AC – BC</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)	44
5.1.4	Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal Optimum (KAO)	46
5.1.5	Hasil Pengujian Campuran <i>AC – BC</i> pada Kadar Aspal Optimum (KAO)	47
5.1.6	Hasil Analisis Statistik <i>T-Test</i>	49
5.2	Pembahasan	50
5.2.1	Karakteristik Agregat Kasar	50
5.2.2	Karakteristik Agregat Halus	51
5.2.3	Karakteristik Aspal	52
5.2.4	Tinjauan Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran <i>AC - BC</i> untuk Mendapatkan Kadar Aspal Optimum	54
5.2.5	Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> pada Campuran Kadar Aspal Optimum (KAO)	60

5.2.6	Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap terhadap Karakteristik <i>Immersion Test</i> pada campuran AC – BC	68
5.2.7	Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua tahap terhadap Nilai <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> pada Campuran AC – BC	74
5.2.8	Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua tahap terhadap Nilai <i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i> pada Campuran AC – BC	76
5.2.9	Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua tahap terhadap Nilai <i>Cantabro Loss</i> pada Campuran AC - BC	77
5.2.10	Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua tahap terhadap Nilai <i>Asphalt Flow Down</i> pada Campuran <i>Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)</i>	78
5.3	Rekapitulasi Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Karakteristik Campuran <i>Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)</i>	80
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		82
6.1	Kesimpulan	82
6.2	Saran	83
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN		88

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 `Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi Metode Pengujian Agregat Kasar	11
Tabel 3. 2 Spesifikasi Metode Pengujian Agregat Halus	12
Tabel 3. 3 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran LASTON (AC)	16
Tabel 4. 1 Spesifikasi Gradasi Agregat <i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>	28
Tabel 4. 2 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%	29
Tabel 4. 3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%	29
Tabel 4. 4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%	30
Tabel 4. 5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%	30
Tabel 4. 6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%	31
Tabel 4. 7 Kebutuhan Benda Uji Tiap Kadar Aspal	31
Tabel 4. 8 Kebutuhan Benda Uji Tiap Pengujian pada KAO	32
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar	43
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Agregat Halus	44
Tabel 5. 3 Hasil Pengujian <i>Filler</i>	44
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Aspal	44
Tabel 5. 5 Kadar Aspal Optimum untuk Bahan Ikat Aspal Pen 60/70 dari hasil Pengujian <i>Marshall</i>	45
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum	46
Tabel 5. 7 Kebutuhan Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal Optimum	47
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Test Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	47
Tabel 5. 9 Hasil Pengujian <i>Index of Retained Strength (IRS)</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran	47
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Indeks Durabilitas dengan Dua Metode Pencampuran	48

Tabel 5.11 Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran	48
Tabel 5.12 Hasil Pengujian <i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran	48
Tabel 5.13 Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran	48
Tabel 5.14 Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down (AFD)</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran	49
Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik <i>T-Test</i> Untuk Pengaruh Metode Dua dan Metode Konvensional Tahap Terhadap Karakteristik <i>Marshall Test</i>	49
Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik <i>T-Test</i> Untuk Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> , <i>Index of Retained Strength (IRS)</i> , <i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i> , <i>Cantabro Loss</i> , dan <i>Asphalt Flow Down (AFD)</i>	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Proses Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Dua	14
Gambar 4.1	Grafik Gradasi $AC - BC$	27
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian	
Gambar 5.1	Kadar Aspal Optimum Aspal Pen 60/70	45
Gambar 5.2	Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas	54
Gambar 5.3	Nilai Kelelehan Guna mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)	55
Gambar 5.4	Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Density</i>	56
Gambar 5.5	Hubungan antara Nilai <i>VFWA</i> Campuran dengan Kadar Aspal	57
Gambar 5.6	Hubungan antara Nilai <i>VMA</i> Campuran dengan Kadar Aspal	58
Gambar 5.7	Hubungan antara Nilai <i>VITM</i> dengan Kadar Aspal	59
Gambar 5.8	Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>MQ</i>	60
Gambar 5.9	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap Stabilitas	61
Gambar 5.10	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap <i>Flow</i>	62
Gambar 5.11	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap <i>Density</i>	63
Gambar 5.12	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap <i>VMA</i>	64
Gambar 5.13	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap <i>VITM</i>	65
Gambar 5.14	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap <i>VFWA</i>	66
Gambar 5.15	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap <i>MQ</i>	67

Gambar 5.16	Grafik Perbandingan antara Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai Stabilitas <i>Marshall</i> 0,5 jam dan 24 jam	68
Gambar 5.17	Grafik Perbandingan antara Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai <i>Index of Retained Strength</i>	70
Gambar 5.18	Grafik Perbandingan Dua Metode Pencampuran terhadap Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP)	71
Gambar 5.19	Grafik Perbandingan Dua Metode Pencampuran terhadap Nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK)	73
Gambar 5.20	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai <i>ITS Uncondition</i>	74
Gambar 5.21	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai <i>ITS Condition</i>	75
Gambar 5.22	Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai <i>TSR</i>	76
Gambar 5.23	Grafik Perbandingan Nilai <i>Cantabro Loss</i> Antara Dua Metode pencampuran	77
Gambar 5.24	Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap <i>Asphalt Flow Down</i>	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70	89
Lampiran 2 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70	90
Lampiran 3 Pemeriksaan Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Pen 60/70	91
Lampiran 4 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70	92
Lampiran 5 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam <i>TCE</i>	93
Lampiran 6 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70	94
Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	95
Lampiran 8 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	96
Lampiran 9 Pemeriksaan Keausan Agregat dengan <i>Mesin Los Angeles</i>	97
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	98
Lampiran 11 Pemeriksaan Sand Equivalent	99
Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Jenis Filler	100
Lampiran 13 Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Untuk Mencari KAO	101
Lampiran 14 Grafik Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Untuk Mencari KAO	102
Lampiran 15 Grafik Hasil Kadar Aspal	103
Lampiran 16 Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> dengan Dua Metode Pencampuran	104
Lampiran 17 Hasil Pengujian <i>Immersion Test</i> dengan Dua Metode Pencampuran	105
Lampiran 18 Hasil Pengujian Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK) Dengan Dua Metode Pencampuran	106
Lampiran 19 Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> dengan Dua Metode Pencampuran	107
Lampiran 20 Hasil Pengujian <i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i> dengan Dua Metode Pencampuran	108
Lampiran 21 Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> dengan Dua Metode Pencampuran	109

Lampiran 22 Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down (AFD)</i> dengan Dua Metode Pencampuran	110
Lampiran 23 Hasil Pengujian <i>T-Test</i> Terhadap Karakteristik <i>Marshall Test</i>	111

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>AC - BC</i>	: <i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>
<i>IRS</i>	: <i>Index of Retained Strength</i>
<i>ITS</i>	: <i>Indirect Tensile Strength</i>
<i>TSR</i>	: <i>Tensile Strength Ratio</i>
<i>VMA</i>	: <i>Voids in the Mineral Aggregate</i>
<i>VITM</i>	: <i>Voids in the Mix</i>
<i>VFWA</i>	: <i>Void Filled with Asphalt</i>
<i>MQ</i>	: <i>Marshall Quotient</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
Gsb	: Berat jenis <i>bulk</i> total agregat
q	: Angka koreksi benda uji
p	: Pembacaan arloji Stabilitas x kalibrasi alat
S	: Nilai Stabilitas
g	: Nilai <i>Density</i> (gr/cc)
c	: Berat benda uji sebelum direndam (gr)
d	: Berat benda uji dalam keadaan jenuh / ssd (gr)
e	: Berat dalam air (gr)
f	: Volume / isi (cm ³)
<i>Gmb</i>	: Berat jenis <i>bulk</i> campuran padat (gr/cm ³)
Bk	: Berat kering beton aspal padat (gr)
Gmm	: Berat Jenis maksimum dari campuran aspal
Pa	: Kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%)
Ga	: Berat jenis aspal
Gse	: Berat jenis efektif agregat
<i>VMA</i>	: Rongga di antara mineral (%)
Gsb	: Berat jenis <i>bulk</i> agregat (gr/cm ³)
Pb	: Kadar aspal persen terhadap berat total campuran (%)

S_1	: Rata-rata nilai Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman selama 30 menit
S_2	: Rata-rata nilai Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman selama 24 jam
Pruntuh	: Beban puncak (kg)
h	: Tinggi sampel (cm)
Ao	: Konstanta
Mo	: Berat sebelum diabrasi (gr)
Mi	: Berat setelah diabrasi (gr)
L	: Persentase kehilangan berat (%)

Abstrak

Indonesia pada saat ini sangat gencar melakukan proyek pembangunan sarana transportasi jalan. Kondisi jalan yang baik akan dapat mempengaruhi perkembangan ekonomi. Akan tetapi karakteristik perkerasan jalan saat ini beberapa kali terjadinya kerusakan sehingga tidak sesuai dengan umur rencana selama masa pelayanan. Pencampuran yang akan digunakan yaitu pencampuran konvensional dan pencampuran dua tahap. Sehingga tujuan penelitian ini agar dapat membandingkan teknik metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap dalam meningkatkan kinerja dan mutu campuran *AC – BC*.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan mengikuti panduan dari SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian pengujian laboratorium yang dimulai dengan menguji sifat fisik material pada agregat dan aspal. Langkah berikutnya adalah menentukan Kadar Aspal Optimum (*KAO*) dengan variasi kadar aspal antara 5,5% hingga 7,5%. Setelah itu, dilakukan pembuatan sampel menggunakan dua metode pencampuran yang berbeda dan pengujian menggunakan *Marshall Test*, *Index of Retained Strength (IRS)*, Indeks Durabilitas Pertama (IDP), Indeks Durabilitas Kedua (IDK), *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Cantabro Loss (CL)*, dan *Asphalt Flow Down (AFD)*. Tahap akhir adalah analisis dan pembahasan hasil yang memungkinkan untuk mengambil kesimpulan dari penelitian ini.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap dapat digunakan sebagai pilihan untuk meningkatkan kinerja dan mutu campuran *AC – BC*. Dalam pengujian karakteristik *Marshall Test*, *IRS*, *ITS*, *TSR* dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada penggunaan metode pencampuran konvensional. Pada pengujian karakteristik *CL* dan *AFD*, penggunaan metode pencampuran dua tahap menghasilkan nilai yang lebih rendah daripada metode pencampuran konvensional. Karena agregat yang melapisi aspal dapat meningkatkan Stabilitas, durabilitas, tahan terhadap geser, dan kedap air pada metode pencampuran dua tahap.

Kata Kunci: LASTON, *AC – BC*, Metode Pencampuran

Abstract

Indonesia is currently heavily involved in road transportation infrastructure development projects. The condition of the roads greatly influences economic growth. However, the current pavement characteristics have resulted in several instances of damage, not aligning with the intended lifespan. The mixing techniques employed include both conventional mixing and two-stage mixing. Thus, the aim of this research is to compare the conventional mixing technique with the two-stage mixing method in enhancing the performance and quality of AC-BC mixtures.

The research methodology employed is experimental, following the guidelines from the Indonesian National Standard (SNI) and the 2018 General Specifications of the Indonesian Highway Agency (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018). Data collection involves a series of laboratory tests starting with examining the physical properties of aggregates and asphalt. The subsequent step involves determining the Optimum Asphalt Content (OAC) with asphalt content variations ranging from 5.5% to 7.5%. Following this, samples are prepared using two different mixing methods, and testing is carried out using the Marshall Test, Index of Retained Strength (IRS), First Durability Index (IDP), Second Durability Index (IDK), Indirect Tensile Strength (ITS), Tensile Strength Ratio (TSR), Cantabro Loss (CL), and Asphalt Flow Down (AFD). The final stage involves analyzing and discussing the results to draw conclusions from the study.

The research findings indicate that the two-stage mixing method can be used as an option to improve the performance and quality of AC-BC mixtures. In the testing of Marshall Test characteristics, IRS, ITS, and TSR using the two-stage mixing method, higher values are obtained compared to the conventional mixing method. In the testing of CL and AFD characteristics, the use of the two-stage mixing method yields lower values than the conventional mixing method. This is attributed to the aggregate covering the asphalt in the two-stage mixing method, which enhances stability, durability, shear resistance, and waterproofing properties.

Keyword: *Asphalt concrete layer, Asphalt Concrete - Binder Course, Mixing method*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia pada saat ini sangat gencar melakukan proyek pembangunan sarana transportasi jalan. Kondisi jalan yang baik akan dapat mempengaruhi perkembangan ekonomi. Akan tetapi karakteristik perkerasan jalan saat ini beberapa kali terjadinya kerusakan sehingga tidak sesuai dengan umur rencana selama masa pelayanan.

Agar di perolehnya kinerja sistem jaringan jalan yang bagus, maka di perlukan perkerasan yang kualitas bahannya memenuhi spesifikasi campuran beton aspal. Perkerasan jalan adalah bagian jalan yang di perkeras dengan lapisan konstruksi yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan tertentu agar dapat menerima beban di atasnya ke tanah dasar secara aman. Menurut Sukirman (1992) Jenis Perkerasan berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat di bedakan menjadi 3 jenis yaitu perkerasan kaku, perkerasan lentur, dan perkerasan komposit.

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Perkerasan lentur juga perkerasan yang sangat banyak digunakan dan dibandingkan dengan perkerasan yang lainnya. Sehingga lapisan perkerasan memiliki kelenturan yang dapat menahan beban kendaraan yang melintas di atasnya. Lapisan Aspal Beton (LASTON) merupakan suatu lapisan jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal keras, yang di campur, di hampar, dan di padatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

LASTON terbagi menjadi 3 jenis *AC-WC (Asphalt concrete – Wearing Course)* , *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)*, *AC-Base (Asphalt Concrete – Base)*, *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* merupakan lapisan Perkerasan yang terletak di bawah *AC-WC* dan di atas *AC-Base*. Lapisan *AC-BC* harus memiliki kriteria seperti ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk

mengurangi tegangan/ regangan yang di akibatkan beban yang diterima, dan di teruskan ke lapisan bawahnya yaitu base dan sub grade. Karakteristik dari campuran ini harus memiliki Stabilitas yang bagus dan lapisan ini juga tidak berhubungan langsung dengan cuaca.

Berdasarkan kalimat di atas, penelitian ini bertujuan untuk mencari cara alternatif dalam meningkatkan kinerja campuran beraspal panas dengan mengubah metode pencampuran konvensional menjadi metode pencampuran dua tahap dan membandingkan hasil karakteristik kedua metode pencampuran tersebut. Pada metode pencampuran dua tahap ini, tahapan pertama didasarkan pada pelapisan awal agregat kasar dengan aspal sesuai kadar aspal optimum untuk lapisan antara agregat kasar dan aspal, tahapan kedua mencampurkan agregat halus dan filler pada campuran tersebut dengan jenis campuran *Asphalt Concrete – Base Course (AC – BC)* menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70.

Pada penelitian ini menentukan alternatif kinerja pencampuran dengan membandingkan hasil karakteristik metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Marshall Test* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course* ?
2. Bagaimana pengaruh metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Indirect Tensile Strength (ITS)* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course* ?
3. Bagaimana pengaruh metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Cantabro Loss* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course* ?
4. Bagaimana pengaruh metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Index Of Retained Strength (IRS)* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course* ?

5. Bagaimana pengaruh metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai Indeks Durabilitas (*durability*) pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course* ?
6. Bagaimana pengaruh metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Tensile Strenght Ratio (TSR)* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course* ?
7. Bagaimana pengaruh metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Asphalt Flow Down (AFD)* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Membandingkan karakteristik *Marshall* antara metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course*
2. Mengetahui perbandingan antara metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Indirect Tensile Strenght (ITS)* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course*
3. Mengetahui perbandingan antara metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Cantabro Loss* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course*
4. Mampu mengetahui perbandingan antara metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Index of Retained Strenght (IRS)* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course*
5. Mengetahui perbandingan metode pencampuran terhadap nilai Indeks durabilitas (*Durability*) yang dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course*
6. Mengetahui perbandingan karakteristik *Tensile Strenght Ratio (TSR)* antara metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap campuran *Asphalt Concrete – Base Course*

7. Mengetahui perbandingan antara metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap *Asphalt Flow Down (AFD)* pada campuran *Asphalt Concrete – Base Course*

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberi manfaat dan semoga penelitian dapat membantu perkembangan perkerasan jalan di Indonesia terutama pada perkerasan lentur dan dapat memberitahu pengaruh metode pencampuran dua tahap dan konvensional terhadap kekuatan perkerasan menggunakan campuran *AC-BC*

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian ini agar tidak keluar dari masalah yang telah dirumuskan dan tercapainya tujuan.

1. Pencampuran yang dilakukan adalah pencampuran secara konvensional dan pencampuran dua tahap.
2. Gradasi yang dipakai yaitu gradasi terbuka dengan selimut aspal yang tebal.
3. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *Marshall*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Index of Retained Strength (IRS)*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down (AFD)*.
4. Pada pengujian ini untuk mencari kadar aspal optimum (*KAO*), kadar aspal yang digunakan adalah 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5% terhadap berat total campuran.
5. Agregat kasar dan halus berasal dari Clereng, Kulonprogo yang ada di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Pengujian dan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
7. Bahan Ikat yang digunakan yaitu aspal penetrasi 60/70.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kinerja Campuran Aspal dengan Campuran AC – BC

Anggraini (2017) melakukan penelitian ini memiliki tujuan mengenai analisis karakteristik perbandingan campuran aspal beton menggunakan agregat dari Kabupaten Sukadana, Lampung Timur dengan agregat asal Clereng, Kulon Progo. Berdasarkan penelitian yang dilakukan karakteristik campuran AC – BC dengan menggunakan agregat asal Clereng dan Sukadana disimpulkan bahwa campuran mengalami perbedaan dan perubahan karakteristik. Agregat batu pecah Clereng dan Sukadana memenuhi persyaratan yang ditentukan sehingga dapat digunakan sebagai agregat kasar dan agregat halus sebagai campuran AC – BC. Nilai campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan agregat Clereng terdapat pada parameter *Marshall* yaitu *Stabilitas*, *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VMA*, sedangkan nilai *VFWA* campuran Clereng lebih besar dibandingkan campuran Sukadana. Kemampuan menahan gaya tarik (*Indirect Tensile Strength*) campuran AC – BC menggunakan agregat batu pecah Sukadana lebih besar dibandingkan menggunakan agregat batu pecah asal Clereng. Nilai *Cantabro Loss* campuran agregat Clereng lebih besar dibandingkan agregat Sukadana.

Ramadhan (2020) melakukan penelitian yang memiliki tujuan untuk mengetahui penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang terhadap karakteristik *Marshall* yaitu *Stabilitas*, *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *Density* pada campuran *Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC)*. Berdasarkan Penelitian yang dilakukan, penggunaan pasir Pantai Pasir Panjang pada variasi substitusi 0% sampai 75% dapat digunakan sebagai pengganti dalam campuran AC-BC walaupun hasilnya semakin menurun dari agregat halus Clereng. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa kemampuan campuran semakin menurun dan kelenturan pada campuran semakin bertambah yang dapat dilihat dengan substitusi pasir pantai 0% sampai 100%.

2.2 Kinerja Campuran Aspal dengan Metode Pencampuran

Winayati Hidayat (2021) melakukan penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan jalan diimbangi dengan peningkatan mutu campuran beraspal yang meninjau perbandingan dua tahap metode pencampuran dan metode pencampuran konvensional terhadap karakteristik campuran *Stone Matrix Asphalt (SMA)* 12,5 mm dengan bahan ikat aspal pen 60/70 dan aspal *crumb rubber*. Penelitian ini dilakukan melalui uji *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength*, *Tensile Strength Ratio*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down*. Dari penelitian ini memperoleh hasil yaitu metode pencampuran dua tahap dapat digunakan sebagai metode alternatif guna meningkatkan mutu dan kinerja campuran *SMA* 12,5 mm bahan ikat aspal pen 60/70 dan aspal *crumb rubber* pada setiap pengujian.

Mahza (2023) melakukan penelitian yang memiliki tujuan untuk mengetahui perbandingan karakteristik antara metode konvensional dan dua tahap pada campuran *Stone Matrix Asphalt (SMA)* dengan bahan tambah serat selulosa dan menggunakan bahan ikat 60/70. Penelitian ini dilakukan melalui uji *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength*, *Tensile Strength Ratio*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down*. Dari penelitian ini memperoleh hasil yaitu metode pencampuran dua tahap dapat menghasilkan campuran yang lebih baik dalam hal kekuatan, keawetan, dan ketahanan meski harus melalui proses perendaman.

Firdaus (2023) melakukan penelitian yang memiliki tujuan untuk mengetahui perbandingan karakteristik antara metode konvensional dan dua tahap pada campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* menggunakan bahan ikat aspal pen 60/70. Penelitian ini dilakukan melalui uji *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength*, *Tensile Strength Ratio*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down*. Penelitian ini mendapatkan hasil yaitu penggunaan metode pencampuran dua tahap dapat meningkatkan kinerja perkerasan yang lebih lentur dengan memiliki nilai *MQ* yang lebih kecil. Pada nilai *IRS*, *ITS*, *TSR*, *Cantabro Loss*, dan *AFD* memiliki nilai yang lebih tinggi.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Dilakukan

Dari penelitian-penelitian yang telah disebutkan diatas, dapat disimpulkan bahwa belum ada yang melakukan penelitian terkait perbandingan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap pada perkerasan lentur $AC - BC$ perbandingan Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu akan di uraikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

No.	Peneliti	Anggraini (2017)	Hidayat (2018)	Mahza (2023)	Firdaus (2023)	Ramadhan (2020)	Ichwan (2023)
1.	Judul Penelitian	Kajian Perbandingan Karakteristik Campuran <i>AC-BC</i> Antara Yang Menggunakan Agregat Batu Pecah Sukadana, Lampung dan Clereng, Diy).	Pengaruh Metode Pencampuran Dua Terhadap Karakteristik Campuran <i>Stone Matrix Asphalt</i> dengan Bahan Ikatan Aspal Pen 60/70 dan Aspal Crumb Rubber	Perbandingan Kinerja <i>Stone Matrix Asphalt (SMA)</i> dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap	Perbandingan Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Kinerja <i>Hot Rolled Asphalt (HRA)</i> .	Penggunaan Pasir Pantai Pasir Panjang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik <i>AC – BC</i> .	Perbandingan Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Kinerja <i>Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)</i>
2.	Jenis Campuran	<i>Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)</i>	<i>Stone Matrix Asphalt + S</i>	<i>Stone Matrix Asphalt + S</i>	<i>Hot Rolled Asphalt (HRA)</i> .	<i>Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)</i>	<i>Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)</i>
3.	Bahan Tambah	-	Serat Selulosa	Serat Selulosa	-	Pasir Pantai Pasir Panjang	-
4.	Metode Pengujian	Uji <i>Marshall ITS</i> dan <i>Cantabro Loss</i>	Uji <i>Marshall, IRS, ITS, TSR</i> , dan <i>Cantabro Loss</i>	Uji <i>Marshall, IRS, Index Durability, ITS, TSR, Cantabro Loss</i> dan <i>AFD</i>	Uji <i>Marshall, IRS, Index Durability, ITS, TSR, Cantabro Loss</i> dan <i>AFD</i>	Uji <i>Marshall</i> ,	Uji <i>Marshall, IRS, Index Durability, ITS, TSR, Cantabro Loss</i> dan <i>AFD</i>

Sumber: Anggraini (2017), Hidayat (2018), Mahza (2023), Firdaus (2023), Ramadhan (2020), dan Ichwan (2023)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

No.	Peneliti	Anggraini (2017)	Hidayat (2018)	Mahza (2023)	Firdaus (2023)	Ramadhan (2020)	Ichwan (2023)
5.	Metode Pencampuran	Metode Konvensional	Metode Konvensional Dan Metode Pencampuran dua tahap	Metode Konvensional Dan Metode Pencampuran dua tahap	Metode Konvensional Dan Metode Pencampuran dua tahap	Metode Konvensional	Metode Konvensional Dan Metode Pencampuran dua tahap
6	Hasil Pengujian	<p>karakteristik campuran AC BC dengan menggunakan agregat asal Clereng dan Sukadana disimpulkan bahwa campuran mengalami perbedaan dan perubahan karakteristik. Agregat batu pecah Clereng dan Sukadana memenuhi persyaratan yang ditentukan sehingga dapat digunakan sebagai agregat kasar dan agregat halus sebagai campuran AC BC. Nilai campuran agregat Sukadana lebih besar dibandingkan agregat Clereng terdapat pada parameter <i>Marshall</i> yaitu Stabilitas, <i>flow</i>, <i>Marshall Quotient</i>, <i>VITM</i>, <i>VMA</i>, sedangkan nilai <i>VFWA</i> campuran Clereng lebih besar dibandingkan campuran Sukadana</p>	Metode pencampuran dua tahap pada penelitian ini mampu meningkatkan nilai Stabilitas, durabilitas, ketahanan geser, dan lebih kedap air. Bahan ikat aspal Pen 60/70 memiliki sifat lebih kaku dibanding aspal crumb rubber	Penggunaan metode pencampuran dua tahap dapat meningkatkan kinerja perkerasan yang lebih lentur dengan memiliki nilai <i>MQ</i> yang lebih kecil. Pada nilai <i>IRS</i> , <i>ITS</i> , <i>TSR</i> , <i>Cantabro Loss</i> , dan AFD memiliki nilai yang lebih tinggi	Penggunaan metode pencampuran dua tahap dapat meningkatkan kinerja perkerasan yang lebih lentur dengan memiliki nilai <i>MQ</i> yang lebih kecil. Pada nilai <i>IRS</i> , <i>ITS</i> , <i>TSR</i> , <i>Cantabro Loss</i> , dan AFD memiliki nilai yang lebih tinggi	Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan pasir Pantai Pasir Panjang pada variasi substitusi 0% sampai 75% dapat digunakan sebagai pengganti dalam campuran AC-BC walaupun hasilnya semakin menurun dari agregat halus Clereng.	

Sumber: Anggraini (2017), Hidayat (2018), Mahza (2023), Firdaus (2023), Ramadhan (2020), dan Ichwan (2023)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Campuran Asphalt Concrete - Binder Course (AC – BC)

LASTON sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC – BC (Asphalt Concrete - Binder Course)* dengan tebal minimum *AC – BC* adalah 5 cm. Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

AC – BC merupakan bagian dari suatu lapisan aspal beton (LASTON) dimana *AC – BC* terletak di bawah lapisan *wearing course* dan di atas lapisan pondasi (*base course*). *AC-BC* tidak bertemu langsung dengan cuaca, sehingga *AC – BC* harus mempunyai ketebalan dan kekakuan tinggi atau cukup sehingga dapat mengurangi tegangan atau regangan yang di sebabkan oleh beban lalu lintas yang di teruskan ke lapisan *base* dan *subgrade*. Lapisan ini memiliki *flexibilitas* untuk kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya.

3.2 Material Penyusun Perkerasan Lentur AC – BC

Pada perkerasan lentur terdapat beberapa elemen yang membentuk campuran aspal beton. Elemen yang terdapat di suatu lapisan merupakan agregat kasar, agregat halus, *Filler* dan aspal kemudian di campur, dihampar dan di padatkan dalam keadaan panas dengan suhu tertentu.

3.2.1 Agregat

Agregat adalah suatu material yang di satukan secara bersama – sama dengan suatu pengikat untuk membentuk suatu adukan. Pada agregat terdapat berubah material granular seperti batu pecah, kerikil, pasir atau mineral yang merupakan hasil alam dan buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah komponen utama dalam penggunaan campuran aspal panas yaitu sebesar 95% dari berat campuran. Sehingga perkerasan jalan bergantung pada agregat dan material lain dalam pencampuran.

Menurut Spesifikasi Bina Marga (2018) agregat yang akan di gunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumusan campuran kerja, memenuhi semua ketentuan yang di isyaratkan, tergantung campuran yang di pilih, Agregat juga terbagi dalam 3 jenis.

1. Agregat kasar

Bina Marga (2018) agregat kasar berfungsi dalam rancangan campuran yang dimana tertahan pada ayakan N0.4 atau 4,75 mm dalam keadaan secara basah dan bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang dilarang dan memenuhi ketentuan. Agregat harus terdiri dar batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dari jenis campuran yang di tentukan. Agregat kasar memiliki angularitas yang di artikan sebagai persen dari berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm atau lulus uji menurut SNI 7619:2012. Spesifikasi metode pengujian agregat kasar dapat di lihat pada Tabel 3.1.

3. 1 Spesifikasi Metode Pengujian Agregat Kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai (%)
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12
		magmesium sulfat		Maks 18
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks 6
		500 putaran		Maks 30
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks 8
		500 putaran		Maks 40
		Kelekatan agregat terhadap aspal		
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90*)
		Lainnya		95/90**)
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks 5
		Lainnya		Maks 10
Material lolos Ayakan No 200			SNI ASTM C117 : 2012	Maks 1

(Sumber : Bina Marga, 2018)

2. Agregat Halus

Agregat halus di dapatkan dari sumber bahan manapun, yang dapat menjadi bahan pengisi dalam campuran yang harus terdiri dari pasir atau hasil ayakan batu pecah yang memiliki ukuran 4,75 mm atau lolos ayakan No.4. Agregat halus harus dalam keadaan bersih, keras, dan bebas dari lempung. Spesifikasi metode pengujian agregat halus dapat di lihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Spesifikasi Metode Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	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	Maks 10

(Sumber : Bina Marga, 2018)

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi adalah bahan tambah dari suatu campuran yang berupa debu batu kapur, debu kapur padam atau debu magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), bisa jadi semen atau abu terbang yang harus di setujui sumbernya oleh pengawas pekerjaan, untuk jenis semen biasanya di izinkan untuk campuran aspal Pen 60-70. Bahan pengisi harus lolos ayakan No.200 tidak kurang dari 75 %beratnya. Harus kering dan terbebas dari gumpalan – gumpalan.

3.2.2 Gradasi Agregat LASTON (AC – BC)

Gradasi agregat dalam campuran beraspal biasanya di tunjukkan dalam persen berat agregat dan bahan pengisi, biasanya harus memenuhi batas – batas yang di tentukan. Rancangan dan perbandingan campuran juga terdapat jarak terhadap batas – batas yang di tentukan. Jika gradasi yang di peroleh tidak dapat memenuhi kesenjangan seperti yang di isyaratkan maka pengawas pekerjaan dapat menerima gradasi tersebut jika sifat – sifat campurannya memenuhi ketentuan persyaratan.

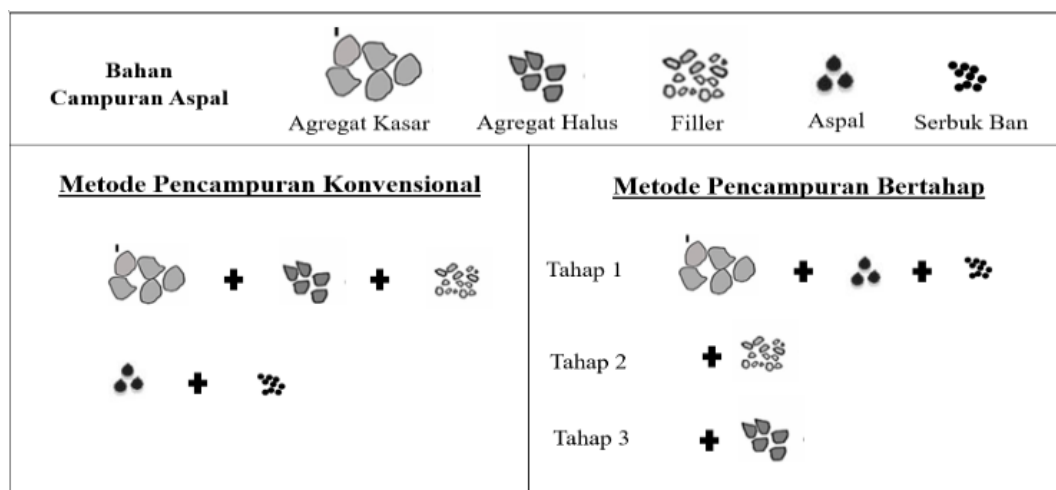
3.2.3 Aspal

Aspal adalah material sentimen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana pokok Yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*). Aspal adalah *koloid* yang rumit dari material *hydrocarbon* yang terbuat dari *Asphaltenes*, *resin* dan *Oil*. Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak. Aspal dibuat dari minyak mentah (*crude oil*) dan secara umum berasal dari Sisa hewan laut dan Sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh pecahan batu batuan. Setelah berjuta juta tahun material organik dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Batuan sedimen, yang lama kelamaan terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar *hydrocarbon*. Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam, dimana sering juga disebut mineral (Rian, P., 2006). Aspal akan mencair jika dipanaskan, dan kembali membeku jika suhu turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan bahan pembentuk campuran perkerasan lentur. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara berdasarkan berat campuran, atau 10%-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, S., 2012).

3.3 Metode Pencampuran Dua Tahap

Metode pencampuran dua tahap merupakan upaya untuk meningkatkan kinerja campuran beton aspal dengan mengubah tahapan pencampuran aspal dengan agregat. Metode baru ini didasarkan pada pre-coating agregat kasar dengan bahan ikat aspal sesuai kadar aspal optimum kemudian dicampur dengan agregat halus dan filler. dengan tujuan memperkuat sifat adhesi aspal dengan agregat dan menurunkan kecenderungan pengelupasan agregat yang disebabkan oleh kelembaban dan dapat meminimalkan adanya debu atau kotoran yang dapat menurunkan kinerja campuran beraspal.

Campuran aspal yang dihasilkan dengan metode pencampuran dua tahap menunjukkan distribusi rongga yang merata. Ini menandakan bahwa metode pencampuran dua tahap dapat lebih mudah dipadatkan. Campuran aspal yang dihasilkan dengan metode pencampuran dua tahap memiliki ketahanan yang lebih terhadap deformasi permanen dan memiliki kekuatan tarik tidak langsung yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Proses metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Proses Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap

(Sumber : Iqbal, I., & Fauziah, M., 2023)

3.4 Lapis Aspal Beton (LASTON)

Menurut Bina Marga (2010) lapis aspal beton yaitu salah satu jenis campuran beraspal yang digunakan sebagai permukaan pada perkerasan lentur. Lapisan penutup konstruksi jalan ini mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh *Asphalt Institute* dengan nama *AC (Asphalt Concrete)*, campuran beraspal ini terdiri dari agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran merata mulai dari yang terbesar sampai ukuran terkecil. *Asphalt Concrete* memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya karena material saling mengunci satu dan lainnya.

Menurut Bina Marga (2010) LASTON terdiri dari tiga jenis campuran yaitu LASTON Lapis Aus *AC-WC*, LASTON Lapis Pengikat *AC-BC*, dan LASTON Lapis Pondasi *AC-Base*, ketentuan sifat – sifat campuran LASTON (*AC*) dapat di lihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran LASTON (AC)

Sifat – sifat Campuran		LASTON		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65		
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min	2		

(Sumber : Bina Marga 2020)

3.5 Pengujian *Marshall*

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Marshall*. Konsep *Marshall* test dikembangkan oleh Bruce *Marshall*, seorang insinyur perkerasan pada Mississippi State Highway. Pada tahun 1948 *US Corps of Engineers* meningkatkan dan menambah beberapa kriteria pada prosedur tesnya, terutama kriteria rancangan campuran. Sejak itu tes ini banyak diadopsi oleh berbagai organisasi dan pemerintahan di banyak negara, dengan beberapa modifikasi prosedur ataupun interpretasi terhadap hasilnya.

1. Stabilitas

Nilai Stabilitas benda uji dapat diperoleh dari pembacaan arloji Stabilitas pada saat pengujian dengan alat *Marshall*.

2. Kelelehan (*Flow*)

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow*, nilai yang di dapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut

3. *Void In The Mix (VITM)*

VITM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran

4. *Void In Mineral Aggregate (VMA)*

VMA merupakan kadar persentase ruang rongga di antara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

5. *Void Filled Asphalt (VFA)*

VFA adalah persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan.

6. *Marshall Quetient (MQ)*

MQ adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai *MQ* diperoleh dari perbandingan antara nilai Stabilitas yang telah dikoreksi terhadap nilai *flow*, dan dinyatakan dalam satuan Kg/mm atau kN/mm.

3.6 Pengujian Perendaman (*Immersion Test*)

Immersion Test merupakan pengujian campuran aspal yang berfungsi mendapatkan perubahan karakteristik dari campuran aspal, disebabkan oleh pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian *Immersion Test* di bagi dua dalam kondisi berbeda, yaitu perendaman yang di lakukan pada *waterbath* dengan suhu 60° C selama 30 menit (Stabilitas Standar), dan perendaman pada suhu 60° C dalam 24 jam (Stabilitas rendaman) menurut AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969). *Index or Retained Strength (IRS)* adalah nilai Stabilitas *Marshall* sisa untuk mengukur daya tahan terhadap pengrusakan oleh air. Hasil perhitungan *IRS* adalah persentase nilai Stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam di bandingkan

dengan Stabilitas Standar. Perhitungan IRS dapat menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$\text{Index or Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \quad (3.1)$$

keterangan:

S_1 : rata-rata nilai Stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 30 menit (kg),
dan

S_2 : rata-rata nilai Stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 24 jam (kg).

Durabilitas merupakan salah satu pengaruh terhadap campuran perkerasan melalui perendaman. Kemampuan dari durabilitas sendiri untuk melawan terhadap pengaruh cuaca dan lalu lintas. Ketahanan suatu campuran perkerasan akan kehancuran akibat cuaca, air, dan beban lalu lintas adalah pengaruh hubungan nilai durabilitas. Penentuan nilai sifat durabilitas sendiri dapat dilakukan melalui analisis indeks durabilitas. Indeks durabilitas memiliki 3 parameter analisis yaitu Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP), dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

1. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Indeks Kekuatan Sisa (IKS) merupakan salah satu tolak ukur durabilitas untuk mengetahui tingginya kepadatan dalam mengurangi infiltrasi air. Sehingga, dapat mempertahankan Stabilitas campuran suatu perkerasan. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) merupakan nilai *Index of Retained Strength (IRS)*.

2. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama (IDP) merupakan salah satu tolak ukur durabilitas untuk mengetahui total kelandaian secara urut dari kurva keawetan (durabilitas). Berikut merupakan perhitungan IDP dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.11 berikut.

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \quad (3.11)$$

keterangan:

r = indeks penurunan Stabilitas (%),

S_i = persentase kekuatan sisa pada waktu $T1$ (%),

S_{i+1} = persentase kekuatan sisa pada waktu $T1+1$ (%), dan

t_i, t_{i+1} = periode perendaman (dimulai dari awal pengujian).

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

3. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua (IDK) merupakan salah satu tolak ukur durabilitas untuk mendapatkan persentase kehilangan kekuatan rata-rata selama proses perendaman. Perhitungan IDK dapat diperoleh berdasarkan Persamaan 3.12 berikut.

$$IDK = \frac{1}{t_n} \sum_{i=0}^{n-1} a_i = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \quad (3.12)$$

keterangan:

a = kehilangan kekuatan rerata satu hari (%),

t_n = total waktu perendaman (jam),

S_i = persentase kekuatan sisa pada waktu $T1$ (%),

S_{i+1} = persentase kekuatan sisa pada waktu $T1+1$ (%), dan

t_i, t_{i+1} = periode perendaman (dimulai dari awal pengujian).

Indeks Durabilitas Kedua (IDK) memiliki nilai “ a ”, apabila hasil nilai “ a ” yang bernilai positif atau > 0 menunjukkan suatu campuran tersebut berkurang atau kehilangan kekuatannya, berlaku juga sebaliknya pada nilai “ a ” yang bernilai negatif atau < 0 menunjukan bahwa suatu campuran tersebut

bertambah akan kekuatan. Berdasarkan hal tersebut, maka nilai $a < 100$ yang berbentuk persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari (S_a). Persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari (S_a) dapat diperhitungkan melalui Persamaan 3.13 berikut.

$$S_a = (100 - a) \quad (3.13)$$

keterangan:

S_a = kekuatan sisa rata-rata satu hari (%)

3.7 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Indirect Tensile Strength adalah metode pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai campuran aspal dan gaya tarik. *Indirect Tensile Strength* memiliki sifat untuk memperkirakan keretakan dari kegagalan gaya tarik. Uji *ITS* ini dapat dilakukan dengan memberikan beban (*dial*) di atas sampel yang berbentuk silinder dan bekerja sejajar sepanjang bidang vertikal sampai menyebabkan benda uji pecah.

Uji *ITS* ini dapat dilakukan dengan memberikan beban (*dial*) di atas sampel yang berbentuk silinder dan bekerja sejajar sepanjang bidang vertikal sampai menyebabkan benda uji pecah. Nilai *ITS* dapat diperhitungkan dengan Persamaan 3.11 sebagai berikut.

$$ITS = \frac{Pruntuh}{h} \times A_o \quad (3.11)$$

Keterangan :

ITS : kuat tarik tidak langsung (kg/cm²),

Pruntuh : beban puncak (kg),

h : tinggi sampel (cm), dan

A_o : konstanta.

3.8 Pengujian *Cantabro Loss*

Cantabro Loss adalah metode pengujian untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu campuran aspal terhadap pengaruh adanya beban lalu lintas yang dapat menyebabkan keausan dan penurunan kekuatan pada perkerasan. Mesin *Los Angeles* digunakan dalam pengujian ini dengan benda uji yang dipadatkan kedua

sisinya sebanyak 2 x 75 tumbukan. Selanjutnya, benda uji akan diletakkan dalam drum *Los Angeles* tanpa bola yang diputar sebanyak 300 putaran. Untuk memperoleh nilai *cantabro* dapat diperhitungkan melalui Persamaan 3.14 sebagai berikut.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3.14)$$

Keterangan ;

M_o : berat sebelum diabrasi (gr),

M_i : berat setelah diabrasi (gr), dan

L : persentase kehilangan berat (%).

3.9 Pengujian *Tensile Strength Ratio (TSR)*

Tensile Strength Retained adalah nilai perbandingan daya tahan tarik campuran yang direndam selama 24 jam dalam *Waterbath* bersuhu 60 derajat celcius dengan daya tahan tarik tanpa rendaman. Uji ini untuk mengetahui nilai gaya tarik suatu campuran aspal beton yang direndam dalam variasi perendaman tertentu. Selain itu, nilai ini juga dapat menunjukkan perkiraan kerentanan campuran terhadap air dan suhu. Nilai *TSR* dapat diperoleh berdasarkan Persamaan 3.13 berikut.

$$TSR = (T_2/T_1) \times 100 \quad (3.13)$$

Keterangan :

S_1 : rata-rata nilai *ITS* tanpa rendaman, dan

S_2 : rata-rata nilai *ITS* setelah perendaman 24 jam (kg).

3.10 Pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)*

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan kadar aspal maksimum yang tercampur menjadi satu dengan agregat tanpa adanya pemisahan (Wijayanti,2016). Pengujian ini sangat penting karena berfungsi untuk mengetahui pada saat

pengangkutan aspal di lapangan tidak terjadi pemisahan dari *AMP* menuju tempat penghambaran. *Asphalt Flow Down* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15

$$AFD = [(m_3 - m_1) / (m_2 - m_1)] \times 100 \quad (3.15)$$

Keterangan :

M_1 : berat cetakan berupa nampan dan kertas aluminium foil (gr),

M_2 : berat cetakan beserta campuran beraspal (gr), dan

M_3 : berat cetakan dengan campuran aspal yang melekat pada aluminium foil
cd (gr).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan gambaran dari langkah – langkah yang di gunakan untuk menjawab rumusan masalah yang telah di buat selanjutnya akan di uraikan secara sistematis yang bertujuan agar penelitian berjalan sesuai tujuan. Metode penelitian yang di lakukan menggunakan metode penelitian eksperimental. Metode eksperimental adalah metode yang dimana membuat sampel dengan beda uji dalam jumlah tertentu dan variable tertentu kemudian mendapatkan data dari pengujiannya. Data – data yang di dapat sudah melewati standar spesifikasi yang telah ditentukan. Persyaratan atau pedoman yang di gunakan dalam penelitian ini menggunakan peraturan Bina Marga 2018, dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan metode pencampuran secara konvensional dan dua tahap pada perkerasan campuran AC-BC terhadap karakteristik *Marshall*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Indirect of Retained Strength (IRS)*, Indeks Durabilitas Pertama (*IDP*), Indeks Durabilitas Kedua, (*IDK*), *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down (AFD)*.

4.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data di lakukan dengan dua metode. Data yang diterima merupakan data sebagai berikut.

1. Data sekunder yaitu data yang merupakan penunjang data utama. Data sekunder di peroleh dari peraturan – peraturan yang telah ada dan instansi – instansi yang berhubungan dalam pengamatan
2. Data primer merupakan data yang di dapat dari penelitian langsung meliputi pemeriksaan bahan, mencari kadar aspal optimum (*KAO*), pengujian karakteristik *Marshall*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Indirect of Retained Strength (IRS)*, Indeks Durabilitas Pertama (*IDP*), Indeks Durabilitas Kedua (*IDK*), *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *CatabroLoss* dan *Asphalt Flow Down (AFD)*.

4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian di lakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Penelitian ini terbagi dalam beberapa tahap yaitu.

1. Tahapan Persiapan
2. Perencanaan gradasi dan Berat Agregat
3. Tahap Pembuatan Sampel
4. Tahap Pengujian Sampel
5. Tahap Analisis Data
6. Tahap Kesimpulan

4.3.1 Persiapan Alat

Persiapan alat yang dimaksud sebagai penunjang di dalam melakukan penelitian, peralatan yang di gunakan sebagai berikut

1. Alat uji pemeriksaan aspal antara lain: satu set alat uji penetrasi, satu set alat uji leleh, satu set alat uji titik nyala dan titik bakar, satu set alat uji berat jenis
2. Alat uji pemeriksaan agregat Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), satu set saringan standar, alat pengering (*oven*), timbangan berat, bak perendam, tempat agregat
3. Alat uji karakteristik campuran agregat Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*.
 - a. Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 inch) dengan tinggi 7,5 cm (3 inch) untuk *Marshall* standar.
 - b. Mesin penumbuk manual atau otomatis lengkap dengan: Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder, dilapisi dengan pelat baja dan di jangkarkan pada lantai beton di keempat bagian sudutnya. Pemegang cetakan benda uji.
 - c. Alat *Marshall* lengkap *Breaking Head* berbentuk lengkung Cincin penguji (*proving ring*) dilengkapi arloji (*dial*) tekan. Arloji pengukur pelelehan (*flow*) beserta perlengkapannya.

4. Oven di lengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji
5. Bak perendam (*Water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu
6. Timbangan yang di lengkapi dengan penggantung benda uji
7. Pengukur suhu (*thermometer*) sesuai dengan standar SNI 19-62421-2000
8. Perlengkapan lain
 - a. Panci-panci untuk memanaskan agregat, aspal dan campuran aspal.
 - b. Sendok pengaduk dan perlengkapan lain.
 - c. Kompor dan alat pemanas (*hot plate*).
 - d. Sarung tangan dari asbes dan sarung tangan dari karet
 - e. Kantong plastik kapasitas 2 kg.
 - f. Kompor.
 - g. Tipe ex/cat minyak.

4.4 Langkah – Langkah Penelitian

Penelitian di lakukan dengan beberapa langkah dalam pengujian yang bertujuan dalam menentukan nilai kadar aspal. Setelah di dapatkan kadar aspal maka di lanjutkan dengan di peroleh hasil rencana yang sesuai dengan standarisasi dan ketentuan yang berlaku. Langkah – langkah yang akan di lakukan sebagai berikut

4.4.1 Pengujian Agregat

Pengujian Agregat bertujuan untuk mengetahui sifat fisik agregat, apakah material sudah sesuai dengan standar spesifikasi. Berikut merupakan pengujian sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018.

1. Pengujian Penyerapan Air
 Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan agregat dalam menyerap air yang berpedoman pada SNI 1969 : 2016.
2. Pengujian Berat jenis
 Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis, berat kering permukaan jenuh, dan berat semu dari agregat yang berpedoman pada SNI 1970 : 2016.

3. **Pengujian Kelekatan Aspal pada Agregat**
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui daya lekat agregat yang berpedoman pada SNI 2439 : 2011.
4. **Pengujian Abrasi (*Los Angeles*)**
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai keausan agregat yang berpedoman pada SNI 2417 : 2008.
5. **Pengujian *Sand Equivalent***
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar debu dan lumpur pada agregat halus yang berpedoman pada SNI 3423 : 2008.

4.4.2 Pengujian Aspal

Aspal digunakan sebagai bahan pengikat pada agregat, sehingga hasil dari pengujian harus sudah sesuai dengan standar spesifikasi sebagai pengikat dalam suatu perkerasan jalan. Berikut pengujian aspal sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018.

1. **Pengujian Titik Lembek Aspal**
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelelehan suatu aspal yang berpedoman pada SNI 2434-2011.
2. **Pengujian Penetrasi Aspal**
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai penetrasi aspal yang nantinya akan digunakan dengan pedoman SNI 2456 : 2011.
3. **Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar**
Pengujian ini bertujuan untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal yang akan digunakan sehingga aspal tidak sampai terbakar. Pengujian ini berpedoman pada SNI 2433 : 2011.
4. **Pengujian Berat Jenis Aspal**
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis campuran antara aspal dan agregat yang nantinya akan mempengaruhi pada tingkat kelekatan aspal dengan pedoman SNI 2411 : 2011.

5. Pengujian Kelarutan dalam *Trichloroethylene* (TCE)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah aspal yang dapat larut dalam *Trichloroethylene* yang berpedoman pada AASHTO T44-14.

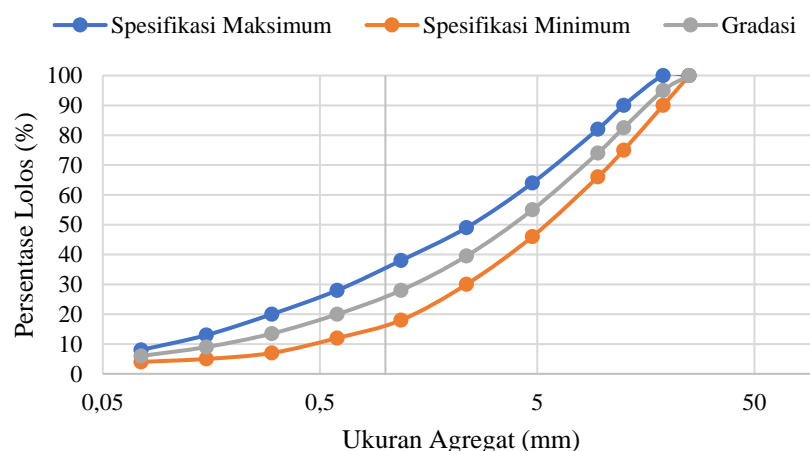
6. Pengujian Daktilitas Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi pada aspal melalui kemampuan aspal yang bertambah panjang saat ditarik sampai mengalami putus pada proses pengujiannya dengan berpedoman pada SNI 2432 : 2011.

4.4.3 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran bisa dilakukan jika agregat dan aspal sudah dilakukan pengujian dan sesuai dengan spesifikasi terkait, campuran sendiri adalah gabungan antara agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi, dan aspal. Kemudian dilakukan penyaringan agregat, selanjutnya penimbangan agregat setiap ukuran agregat yang digunakan.

Campuran aspal yang digunakan dalam benda uji digunakan sesuai dengan variasi kadar aspal yaitu 5%, 5,5%, 6 %, 6,5%, dan 7% dari setiap kadar aspal dibuat masing – masing 3 buah campuran atau benda uji. Setiap campuran aspal benda uji yaitu campuran antara gradasi agregat yang sudah sesuai dengan spesifikasi dan aspal. Gradasi agregat campuran *Asphalt Concrete - Binder Course* dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan grafik gradasi dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1: Grafik Gradasi AC – BC

Tabel 4. 1 Spesifikasi Gradasi Agregat Asphalt Concrete Binder Course

no	Ukuran Saringan			Spesifikasi		Gradasi rencana (%)	
				Min	Max	Lolos	Tertahan
1	1"	25,00	mm	100,00	100,00	100,00	0,00
2	3/4"	19,00	mm	90,00	100,00	95,00	5,00
3	1/2"	12,50	mm	75,00	90,00	82,50	17,50
4	3/8"	9,50	mm	66,00	82,00	74,00	26,00
5	No.4	4,75	mm	46,00	64,00	55,00	45,00
6	No. 8	2,36	mm	30,00	49,00	39,50	60,50
7	No.16	1,18	mm	18,00	38,00	28,00	72,00
8	No.30	0,60	mm	12,00	28,00	20,00	80,00
9	No.50	0,30	mm	7,00	20,00	13,50	86,50
10	No.100	0,15	mm	5,00	13,00	9,00	91,00
11	No.200	0,08	mm	4,00	8,00	6,00	94,00

(Sumber : Bina Marga, 2018)

Setelah tahap perencanaan gradasi agregat, selanjutnya akan di lakukan pencarian kadar aspal optimum (KAO) rencana . Untuk perhitungan kadar aspal optimum rencana dapat dilihat pada Persamaan 4.1 berikut

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

dengan :

P_b = kadar aspal perkiraan,

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 4,

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

$Filler$ = agregat halus lolos saringan No. 200, dan

K = konstanta 0,5 – 1 untuk Lapis Aspal Beton (LASTON).

Dari hasil Persamaan 4.1 didapat nilai kadar aspal optimum sebagai berikut.

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

$$P_b = 0,035 \times (45\%) + 0,045 \times (49\%) + 0,18 (6\%) + 1$$

$$P_b = 5,86 \% \text{ dibulatkan menjadi } 6\%$$

Tabel 4. 2 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%

NO	Ukuran Saringan (mm)		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100	0	-	-
2	19	3/4"	90	100	95	5	57,00	57,00
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	142,50	199,50
4	9,5	3/8"	66	82	74	8,5	96,90	296,40
5	4,75	No.4	46	64	55	19	216,60	513,00
6	2,36	No. 8	30	49	39,5	15,5	176,70	689,70
7	1,18	No.16	18	38	28	11,5	131,10	820,80
8	0,6	No.30	12	28	20	8	91,20	912,00
9	0,3	No.50	7	20	13	6,5	74,10	986,10
10	0,15	No.100	5	13	9	4,5	51,30	1.037,40
11	0,08	No.200	4	8	6	3	34,20	1.071,60
	<i>Filler</i>		0	0	0	6	68,40	1.140,00
Total						100	1140,00	

Tabel 4. 3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%

NO	Ukuran Saringan (mm)		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100	0	0,00	0,00
2	19	3/4"	90	100	95	5	56,70	56,70
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	141,75	198,45
4	9,5	3/8"	66	82	74	8,5	96,39	294,84
5	4,75	No.4	46	64	55	19	215,46	510,30
6	2,36	No. 8	30	49	39,5	15,5	175,77	686,07
7	1,18	No.16	18	38	28	11,5	130,41	816,48
8	0,6	No.30	12	28	20	8	90,72	907,20
9	0,3	No.50	7	20	13	6,5	73,71	980,91
10	0,15	No.100	5	13	9	4,5	51,03	1031,94
11	0,08	No.200	4	8	6	3	34,02	1065,96
	<i>Filler</i>		0	0	0	6	68,04	1134,00
Total						100	1134,00	

Tabel 4. 4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%

NO	Ukuran Saringan (mm)		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100	0	0,00	0,00
2	19	3/4"	90	100	95	5	56,40	56,40
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	141,00	197,40
4	9,5	3/8"	66	82	74	8,5	95,88	293,28
5	4,75	No.4	46	64	55	19	214,32	507,60
6	2,36	No. 8	30	49	39,5	15,5	174,84	682,44
7	1,18	No.16	18	38	28	11,5	129,72	812,16
8	0,6	No.30	12	28	20	8	90,24	902,40
9	0,3	No.50	7	20	13	6,5	73,32	975,72
10	0,15	No.100	5	13	9	4,5	50,76	1026,48
11	0,08	No.200	4	8	6	3	33,84	1060,32
	<i>Filler</i>		0	0	0	6	67,68	1128,00
Total						100	1128,00	

Tabel 4. 5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%

NO	Ukuran Saringan (mm)		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100	0	0,00	0,00
2	19	3/4"	90	100	95	5	56,10	56,10
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	140,25	196,35
4	9,5	3/8"	66	82	74	8,5	95,37	291,72
5	4,75	No.4	46	64	55	19	213,18	504,90
6	2,36	No. 8	30	49	39,5	15,5	173,91	678,81
7	1,18	No.16	18	38	28	11,5	129,03	807,84
8	0,6	No.30	12	28	20	8	89,76	897,60
9	0,3	No.50	7	20	13	6,5	72,93	970,53
10	0,15	No.100	5	13	9	4,5	50,49	1021,02
11	0,08	No.200	4	8	6	3	33,66	1054,68
	<i>Filler</i>		0	0	0	6	67,32	1122,00
Total						100	1122,00	

Tabel 4. 6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%

NO	Ukuran Saringan (mm)		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100	0	0,00	0,00
2	19	3/4"	90	100	95	5	55,80	55,80
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	139,50	195,30
4	9,5	3/8"	66	82	74	8,5	94,86	290,16
5	4,75	No.4	46	64	55	19	212,04	502,20
6	2,36	No. 8	30	49	39,5	15,5	172,98	675,18
7	1,18	No.16	18	38	28	11,5	128,34	803,52
8	0,6	No.30	12	28	20	8	89,28	892,80
9	0,3	No.50	7	20	13	6,5	72,54	965,34
10	0,15	No.100	5	13	9	4,5	50,22	1015,56
11	0,08	No.200	4	8	6	3	33,48	1049,04
	<i>Filler</i>		0	0	0	6	66,96	1116,00
	Total					100	1116,00	

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap. Sehingga Jumlah benda uji yang akan digunakan dalam penelitian berjumlah 51 buah, terdiri dari 15 buah dalam mencari nilai KAO rencana dan 36 buah setelah mengetahui KAO rencananya. Jumlah benda uji dapat di lihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4. 7 Kebutuhan Benda Uji Tiap Kadar Aspal

Jenis Campuran	Kadar Aspal (%)					Jumlah Benda Uji (buah)
	5,5	6	6,5	7	7,5	
AC – BC	3	3	3	3	3	15

Tabel 4. 8 Kebutuhan Benda Uji Tiap Pengujian pada KAO

Pengujian	Variasi Pencampuran	
	Metode Konvensional	Metode Dua Tahap
	<i>AC - BC</i>	<i>AC - BC</i>
<i>Marshall</i>	3	3
<i>IRS</i>	3	3
<i>ITS</i>	3	3
<i>TSR</i>	3	3
<i>Cantabro Loss</i>	3	3
<i>Asphalt Flow Down</i>	3	3
Jumlah	18	18
Total	36	

4.4.4 Pembuatan Benda Uji

Selanjutnya di lakukan pembuatan benda uji, Menyaring agregat untuk memisahkan ukuran butir sesuai dengan nomor agregat adalah tindakan pertama yang dapat dilakukan. Mesin penyaring (*sieve shaker machine*) digunakan untuk menyaring agregat ini. Selanjutnya, campuran agregat dibuat untuk setiap benda uji dan ditimbang sesuai dengan persyaratan masing-masing kadar aspal. Plastik diletakkan di atas campuran agregat aspal ini untuk mencegah pencampuran dengan campuran agregat lainnya.

Pada penelitian ini menggunakan dua metode pencampuran dalam rangkaian pencampuran antara agregat dengan aspal. Metode pencampuran yang digunakan yaitu konvensional dan dua tahap. Rangkaian pencampuran benda uji berdasarkan dua metode tersebut dijabarkan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

1. Memanaskan aspal. Untuk aspal Pen 60/70 dipanaskan hingga mencapai suhu 160°C - 170°C.
2. Pada tahap pencampuran aspal panas dengan agregat panas terdapat perbedaan antara sebelum mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dan setelah mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Perbedaan kedua pencampuran tersebut antara lain:

a. Penentuan nilai KAO

Proses pembuatan benda uji yang digunakan sebelum mendapatkan nilai KAO dibuat dengan menggunakan metode pencampuran konvensional, yaitu dengan mencampurkan agregat kasar, agregat halus, dan *Filler* yang telah dipanaskan mencapai suhu 170°C. Setelah itu dicampurkan dengan aspal panas sesuai dengan nilai KAO, kemudian diaduk sampai tercampur merata.

b. Campuran pada KAO

Setelah KAO diperoleh, selanjutnya dibuat benda uji dengan dua metode pencampuran, yaitu:

- 1) Untuk membandingkan sampel yang digunakan pada dua metode pencampuran, campuran utama dibuat dengan metode pencampuran secara konvensional sama seperti proses pembuatan benda uji penentuan nilai KAO.
- 2) Campuran kedua dibuat dengan metode pencampuran dua tahap dengan tahapan sebagai berikut:
 - a) Memanaskan agregat kasar yang sebelumnya telah dipisahkan dengan agregat halus dan *Filler* dengan wajan yang berbeda hingga masing-masing agregat mencapai suhu 170°C.
 - b) Mencampurkan agregat kasar terlebih dahulu dengan aspal panas sesuai dengan nilai KAO dan diaduk hingga aspal menutupi seluruh permukaan agregat kasar.
 - c) Setelah itu, dimasukkan agregat halus dan *Filler* yang sebelumnya telah dipanaskan. Kemudian diaduk hingga tercampur merata.
3. Membersihkan cetakan benda uji (*mold*) dan mengolesi bagian dalam cetakan dengan minyak pelumas agar pada saat proses mengeluarkan benda uji dari cetakan lebih mudah dan tidak hancur.
4. Meletakkan selebar kertas minyak sesuai dengan ukuran bagian bawah cetakan, kemudian memasukkan benda uji secara bertahap yaitu tahap pertama memasukkan campuran 1/3 dari volume cetakan dan diratakan

dengan spatula sebanyak 25 kali (15 kali pukulan di pinggir, 10 kali pukulan di tengah), kemudian memasukkan campuran hingga $\frac{2}{3}$ dari volume cetakan dan diratakan dengan spatula sebanyak 25 kali, setelah itu tahap terakhir memasukkan sisa campuran ke dalam cetakan hingga penuh dan diratakan dengan spatula sebanyak 25 kali dan meletakkan selembar kertas minyak di atas permukaan cetakan.

5. Meletakkan cetakan benda uji (*mold*) di atas dudukan pada alat penumbuk. Menumbuk sebanyak 75 kali pukulan di sisi pertama dan menumbuk sebanyak 75 kali di sisi kedua.
6. Mendinginkan benda uji sesudah pemadatan selesai hingga mencapai suhu ruang. Setelah suhu turun, kemudian dilakukan pengeluaran benda uji dari cetakan dengan menggunakan alat *ejector hydraulic pump*, lalu diberi tanda sesuai dengan kadar aspal masing – masing benda uji.

4.4.5 Pengujian *Marshall Test*

Marshall Test bertujuan untuk memperoleh nilai Stabilitas dan kelelahan (*Flow*). Setelah memperoleh hasil dari *Marshall Test*, dilakukan analisis perhitungan untuk mendapatkan nilai kepadatan (*Density*), *Void in Mineral Aggregate (VMA)*, *Void in Total Mix (VITM)*, *Void Filled with Asphalt (VFWA)*, dan *Marshall Quotient (MQ)*. *Marshall Test* dijabarkan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menyiapkan benda uji, lalu dibersihkan dari kotoran-kotoran yang masih menempel,
2. Mengukur ketinggian benda uji sebanyak tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu hasil pengukuran dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm,
3. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya,
4. Benda uji direndam air dengan suhu ruang selama 20-24 jam, hal ini bertujuan untuk membuat benda uji dalam keadaan jenuh air,
5. Timbang benda uji dengan menggunakan timbangan yang sudah dipasang alat untuk menimbang benda uji di dalam air,

6. Keringkan benda uji dengan kain lap sampai permukaan benda uji tidak terdapat air atau kondisi *Saturated Surface Dry (SSD)*,
7. Timbang benda uji dalam kondisi *Saturated Surface Dry (SSD)*,
8. Rendam benda uji ke dalam bak perendam (*waterbath*) selama 30 menit dengan suhu air $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$,
9. Menyiapkan kepala penekan (*test head*), lalu dibersihkan dan diberi minyak pelumas agar kepala penekan dapat meluncur tanpa hambatan,
10. Memasangkan benda uji pada ring dan diletakkan pada piston pendorong,
11. Memasang *flow* meter pada posisi di atas salah satu batang penuntun (*guide road*),
12. Kepala penekan benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,
13. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya (*Flow*),
14. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji, dan
15. Hasil yang sudah didapat dilanjutkan dengan analisis perhitungan selanjutnya.

4.4.6 Pengujian *Immersion Test*

Pada pengujian ini memiliki kesamaan dalam proses pengujian *Marshall Test*. Hal yang berbeda adalah perendaman yang dilakukan pada bak perendam (*Waterbath*) yaitu selama 24 jam. Pengujian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Menyiapkan benda uji, lalu dibersihkan dari kotoran-kotoran yang masih menempel,
2. Merendam benda uji yang sudah diangkat dan ditiriskan dari rendaman air suling yang berada pada waktu 24 jam pada suhu ruang, agar benda uji dalam keadaan yang jenuh air,
3. Menimbang benda uji dalam keadaan yang jenuh air,

4. Mengeringkan benda uji dengan cara menggunakan lap untuk mengeringkannya, lalu benda uji ditimbang di dalam air,
5. Merendam benda uji yang berada di dalam *waterbath* dengan suhu yang sudah ditetapkan 60°C selama 24 jam,
6. Melakukan pengujian *Marshall*,
7. Menganalisis hasil dari pengujian dan membuat pembahasan pengujian.

4.4.7 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Pengujian *Indirect Tensile Strength* adalah sebagai berikut.

1. Membuat benda uji dengan nilai KAO yang telah didapatkan dari pengujian *Marshall*,
2. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian,
3. Mengamati pembacaan dial dan catat hasilnya, dan
4. Menganalisis hasil pengujian dan dibuat pembahasan pengujian

4.4.8 Pengujian *Indirect Retained Strength*

Pengujian *Indirect Retained Strength* adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan benda uji yang telah melalui tahapan dari perendaman dalam air pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ dengan durasi waktu pada perendaman 24 jam serta benda uji dengan durasi perendaman 2 jam dalam air pada suhu $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$.
2. Melakukan penimbangan terhadap benda uji yang telah disiapkan.
3. Mengolah data dengan membandingkan antara benda uji tersebut.
4. Membuat pembahasan serta menyusun kesimpulan dari hasil uji penelitian.

4.4.9 Pengujian *Tensile Strength Ratio*

Pengujian *Tensile Strength Ratio* adalah sebagai berikut.

1. Membuat benda uji dengan nilai KAO yang telah didapatkan dari pengujian *Marshall*,

2. Untuk benda uji *TSR*, benda uji direndam terlebih dahulu di dalam bak perendam (*waterbath*) dengan suhu air $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam,
3. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian,
4. Mengamati pembacaan dial dan catat hasilnya, dan Menganalisis hasil pengujian dan dibuat pembahasan pengujian

4.4.10 Pengujian *Cantabro Loss*

Pengujian *Cantabro Loss* adalah sebagai berikut.

1. Membuat benda uji dengan nilai *KAO* yang telah didapatkan dari pengujian *Marshall*,
2. Menimbang benda uji dengan timbangan sebelum dilakukan pengujian,
3. Memasukkan benda uji ke dalam mesin *Los Angeles*,
4. Menjalankan mesin *Los Angeles* dan mengatur putaran mesin sebanyak 300 putaran,
5. Menimbang benda uji setelah pengujian, dan
6. Menganalisis hasil pengujian dan dibuat pembahasan pengujian

4.4.11 Pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)*

Pengujian *Asphalt Flow Down* adalah sebagai berikut.

1. Cetakan berupa nampan dengan ukuran permukaan 20x40 cm dilapisi dengan kertas aluminium foil atau kertas/karton, berat cetakan + kertas tersebut ditimbang dan dicatat (m1).
2. Selanjutnya dibuat campuran beraspal seberat ± 1200 gr dan setelah tercampur merata dituangkan diatas cetakan yang telah dilapisi sebelumnya, permukaannya diratakan dan dicatat beratnya (m2).
3. Cetakan yang telah berisi campuran aspal tersebut dimasukkan kedalam oven dengan suhu $\pm 160^{\circ}\text{C}$ semalam ± 60 menit.

4. Cetakan dikeluarkan dari dalam oven dan campuran beraspal tersebut dituangkan secara cepat, kemudian berat cetakan berikut campuran beraspal yang melekat pada aluminium foil/ kertas ditimbang dan dicatat (m3).
5. Prosedur diulangi sesuai kebutuhan.

4.5 Analisis Data

1. Analisis Karakteristik pengujian *Marshall*

Dari pengujian *Marshall* diperoleh data sebagai berikut.

- a. Berat benda uji sebelum direndam (gram)
- b. Berat benda uji di dalam air (gram)
- c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh (gram)
- d. Tebal benda uji rata-rata (cm)
- e. Pembacaan dial Stabilitas (Kg)
- f. Pembacaan dial kelelehan (*flow*) (mm).

Nilai-nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung dengan metode Persamaan

4.2 dan Persamaan 4.3 sebagai berikut.

a) Berat jenis Aspal

$$BJ \text{ Aspal} = \frac{C-A}{(B-A)-(D-C)} \quad (4.2)$$

dengan :

A = berat piknometer dengan penutup (gram),

B = berat piknometer berisi air (gram),

C = berat piknometer berisi aspal (gram), dan

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram).

b) Berat jenis Agregat

$$BJ \text{ Agregat} = \frac{(A. F1)+(B. F2)}{100} \quad (4.3)$$

dengan :

A = persentase agregat kasar (%),

B = persentase agregat halus,

F1 = berat jenis agregat kasar, dan

F2 = berat jenis agregat halus.

- c) Nilai-nilai Stabilitas menggunakan Persamaan 3.1
 - d) Kelelehan (*flow*) dibaca dari pembacaan arloji kelelehan.
 - e) *Void in Mineral Aggregate (VMA)* menggunakan Persamaan 3.6
 - f) *Void in Total Mix (VITM)* menggunakan Persamaan 3.7
 - g) *Void Filled with Asphalt (VFWA)* menggunakan Persamaan 3.9
 - h) *Marshall Quotient (MQ)* menggunakan Persamaan 3.10
 - i) Analisis Kadar Aspal Optimum (KAO)
2. Pemilihan KAO pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC – BC)* pada campuran ini ditentukan pada karakteristik pada hasil pengujian *Marshall* yang memenuhi kriteria parameter berikut ini.
- a. *Void in Total Mix (VITM)* dengan syarat minimum 4% dan maksimum 5%.
 - b. *Void in Mineral Aggregate (VMA)* dengan syarat minimum 17%.
 - c. Kadar aspal campuran dengan syarat minimum 6%.
 - d. Pelelehan (*flow*) dengan syarat minimum 2mm dan maksimum 4,5mm
- Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* tersebut telah memenuhi parameter, maka diperoleh batas maksimum dan minimum. Nilai kadar aspal optimum didapatkan dari nilai tengah antara batas maksimum dan batas optimum.
3. Analisis Uji Perendaman (*Immersion Test*)
 Nilai *Index of Retained Strength* diperoleh dari hasil *IMMERSION* test kemudian analisis data menggunakan Persamaan 3.10
4. Analisis Uji *Indirect Tensile Strength (ITS)*
 Nilai *Indirect Tensile Strength* adalah kuat tarik maksimum, yang dihitung dari puncak beban kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.11
5. Analisis Uji *Indirect Retained Strength (IRS)*
 Nilai *Indirect Retained Strength* adalah menunjukkan nilai benda uji setelah mengalami proses perendaman menggunakan Persamaan 3.12
6. Analisis Uji *Tensile Strength Ratio (TSR)*

Nilai *Tensile Strength Ratio* adalah kuat tarik maksimum untuk benda uji conditioned kemudian analisis data menggunakan Persamaan 3.13.

7. Analisis Uji *Cantabro Loss*

Nilai *Cantabro Loss* adalah uji keausan menggunakan mesin *Los Angeles* kemudian analisis data menggunakan Persamaan 3.14.

8. Analisis *T-Test*

Pada penelitian ini menggunakan metode analisis *T-Test* yang bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi akibat dari perbedaan metode pencampuran secara konvensional dan secara dua tahap pada perkerasan *Asphalt Concrete - Binder Course* Sehingga hipotesis matematika yang digunakan pada analisis data penelitian ini adalah Persamaan 4.4 dan Persamaan 4.5 sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad (4.4)$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \quad (4.5)$$

dengan :

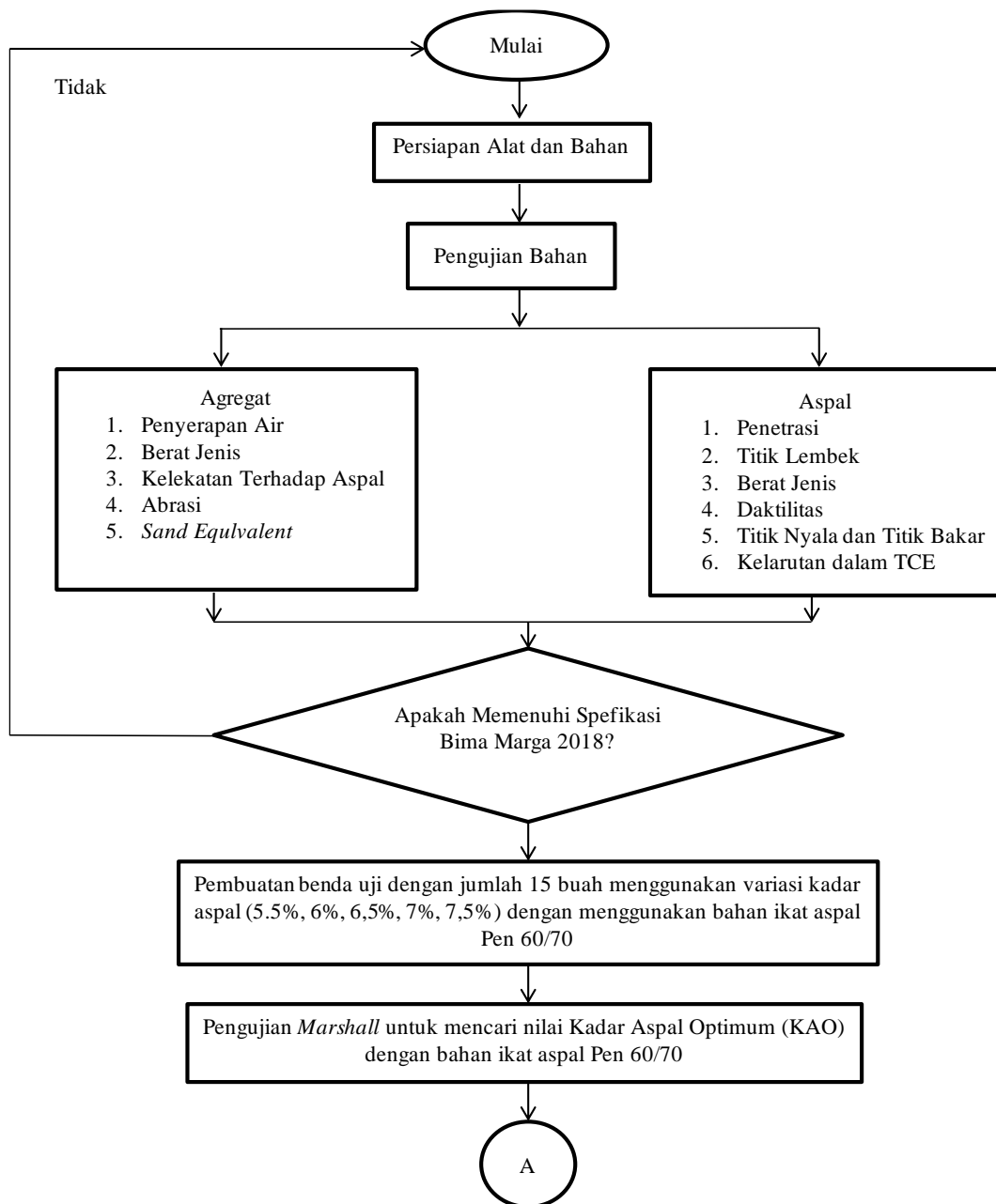
H_0 = tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap karakteristik campuran *AC - BC* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 akibat adanya perbedaan metode pencampuran, dan

H_1 = ada perbedaan signifikan terhadap karakteristik campuran *AC - BC* dengan aspal bahan ikat aspal Pen 60/70 akibat adanya perbedaan metode pencampuran.

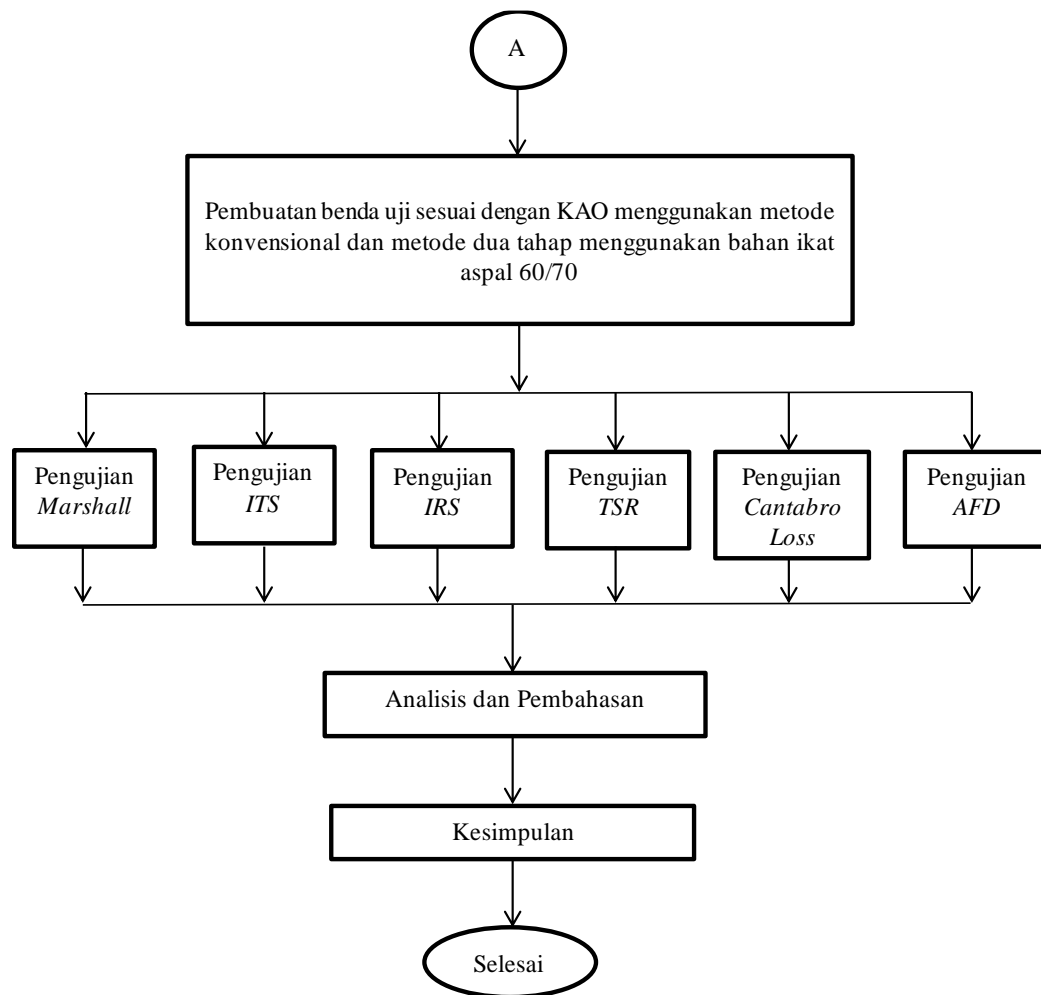
Jika nilai rasio uji yang didapat berada di daerah penerimaan maka H_0 diterima, begitu juga sebaliknya jika nilai rasio uji yang didapat berada di daerah penolakan maka H_1 diterima dan H_0 ditolak.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian merupakan represents visual yang menggambarkan rangkaian atau proses langkah – langkah dalam penelitian dengan cara yang ringkas dan mudah di pahami. Bagan alir penelitian dapat di lihat pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.2 Lanjutan Bagan Alir Pengujian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Pengujian Perbandingan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap kinerja *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, pengujian ini meliputi pemeriksaan sifat fisik material agregat dan aspal, menentukan kadar aspal optimal dan masing-masing pengikat aspal, serta melakukan pengujian dengan menggunakan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap. Hasil yang diperoleh untuk setiap pengujian adalah sebagai berikut

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat dan *Filler*

Pengujian Karakteristik Agregat dan *Filler* berpedoman pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian agregat kasar, agregat halus, dan *Filler* dan bahan yang digunakan berasal dari Clereng, Kulonprogo, Yogyakarta. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, dan Tabel 5.3.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Berat Jenis	2,63	Min. 2,5	Memenuhi
2	Penyerapan Air oleh Agregat (%)	2,22	Maks. 3	Memenuhi
3	Penyerapan Aspal oleh Agregat (%)	95,5	Min. 95	Memenuhi
4	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i> (%)	16,62	Maks. 40	Memenuhi

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Berat Jenis	2,81	Min. 2,5	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	1,31	Maks. 3	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	71,24	Min. 95	Memenuhi

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian *Filler*

No.	Jenis Pengujian	Jenis	Hasil
1	Berat Jenis	<i>Filler Clereng</i>	2,55

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian Karakteristik aspal menggunakan aspal penetrasi 60/70 yang sudah di sediakan pada Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian karakteristik aspal penetrasi 60/70 dapat di lihat pada Tabel 5.4

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Berat Jenis	1,06	$\geq 1,0$	Memenuhi
2	Penetrasi (mm)	65,5	60-70	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	165,0	≥ 100	Memenuhi
4	Titik Nyala (°C)	344,0	≥ 232	Memenuhi
5	Titik Bakar (°C)	349,0	≥ 225	Memenuhi
6	Kelarutan <i>TCE</i> (%)	99,7	≥ 99	Memenuhi
7	Titik Lembek (°C)	48,0	≥ 48	Memenuhi

5.1.3 Hasil Pengujian *Marshall* Test Pencampuran AC – BC untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian *Marshall* untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) di dapatkan dari nilai karakteristik *Marshall* seperti Stabilitas Stabilitas (*Stability*), kelelahan (*Flow*), kepadatan (*Density*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), *VITM*

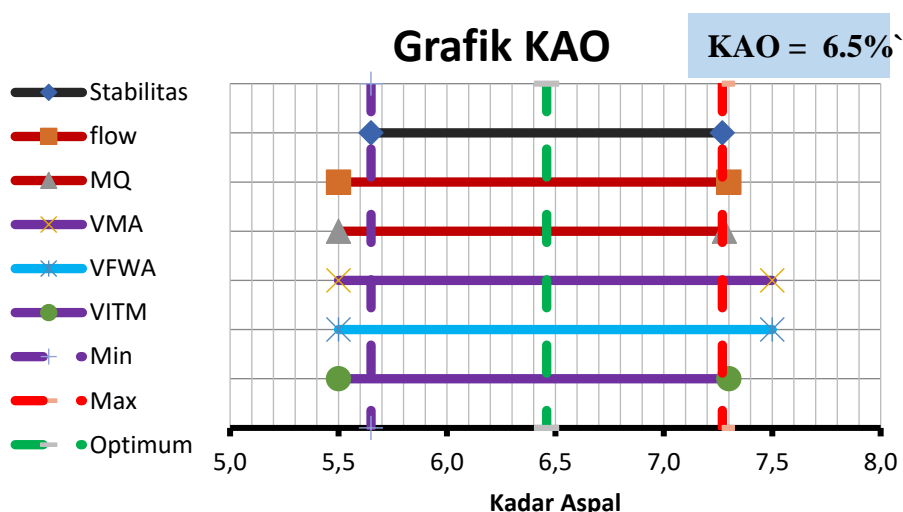
(Void in the Total Mix), VFWA (Void Filled With Asphalt), dan MQ (Marshal Quotient).

Kriteria tersebut akan di bandingkan dengan pengujian *Marshall* yang di lakukan sehingga di dapat nilai batas maksimum dan batas minimum dan di dapat nilai tengah sebagai KAO. Hasil dari pengujian *Marshall* menggunakan bahan ikat Penetrasi 60/70 dapat di lihat pada Tabel 5.5

Tabel 5. 5 Kadar Aspal Optimum untuk Bahan Ikat Aspal Pen 60/70 dari hasil Pengujian *Marshall*

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5,5	699,278	2,8	254,37	4,66	71,65	16,44	2,2650
6	998,806	2,9	346,70	4,27	75,00	17,09	2,2593
6,5	1258,509	3,5	363,60	3,73	78,82	17,60	2,2573
7	926,391	3,7	252,68	3,18	82,45	18,10	2,2555
7,5	694,294	4,2	164,96	2,75	85,32	18,71	2,2510
Spesifikasi	> 800	2.0 - 4.0	< 400	3.0 - 5.0	>65	>15	

Berdasarkan Tabel 5.5 di atas maka selanjutnya di cari batas maksimum dan batas minimum untuk mencari KAO yang di gunakan pada campuran. Batas maksimum dan batas minimum dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5. 1 Kadar Aspal Optimum Aspal Pen 60/70

Berikut merupakan rekapitulasi nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum

Jenis Aspal	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
Aspal Pertamina Pen 60/70	5,65	7,27	6,46

Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) didapatkan dengan cara mencari nilai tengah dari batas maksimum dan batas minimum pada aspal rencana sesuai dengan persyaratan berdasarkan nilai Stabilitas (*Stability*), kelelehan (*flow*), kepadatan (*Density*), *Voids in Mineral Aggregate (VMA)*, *Voids in Total Mix (VITM)*, *Voids Filled with Asphalt (VFWA)*, dan *Marshall Quotient (MQ)*. Pada pengujian ini kadar aspal yang digunakan kadar aspal 5,5% - 7,5% di sebabkan pada saat mencari kadar aspal rencana sebelumnya di terjadi kesalahan pada agregat halus sehingga didapatkan hasil 6,1% pada kadar aspal rencana. karena Berdasarkan pengujian selanjutnya dapat diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,46% terhadap berat total campuran, sehingga kadar aspal yang akan di gunakan adalah 6,5%.

5.1.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kebutuhan agregat yang akan di gunakan pada kadar aspal optimum, di lakukan perhitungan sehingga dapat di jadikan sebagai acuan dalam pembuatan benda uji yang di gunakan dalam pengujian. Hasil perhitungan untuk kebutuhan kadar Aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5. 7 Kebutuhan Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal Optimum

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (Gram)	
In	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1"	25	100	100	100	0	0,00	0,00
3/4"	19	90	100	95	5	56,70	56,70
1/2"	12,5	75	90	82,5	17,5	141,75	198,45
3/8"	9,5	66	82	74	26	96,39	294,84
No.4	4,75	46	64	55	45	215,46	510,30
No. 8	2,36	30	49	39,5	60,5	175,77	686,07
No.16	1,18	18	38	28	72	130,41	816,48
No.30	0,6	12	28	20	80	90,72	907,20
No.50	0,3	7	20	13,5	86,5	73,71	980,91
No.100	0,1	5	13	9	91	51,03	1031,94
No.200	0,08	4	8	6	94	34,02	1065,96
<i>Filler</i>				0	100	68,04	1134,00

5.1.5 Hasil Pengujian Campuran AC – BC pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Hasil pengujian pada campuran AC – BC pada kadar aspal optimum meliputi pengujian *Marshall Test*, *Index of Retained Strength (IRS)*, Indeks Durabilitas (*Durability*), *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Cantabro Loss* dan *Asphalt Flow Down (AFD)*. Pengujian tersebut dilakukan menggunakan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.8 Sampai Tabel 5.14

Tabel 5. 8 Hasil Pengujian *Marshall Test* Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
Konvensional	1258,5087	2,755	456,64	4,00	77,59	17,83	2,2510
Dua Tahap	1296,8416	2,725	476,02	3,95	77,80	17,80	2,2506
Spesifikasi	>800	>2	>200	3-5	>65	>14	>2

Tabel 5. 9 Hasil Pengujian *Index of Retained Strength (IRS)* Menggunakan Dua Metode Pencampuran

Metode Pencampuran	Stabilitas 30 Menit	Stabilitas 24 Jam	<i>IRS</i>
	Kg	Kg	%
Konvensional	1258,51	859,72	68,31
Dua Tahap	1296,84	926,70	71,46

Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Indeks Durabilitas Menggunakan Dua Metode Pencampuran

Metode Pencampuran	Indeks Kekuatan Sisa (%)	Indeks Durabilitas Pertama (%)	Indeks Durabilitas Kedua (%)
Konvensional	68,31	1,348	15,514
Dua Tahap	71,46	1,215	13,974

Tabel 5. 11 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* Menggunakan Dua Metode Pencampuran

Metode Pencampuran	<i>Indirect Tensile Strength</i> (kg/cm ²)
Konvensional	11,824
Dua Tahap	20,283

Tabel 5. 12 Hasil Pengujian *Tensile Strength Ratio (TSR)* Menggunakan Dua Metode Pencampuran

Metode Pencampuran	<i>Tensile Strength Ratio</i> (%)
Konvensional	84,87
Dua Tahap	87,83

Tabel 5. 13 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* Menggunakan Dua Metode Pencampuran

Metode Pencampuran	<i>Cantabro Loss</i> (%)
Konvensional	3,67
Dua Tahap	3,41

Tabel 5. 14 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)* Menggunakan Dua Metode Pencampuran

Metode Pencampuran	<i>Asphalt Flow Down</i> (%)
Konvensional	0,31
Dua Tahap	0,20

5.1.6 Hasil Analisis Statistik *T-Test*

Statistik *T-Test* memperoleh hasil analisis berupa data uji yang mencakup karakteristik *Marshall Test*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Index of Retained Strength (IRS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down* melalui metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran konvensional pada karakteristik campuran *Asphalt concrete – Binder Course (AC – BC)*. Berikut data hasil rekapitulasi analisis statistik menggunakan *T-Test* dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.16

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik *T-Test* Untuk Pengaruh Metode Dua dan Metode Konvensional Terhadap Karakteristik *Marshall Test*

Parameter	Keterangan	Hasil
Stabilitas	H_0 ditolak	Signifikan
<i>Flow</i>	H_0 ditolak	Signifikan
<i>Density</i>	H_0 ditolak	Signifikan
<i>VMA</i>	H_0 ditolak	Signifikan
<i>VITM</i>	H_0 ditolak	Signifikan
<i>VFWA</i>	H_0 ditolak	Signifikan
<i>MQ</i>	H_0 diterima	Tidak Signifikan

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik *T-Test* Untuk Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Index of Retained Strength (IRS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down (AFD)*

Parameter	Keterangan	Hasil
<i>ITS</i>	H_0 diterima	Tidak Signifikan
<i>IRS</i>	H_0 ditolak	Signifikan
<i>IDP</i>	H_0 ditolak	Signifikan
<i>IDK</i>	H_0 ditolak	Signifikan
<i>TSR</i>	H_0 diterima	Tidak Signifikan
<i>Cantabro</i>	H_0 diterima	Tidak Signifikan
<i>AFD</i>	H_0 diterima	Tidak Signifikan

5.2 Pembahasan

5.2.1 Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar di dapatkan pembahasan sebagai berikut

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat merupakan berat satuan volume agregat dengan berat volume air yang terjadi pada suhu tertentu. Berat jenis memiliki data hasil berupa berat uji dalam keadaan jenuh (*BJ*), berat benda di dalam air (*BA*), dan berat benda dalam keadaan dikeringkan oven (*BK*). Hasil pengujian berat jenis agregat kasar pada penelitian ini di dapatkan 2,63 gr/cm² yang sudah memenuhi dalam persyaratan Bina Marga 2018 yaitu > 2,5 gr/cm².

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air oleh agregat mengacu pada kemampuan material untuk menyerap air yang dapat masuk melalui pori – pori atau rongga pada agregat. Agregat dengan pori – pori yang lebih kecil membutuhkan lebih sedikit aspal karena nilai penyerapannya lebih rendah. Hasil penyerapannya agregat terhadap air sebesar 2,22 %, dari hasil yang di dapatkan sudah memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu <3%.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Tujuan dari pengujian kelekatan agregat terhadap aspal adalah untuk mengetahui persentase luas permukaan agregat yang tertutup aspal. Hasil pengujian kelekatan yang dilakukan menghasilkan nilai 95,5%. Nilai ini memenuhi persyaratan Bina Marga untuk kelekatan agregat terhadap aspal yaitu lebih besar dari 95%.

4. Keausan menggunakan Mesin *Los Angeles*

Mesin *Los Angeles* digunakan untuk menguji abrasi agregat kasar. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai keausan agregat akibat abrasi. Perhitungan didasarkan pada perbandingan antara berat material aus yang dapat melewati saringan No.12 dengan berat aslinya. Hasil pengujian adalah 16,62%, yang sudah memenuhi persyaratan Bina marga, yaitu <40%.

5.2.2 Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus di dapatkan pembahasan sebagai berikut

1. Berat Jenis Agregat Halus

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap air pada suhu tertentu. Data berat jenis yang diperiksa adalah berupa berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (*BJ*), berat benda dalam air (*BA*), dan berat benda uji dikering oven (*BK*). Dan pada hasil pengujian berat jenis agregat kasar pada penelitian ini didapatkan sebesar 2,81 gr/cm², yang artinya telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018

2. Penyerapan Air oleh Agregat Halus

Penyerapan air oleh agregat adalah tingkat suatu bahan dalam menyerap air, rongga atau pori agregat. Pada penelitian ini di dapatkan hasil penyerapan agregat terhadap air sebesar 1,31% Dari hasil yang di dapatkan bahwa penyerapan air oleh agregat telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018.

3. *Sand Equivalent*

Sand equivalent adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui persentase nilai kadar debu dan lumpur pada agregat halus. Nilai kadar debu dan lumpur sangat berpengaruh pada kualitas campuran. Hasil yang didapat pada pengujian sand equivalent ini adalah sebesar 90,61%, yang artinya agregat halus yang digunakan bersih dan terbebas dari kotoran debu dan lumpur, dan telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018

4. *Filler*

Filler merupakan agregat halus yang telah lolos saringan No. 200. Pada penelitian ini digunakan *Filler* abu batu.

5.2.3 Karakteristik Aspal

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah berat perbandingan antara berat aspal dalam satuan volume terhadap volume. Nilai berat jenis aspal sangat berpengaruh terhadap pertimbangan dalam merancang pencampuran agregat dan aspal, terutama dalam penentuan kadar aspal. Hasil pengujian berat jenis aspal pada pengujian ini menunjukkan nilai sebesar 1,06 gr/cc Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu $\geq 1,0$ gr/cc.

2. Penetrasi Aspal

Penetrasi aspal adalah tingkat nilai kekerasan pada aspal yang menunjukkan semakin kecil nilai penetrasinya maka semakin keras aspal tersebut, begitupun sebaliknya. Hasil yang didapat pada pengujian penetrasi aspal di suhu 25°C ini adalah sebesar 65,5 mm, yang artinya telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu antara 60 mm sampai dengan 70 mm.

3. Daktilitas Aspal

Nilai daktilitas aspal menunjukkan tingkat kekenyalan pada aspal. Nilai daktilitas akan mempengaruhi nilai fleksibilitas campuran, fleksibilitas campuran ini merupakan kemampuan suatu campuran dalam menahan beban yang akan diterima tanpa mengalami kerusakan. Hasil pengujian ini

menunjukkan nilai daktilitas aspal sebesar 165 cm Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu ≥ 100 cm.

4. Titik Nyala Aspal

Titik nyala aspal adalah nilai titik nyala aspal dalam satuan temperatur yang menunjukkan batas suhu dimana aspal mulai memercikkan api dalam waktu singkat. Aspal memiliki sifat thermoplastic yaitu sifat fisik aspal dapat berubah-ubah tergantung perubahan suhu yang terjadi. Hasil yang didapat pada pengujian titik nyala aspal adalah sebesar 344°C , yang artinya telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu sebesar $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

5. Titik Bakar Aspal

Nilai titik bakar aspal menunjukkan batas temperatur di mana aspal mulai menimbulkan api yang terlihat menyala ± 5 detik pada permukaan aspal. Pengujian ini dilakukan karena adanya sifat aspal yang termoplastik atau kekentalan aspal yang dapat berubah-ubah sesuai perubahan suhu. Hasil pengujian titik bakar aspal pada penelitian ini menunjukkan nilai titik bakar aspal sebesar 349°C . Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

6. Kelarutan dalam *Trichloroethylene (TCE)*

Kelarutan aspal dalam *TCE* adalah nilai persentase banyaknya aspal yang larut dalam larutan Trichloroethylene yang mempengaruhi kemampuan aspal dalam mengikat agregat. Hasil yang didapat pada pengujian kelarutan aspal dalam *TCE* adalah sebesar 99,7%, yang artinya telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu sebesar $\geq 99\%$.

7. Titik Lembek Aspal

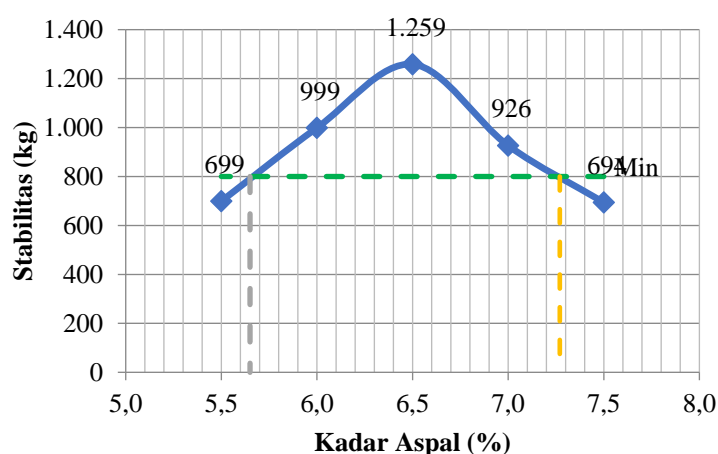
Nilai yang diperoleh dari titik lembek menunjukkan batas temperatur aspal mulai menjadi lunak atau lembek. Hasil titik lembek dari penelitian ini sebesar 48°C yang telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu sebesar $\geq 48^{\circ}\text{C}$.

Hasil yang di dapat dari pengujian aspal sudah memenuhi spesifikasi persyaratan yang berlaku, dapat digunakan dengan layak sebagai bahan campuran penelitian

5.2.4 Tinjauan Karakteristik *Marshall* Campuran AC - BC untuk Mendapatkan Kadar Aspal Optimum

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan tingkat kemampuan lapis perkerasan dalam menahan beban lalu lintas sampai mengalami deformasi atau kelelahan plastis. Nilai Stabilitas dipengaruhi oleh kadar aspal dan terus meningkat sampai batas tertentu yang disebut batas optimum. Kemudian turun setelah melampaui batas optimum. Grafik perbandingan nilai Stabilitas dan kadar aspal pada campuran AC – BC dapat lihat pada Gambar 5.2 berikut ini

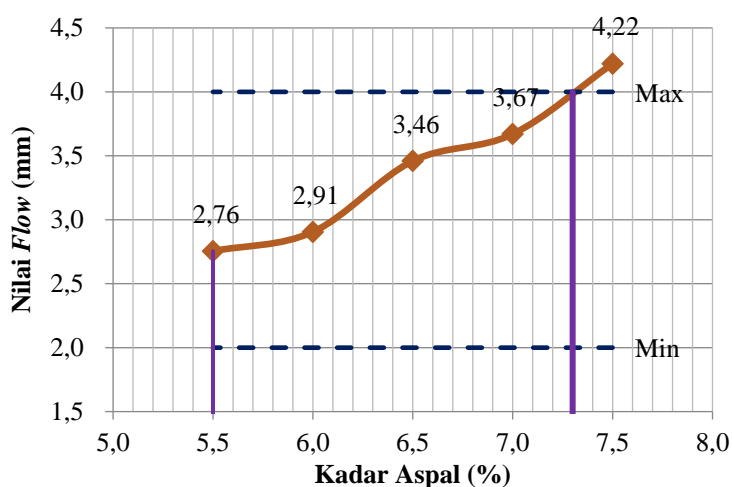


Gambar 5. 2 Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

Dari grafik Gambar 5.2 dapat di lihat bahwa Stabilitas memiliki nilai maksimum, dan setelah itu mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh penggunaan kadar aspal yang meningkat sehingga mempengaruhi kekakuan campuran, dikarenakan jika semakin banyak kadar aspal yang digunakan maka perkerasan tersebut akan menjadi semakin lunak dan akan berakibat perkerasan tersebut mengalami *Rutting*. Begitupun sebaliknya, jika kadar aspal yang digunakan sedikit maka perkerasan tersebut akan memiliki sifat yang plastis dan mudah terjadinya kerusakan. Stabilitas berada di atas syarat minimum menurut Bina Marga 2018 yaitu nilai Stabilitas > 800

2. *Flow*

Nilai *Flow* digunakan untuk mengetahui deformasi vertikal atau perubahan bentuk plastis yang terjadi pada campuran perkerasan dari awal pembebanan sampai dengan nilai Stabilitas menurun. Nilai *Flow* dinyatakan dalam satuan Panjang. Hasil pengujian nilai *Flow* dapat dilihat pada Gambar 5.3



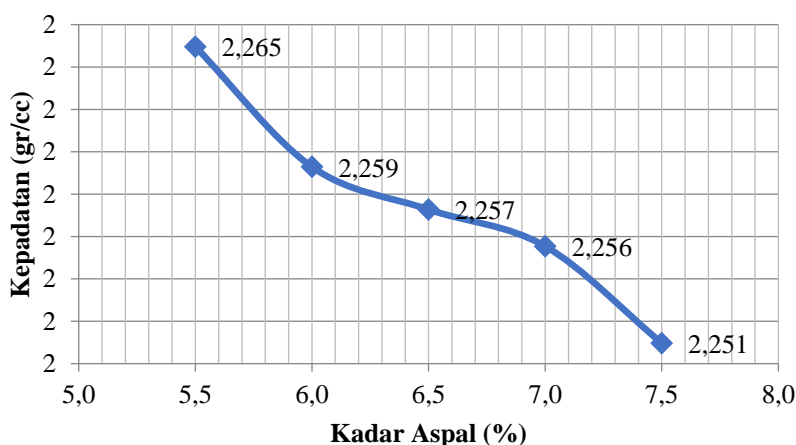
Gambar 5. 3 Nilai Kelelahan Guna mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari Gambar 5.3 dapat di lihat bahwa nilai kelelahan yang di peroleh mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan kadar aspal. Hasil tersebut di karenakan campuran yang bersifat plastis sehingga mudah mengalami perubahan bentuk akibat adanya pembebanan. *flow* yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu pada kadar aspal 6% sampai 7,5% yang berada di antara 2 mm sampai 4 mm.

3. Kepadatan (*Density*)

Nilai *Density* merupakan tingkat kepadatan berupa nilai berat volume suatu perkerasan agregat dan aspal. Apabila nilai *Density* semakin tinggi maka campuran mampu menahan beban lebih baik karena rongga di dalam campuran dapat mengecil dan terjadi gesekan antar agregat yang akan

membesar. Nilai *Density* yang tergolong tinggi juga dapat membuat campuran lebih kedap udara dan air sehingga campuran akan sulit teroksidasi. Hasil pengujian dapat dilihat pada grafik Gambar 5.4



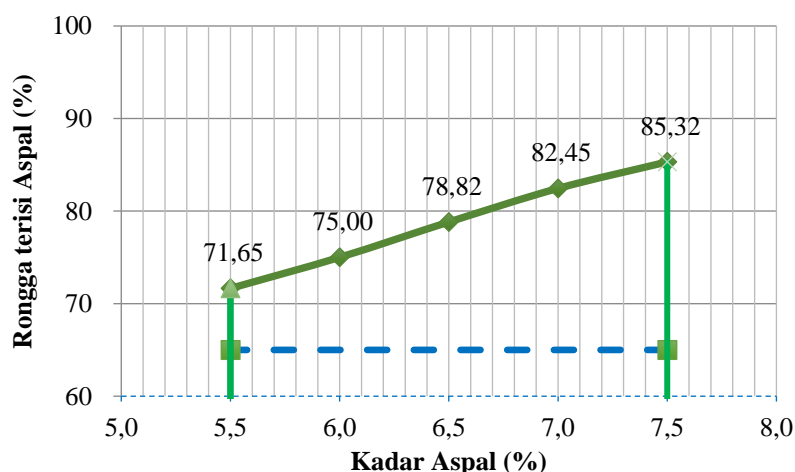
Gambar 5. 4 Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai *Density*

Berdasarkan Gambar 5.4 nilai *Density* mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai *Density* yang didapatkan sudah termasuk dalam persyaratan Bina Marga 2018 yaitu >2 gr/cc. Dengan *Density* tersebut di dapatkan karena penambahan kadar aspal dalam campuran sehingga menyebabkan campuran yang digunakan menjadi lebih rapat dan padat

4. *VFWA (Void Filled with Asphalt)*

VFWA sebuah nilai untuk mengetahui persentase banyak rongga yang terdapat atau terisi oleh aspal dalam sebuah campuran. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi berupa kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadat, jumlah pemadatan, dan temperatur pemadatan. Nilai *VFWA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan banyak rongga campuran terisi sehingga membuat campuran menjadi lentur, akan tetapi jika tidak adanya rongga tersisa maka aspal akan mudah naik kepermukaan di saat temperatur tinggi (*bleeding*). Begitupun sebaliknya, nilai *VFWA* yang terlalu rendah akan menyebabkan campuran bersifat porous atau mudah teroksidasi dikarenakan banyaknya rongga campuran yang tidak terisi sepenuhnya dan

akan berakibat kemampuan ikatan antar agregat berkurang sehingga kekuatannya menjadi rendah. Pada Gambar 5.5 dapat dilihat hasil pengujian nilai *VFWA*

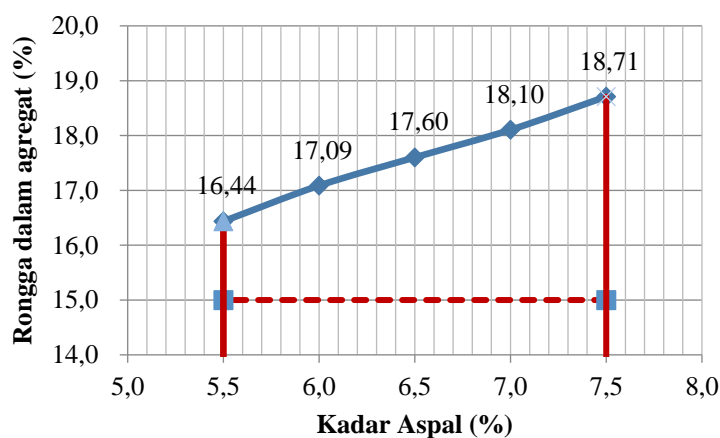


Gambar 5. 5 Hubungan antara Nilai *VFWA* Campuran dengan Kadar Aspal

Berdasarkan Gambar 5.5 didapatkan nilai *VFWA* akan semakin meningkat dengan seiringnya bertambah persen kadar aspal. Hal ini dapat terjadi karena rongga antar partikel dalam agregat semakin terisi aspal. Dengan terisinya rongga tersebut, membuat tahan terhadap air dan semakin rapat. Hasil *VFWA* sudah termasuk dalam spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $>65\%$.

5. *VMA (Void in Mineral Aggregate)*

VMA adalah rongga rongga udara antar butiran agregat dalam campuran agregat yang telah dipadatkan. *VMA* disebut juga dengan ruang untuk menampung aspal dan sebagai rongga yang dibutuhkan dalam campuran agregat aspal. Pada Gambar 5.6 di bawah ini merupakan hasil pengujian nilai *VMA*

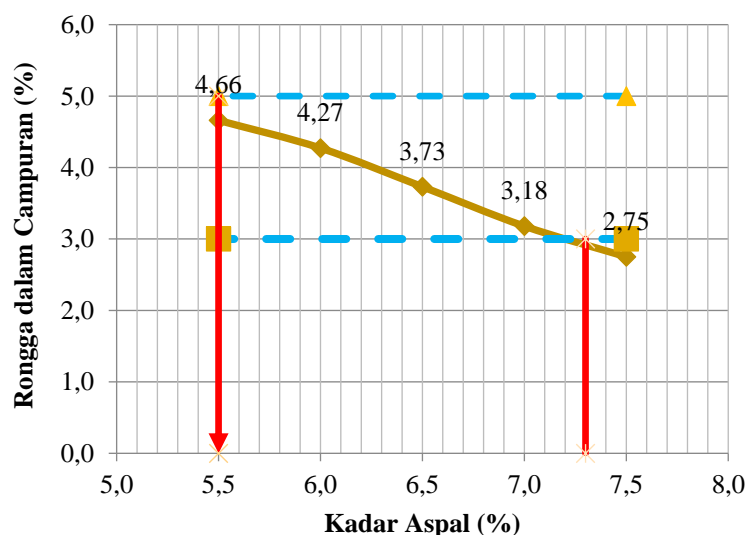


Gambar 5. 6 Hubungan antara Nilai VMA Campuran dengan Kadar Aspal

Berdasarkan Gambar 5.6 didapatkan nilai VMA yang mengalami penurunan sekali dan mengalami kenaikan yang cukup stabil. Hal ini di akibatkan karena rongga campuran semakin pada dan rapat, serta pengikatan agregat dengan aspal lebih baik. Pada grafik di atas dapat dilihat persentase rongga dalam agregat pengujian berada di atas batas minimum yang sudah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu >15 .

6. *VITM (Void in Total Mix)*

Nilai *VITM* memiliki kegunaan untuk mengetahui persentase banyaknya rongga dalam campuran perkerasan. Nilai 0 juga dapat mempengaruhi keawetan pada campuran perkerasan, nilai yang digunakan berdasarkan persyaratan Bina Marga 2018 yaitu nilai antara 3 - 5%. Jika nilai *VITM* $< 3\%$ maka campuran perkerasan tersebut memiliki rongga udara yang rapat dan semakin kedap terhadap air, hal ini dapat menimbulkan terjadinya bleeding. Begitupun sebaliknya, nilai *VITM* $> 5\%$ maka campuran perkerasan tersebut memiliki rongga udara yang besar dan tidak kedap terhadap udara dan air, hal ini dapat menimbulkan terjadinya oksidasi antara agregat dan aspal dan mengurangi keawetannya. Pada Gambar 5.6 Di bawah ini merupakan hasil pengujian nilai *VITM*

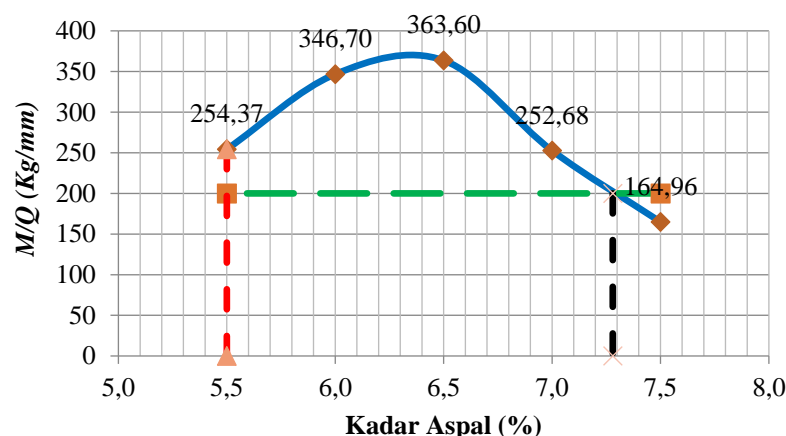


Gambar 5. 7 Hubungan antara Nilai *VITM* dengan Kadar Aspal

Berdasarkan Gambar 5.7 Menunjukkan bahwa hubungan antara nilai *VITM* dengan kadar aspal berbanding terbalik. Semakin tingginya persentase dari kadar aspal dengan berlaku sebaliknya yaitu rendahnya nilai *VITM*. Namun, pada kadar aspal diatas 6,5% melebihi dari spesifikasi yang disyaratkan menurut Bina Marga 2018 yang mana nilai *VITM* minimal sebesar 3% dan maksimal sebesar 5%. Hal ini dapat menyebabkan oksidasi antara agregat dengan aspal. Selain itu, rongga dalam campuran yang cenderung besar juga dapat mengurangi keawetannya

7. *MQ (Marshall Quotient)*

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai Stabilitas dan kelelahan. Nilai *MQ* menunjukkan kelenturan campuran. Apabila nilai *MQ* semakin kecil, maka campuran semakin lentur. Berlaku sebaliknya, jika *MQ* semakin besar maka campuran tersebut semakin kaku. Pada Gambar 5.8 di bawah ini merupakan hasil nilai *MQ*



Gambar 5. 8 Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai MQ

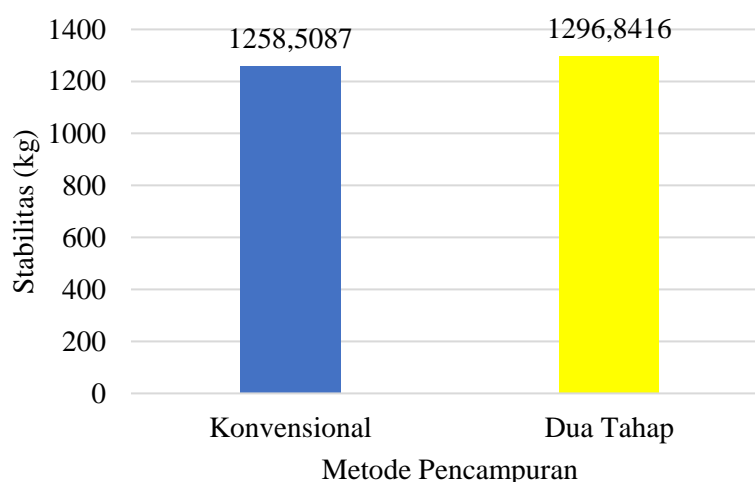
Berdasarkan Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa nilai MQ mengalami kenaikan dan mendapat nilai kekakuan maksimum pada kadar aspal 6,5%. Nilai MQ mengalami kenaikan disebabkan oleh meningkatnya kohesi campuran sehingga campuran menjadi lebih kaku, sedangkan nilai MQ mengalami penurunan disebabkan bertambahnya kadar aspal yang menyebabkan campuran menjadi plastis. Nilai MQ dapat dipengaruhi oleh bentuk agregat, gradasi, tekstur permukaan, temperatur, dan jumlah pemadatan. Nilai MQ yang >200 sudah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018.

5.2.5 Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap terhadap Karakteristik *Marshall* pada Campuran Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* pada campuran AC – BC diperoleh nilai KAO aspal Pen 60/70 sebesar 6,33%. Setelah diperoleh nilai KAO, selanjutnya dilakukan pembuatan spesimen dalam 2 metode pencampuran, yaitu dengan metode pencampuran secara konvensional dan metode pencampuran dua tahap berdasarkan pada pelapisan awal agregat kasar dengan jumlah bahan ikat aspal yang sesuai dengan KAO. Selanjutnya pembahasan dari hasil pengujian dapat dilihat sebagai berikut.

1. Analisis Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Dua Tahap Kadar Aspal Terhadap Stabilitas (*Stability*)

Setelah melalui rangkaian pengujian, dapat diperoleh grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai Stabilitas menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 yang disajikan pada Gambar 5.9 berikut.



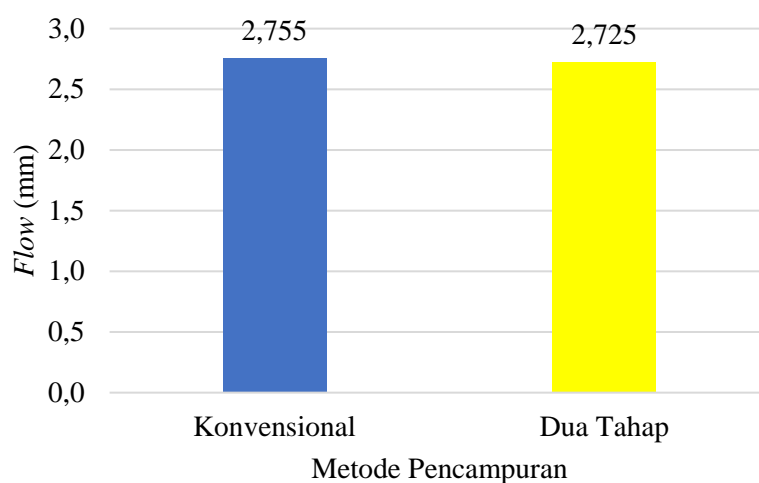
Gambar 5. 9 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap Stabilitas

Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa nilai Stabilitas pada campuran AC – BC menggunakan metode pencampuran dua tahap lebih tinggi dari penggunaan metode pencampuran konvensional. Dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap dapat meningkatkan nilai Stabilitas. Oleh karena itu, campuran memiliki kemampuan lebih tinggi dalam pelayanan beban lalu lintas tanpa adanya perubahan bentuk (deformasi) seperti alur, gelombang, atau *bleeding*. Dengan begitu, dapat meningkatkan durabilitas beton aspal. Hal tersebut terjadi karena metode pencampuran dua tahap dapat mengurangi rongga antar agregat. Sehingga, campuran ini dapat lebih baik dalam menahan beban. Penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan Hidayat (2021) bahwa dengan adanya *interlocking* yang sangat baik pada agregat kasar akibat penggunaan metode pencampuran dua fase dapat memberikan nilai Stabilitas yang tinggi. Kedua

metode pencampuran ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $> 800\text{kg}$.

2. Analisis Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Kelelehan (*Flow*)

Setelah melalui rangkaian pengujian, dapat diperoleh grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *Flow* menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 yang disajikan pada Gambar 5.10 berikut.

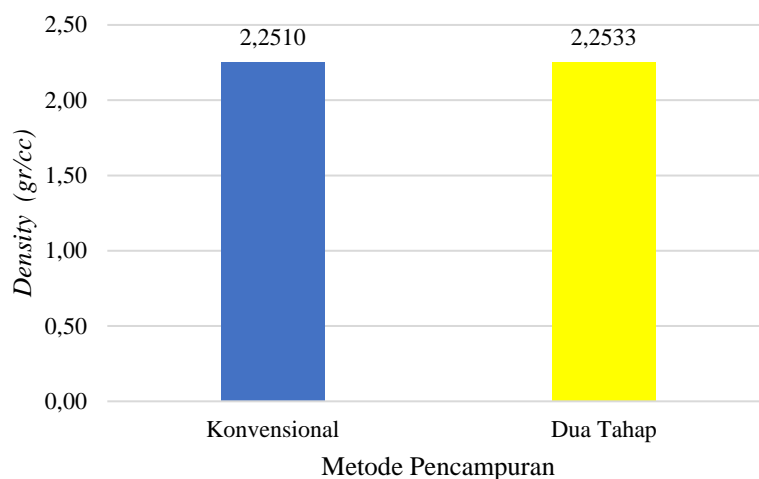


Gambar 5. 10 Grafik Perbandingan Metode Konvensional d Dua Tahap Terhadap *Flow*

Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 5.10 dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan nilai *flow* antara metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran konvensional dimana penggunaan metode pencampuran dua tahap menghasilkan nilai *flow* yang lebih tinggi daripada penggunaan metode konvensional. Dengan tingginya nilai *flow* membuat campuran ini menjadi campuran tidak mudah mengalami perubahan bentuk dan bersifat lebih lentur. Hasil ini sejalan dengan penelitian Hidayat (2020) Hal tersebut dikarenakan rendahnya nilai VITM dengan metode pencampuran dua tahap, sehingga daya ikat antara agregat dan aspal menjadi lebih baik mengakibatkan campuran menjadi lebih kaku, namun cenderung terjadinya cracking. Kedua metode pencampuran ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu antara $>2\text{ mm}$

3. Analisis pengaruh kadar aspal terhadap kepadatan (*Density*)

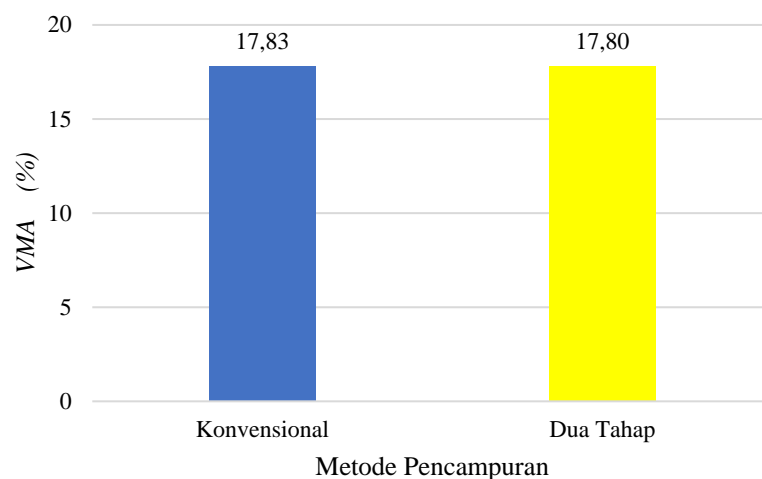
Setelah melalui rangkaian pengujian, dapat diperoleh grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *Density* menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 yang disajikan pada Gambar 5.11.



Gambar 5. 11 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap *Density*

Gambar 5.11 di atas dapat disimpulkan bahwa grafik perbandingan nilai *Density* pada penggunaan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap menghasilkan perbedaan nilai *Density* yang tidak begitu jauh perbedaannya. Hasil yang diperoleh menunjukkan dengan penggunaan metode pencampuran dua tahap lebih tinggi dibandingkan penggunaan metode pencampuran konvensional. Nilai ini dipengaruhi oleh nilai *VITM* yang besaran nilainya juga relatif sama. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Iqbal (2023) perbedaan nilai *density* tidak signifikan pada metode pencampuran dua tahap yang lebih besar. Kedua metode pencampuran masih memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu nilai *Density* > 2 gr/cc.

4. Analisis Pengaruh Kadar Aspal Terhadap *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*)
Setelah melalui rangkaian pengujian, dapat diperoleh grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *VMA* menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 yang disajikan pada Gambar 5.12 berikut.

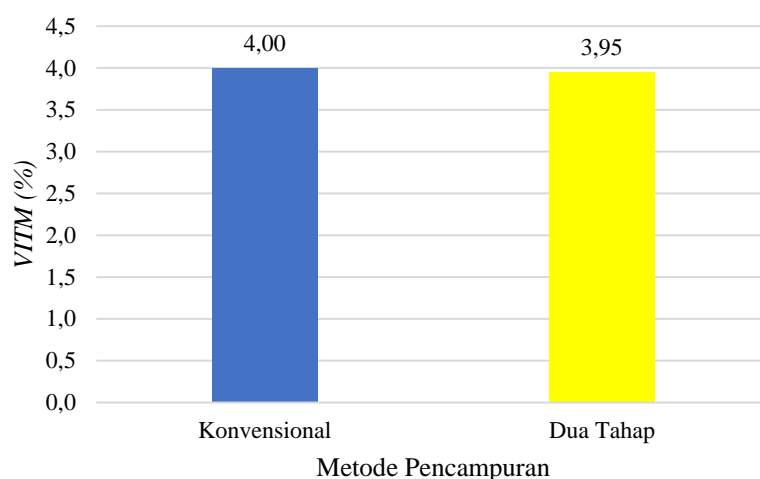


Gambar 5. 12 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap *VMA*

Grafik perbandingan pada Gambar 5.12 di atas dapat diketahui bahwa grafik perbandingan nilai *VMA* dengan penggunaan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap memperoleh perbedaan nilai *VMA* yang tidak begitu sama. Campuran pada penelitian ini menggunakan metode pencampuran dua tahap memperoleh nilai *VMA* lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan metode pencampuran konvensional. Hal ini disebabkan karena metode pencampuran dua tahap dapat membentuk ikatan adhesi yang terus meningkat sejalan dengan penelitian Kok dan Kologlu (2011). Dengan begitu jarak antar butir agregat pada campuran menjadi lebih rapat. Kedua metode pencampuran memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu nilai *VMA* > 17%.

5. Analisis Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai *Void In The Mix (VITM)*

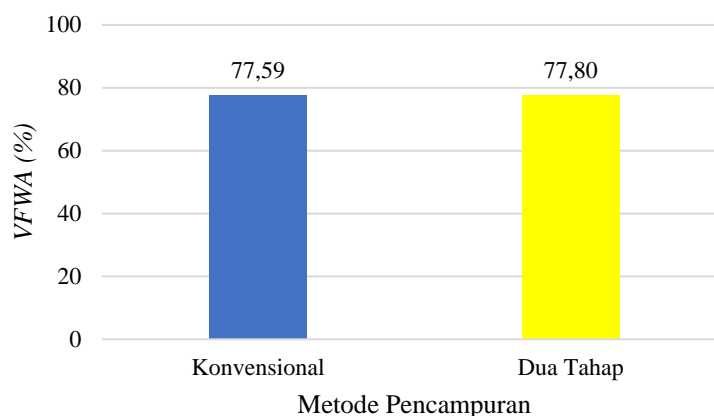
Setelah melalui rangkaian pengujian, dapat diperoleh grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *VITM* menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 yang disajikan pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5. 13 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap *VITM*

Menurut grafik perbandingan pada Gambar 5.13 di atas dapat diketahui bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *VITM* mempengaruhi perbedaan hasil yang tidak begitu signifikan. Namun, penggunaan metode pencampuran dua tahap pada campuran ini memperoleh nilai *VITM* yang lebih rendah daripada penggunaan metode pencampuran konvensional. Kedua metode pencampuran ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu nilai *VITM* antara 3% sampai dengan 5%. Pada metode pencampuran dua tahap mampu mempengaruhi pelapisan permukaan dan pori agregat kasar dapat lebih maksimal. Sehingga, rongga yang tersisa pada campuran akan lebih sedikit. Hal ini sejalan dengan penelitian Hidayat (2021) dalam menggunakan metode pencampuran dua tahap mempengaruhi tebal penyalutan aspal terhadap agregat kasar yang mampu mengisi rongga-rongga kecil secara optimal.

6. Analisis Pengaruh Kadar Aspal Terhadap *VFWA* (*Void Filled with Asphalt*)
Setelah melalui rangkaian pengujian, dapat diperoleh grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *VFWA* menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 yang disajikan pada Gambar 5.14 berikut.



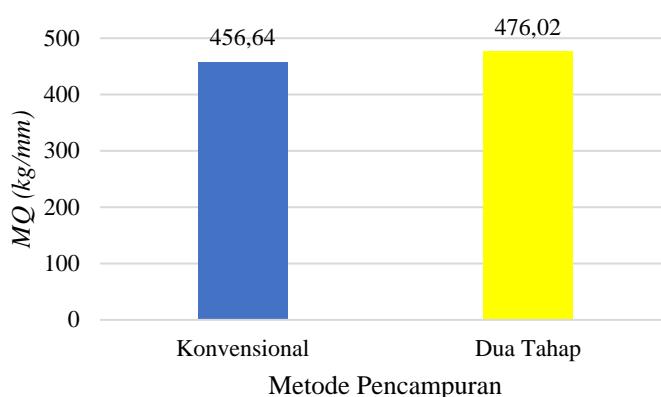
Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap *VFWA*

Grafik perbandingan pada Gambar 5.14 di atas dapat disimpulkan pengaruh metode pencampuran dua tahap pada campuran *AC – BC* memiliki perbedaan nilai *VFWA* yang tidak terlalu terpaut jauh. Penggunaan metode pencampuran dua tahap memperoleh nilai *VFWA* yang lebih tinggi daripada menggunakan metode pencampuran konvensional. Hal ini dikarenakan tingginya volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal akibat dari penggunaan metode pencampuran dua tahap. Hasil ini sejalan dengan penelitian Kok & Kologlu (2011) mengenai pengaruh metode pencampuran dua tahap yaitu dengan menggunakan metode tersebut mampu mengurangi nilai *void* pada campuran sehingga campuran semakin kedap air dan udara. Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (*AC – BC*) menggunakan metode pencampuran dua tahap mempengaruhi banyaknya volume pori yang terisi oleh aspal lebih efektif dan campuran lebih kedap terhadap udara dan air, sehingga campuran perkerasan tersebut lebih sulit teroksidasi.

Kedua metode pencampuran memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu antara 76% sampai dengan 82%.

7. Analisis Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai MQ (*Marshall Quotient*)

Setelah melalui rangkaian pengujian, dapat diperoleh grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai MQ menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 yang disajikan pada Gambar 5.15 berikut.



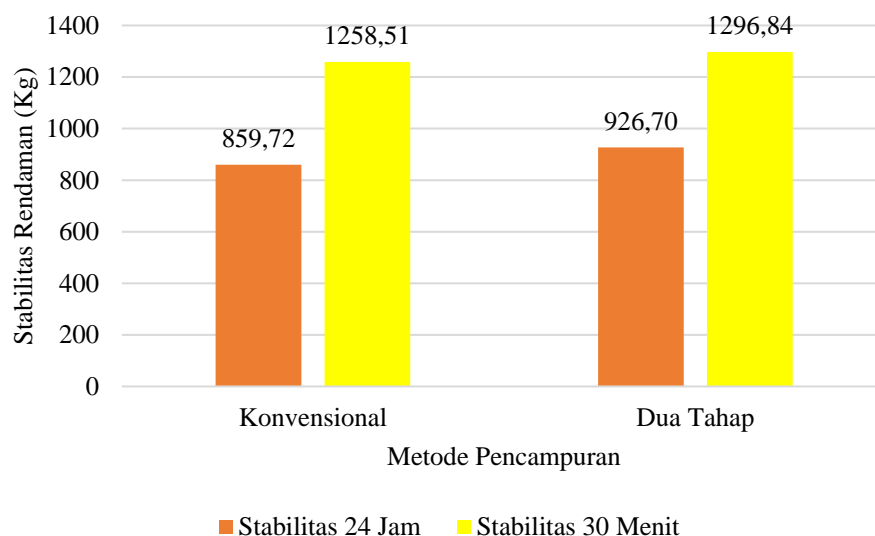
Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Dua Tahap Terhadap MQ

Grafik perbandingan pada Gambar 5.15 di atas dapat disimpulkan nilai MQ campuran $AC - BC$ yang perbedaannya cukup signifikan menggunakan metode pencampuran dua tahap lebih tinggi daripada penggunaan metode pencampuran konvensional. Metode pencampuran yang telah dilakukan ini memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu nilai $MQ > 200$ kg/mm. Dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap mampu dipengaruhi oleh tingginya nilai *flow* dan Stabilitas. Penelitian ini sejalan dengan Wahyudi (2019) yaitu membuat campuran menjadi lebih lentur, kuat terhadap beban, dan tidak mudah mengalami perubahan bentuk plastis.

5.2.6 Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap terhadap Karakteristik *Immersion Test* pada campuran AC – BC

1. Stabilitas Rendaman

Stabilitas rendaman merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran karena adanya pengaruh suhu, cuaca, dan air. Perendaman akan dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu perendaman pada *Waterbath* dengan suhu temperatur sebesar 60°C dalam kurun waktu 0,5 jam dan perendaman pada *Waterbath* dengan suhu temperatur sebesar 60°C dalam kurun waktu 24 jam. Grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai rendaman 0,5 jam dan 24 jam pada campuran AC – BC dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut



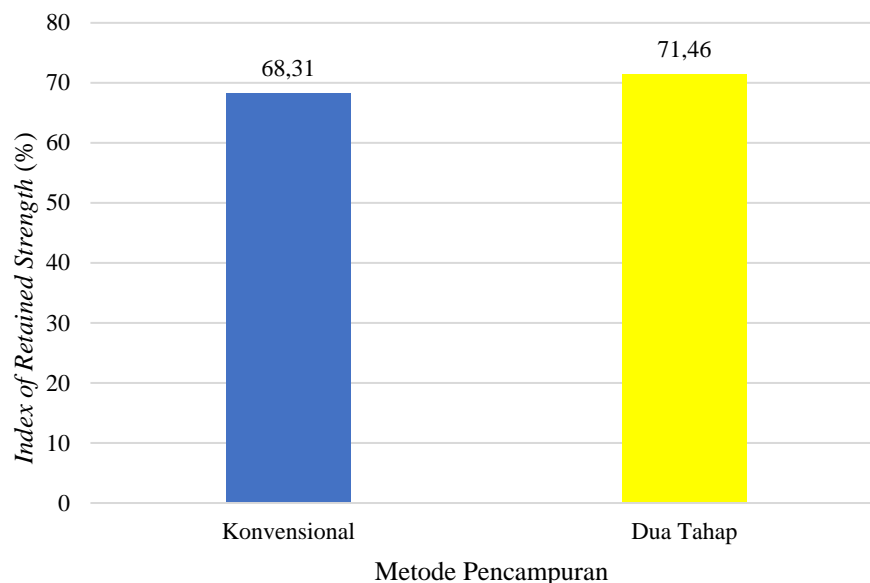
Gambar 5. 16 Grafik Perbandingan antara Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai Stabilitas *Marshall* 0,5 jam dan 24 jam

Nilai Stabilitas pada Gambar 5.16 campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* menjelaskan bahwa turunnya nilai Stabilitas sejalan dengan meningkatnya durasi perendaman pada kedua penggunaan metode pencampuran. Campuran dalam *Waterbath* selama 24 jam lebih rendah daripada rendaman selama 0,5 jam. Hal ini disebabkan ketika proses

perendaman 24 jam di *Waterbath*, pori-pori campuran lebih banyak terisi oleh air dari pada perendaman selama 0,5 jam. Sehingga, dapat mengurangi ikatan antara aspal dan agregat dalam suatu perkerasan. Nilai Stabilitas rendaman pada penggunaan metode pencampuran dua tahap menghasilkan nilai Stabilitas rendaman yang lebih rendah daripada menggunakan metode pencampuran konvensional. Hal ini dipengaruhi oleh pori-pori campuran yang tahan air karena adanya pelapisan awal aspal terhadap agregat kasar. Sehingga, banyak pori pada campuran yang berisikan aspal dan selimut aspal menjadi lebih tebal. Hal ini tertuang pada nilai *VFWA* pada campuran dengan penggunaan metode pencampuran dua tahap yang lebih besar daripada campuran *AC – BC* yang menggunakan metode pencampuran konvensional. Hasil ini sejalan dengan penelitian Kok dan Kologlu (2011) penggunaan metode pencampuran dua tahap menghasilkan campuran yang memiliki keawetan yang baik dan tidak mudah rusak terhadap pengaruh kelembapan.

2. *Index Of Retained Strength (IRS)*

Nilai *IRS* diperoleh melalui proses perendaman pada suhu 60°C dalam kurun waktu selama 24 jam dan 0,5 jam guna mengevaluasi keawetan campuran. Nilai ini diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai Stabilitas selama 24 jam dengan rendaman 0,5 jam yang selanjutnya dikonversi dalam bentuk persentase. Sehingga, hasil perbandingan dapat diketahui secara jelas. Grafik perbandingan antara metode konvensional dengan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *IRS* pada campuran *AC – BC* berbahan ikat aspal 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



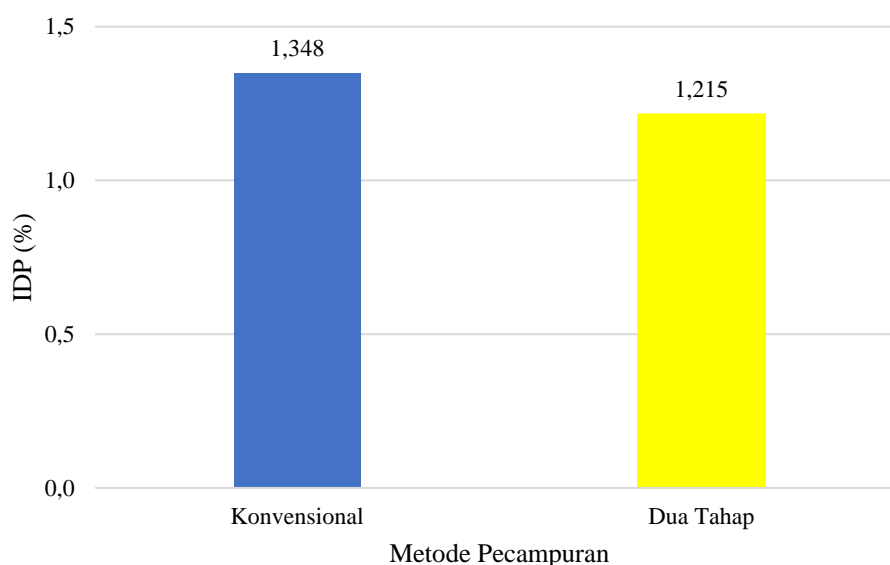
Gambar 5. 17 Grafik Perbandingan antara Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai *Index of Retained Strength*

Grafik perbandingan pada Gambar 5.17 menjelaskan bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran konvensional memiliki perbedaan nilai *IRS* yang cukup signifikan. Penggunaan metode pencampuran dua tahap mampu meningkatkan nilai *IRS* pada campuran sehingga dapat meningkatkan durabilitas beton aspal. Hal ini berlandaskan pada nilai Stabilitas rendaman pada campuran dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap yang lebih rendah penurunannya diakibatkan pori-pori campuran yang berisikan air lebih sedikit. Sehingga, campuran dengan metode pencampuran dua tahap memiliki durabilitas lebih baik terhadap cuaca daripada campuran dengan penggunaan metode pencampuran konvensional. Oleh karena itu, dengan penggunaan metode pencampuran dua tahap mampu meningkatkan durabilitas aspal pengaruh iklim, cuaca, maupun perubahan suhu. Penelitian ini sejalan dengan Kok dan Kologlu (2011), Wahyudi (2019), dan Hidayat (2021) yang menyatakan bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap mampu menghasilkan nilai *Index of Retained Strength (IRS)* yang lebih baik terhadap kondisi

perendaman, sehingga metode pencampuran dua tahap dapat meningkatkan keawetan aspal terhadap pengaruh cuaca, iklim, dan perubahan suhu.

3. Indeks Durabilitas Pertama (*IDP*)

Nilai Indeks Durabilitas Pertama (*IDP*) digunakan untuk memperoleh total kelandaian yang berurut dari kurva keawetan (durabilitas) atau nilai sensitivitas, berkurangnya nilai Stabilitas pada campuran terhadap lama perendaman. Semakin kecilnya nilai *IDP* kehilangan kekuatannya, berlaku juga sebaliknya dan semakin besar penurunan nilai *IDP* menunjukkan bahwa suatu campuran tersebut bertambah akan kekuatan. atau semakin sensitif terhadap perendaman air. Grafik perbandingan nilai Indeks Durabilitas Pertama (*IDP*) antara dua metode pencampuran pada campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



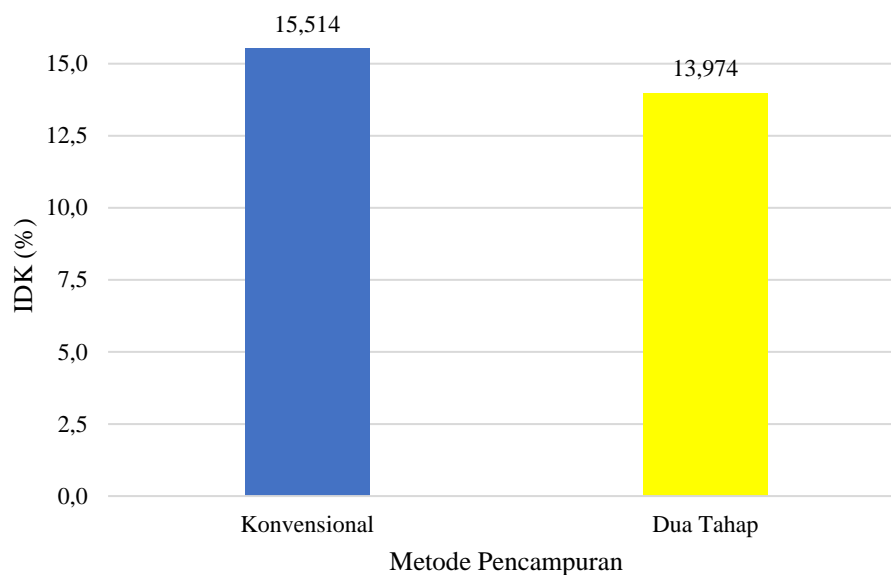
Gambar 5. 18 Grafik Perbandingan Dua Metode Pencampuran terhadap Nilai Indeks Durabilitas Pertama (*IDP*)

Dilihat dari grafik pada Gambar 5.18 bahwa nilai Indeks Durabilitas Pertama (*IDP*) pada campuran *AC – BC* dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap mengalami penurunan nilai *IDP* yang lebih kecil dengan perbandingan antara hubungan nilai *IRS* dan nilai *IDP* dengan

campuran *AC – BC* menggunakan metode pencampuran konvensional. Nilai *IDP* yang cenderung kecil pada campuran *AC – BC* dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap merepresentasikan bahwa campuran tersebut mampu bertahan dalam perendaman yang lebih baik. Besarnya penurunan nilai *IDP* pada Campuran *AC – BC* dengan menggunakan metode pencampuran konvensional akibat banyaknya air yang mengisi pori-pori campuran, dapat merangsang proses oksidasi pada campuran. Hal ini dapat mengakibatkan campuran semakin meningkat nilai kekakuannya. Adanya peningkatan nilai kekakuan dapat mengakibatkan campuran lebih mudah retak dan dapat menurunkan sifat keawetannya. Hidayat (2021) yang menyatakan bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap dapat meningkatkan kinerja perkerasan terhadap pengaruh cuaca, iklim, dan perubahan suhu.

4. Indeks Durabilitas Kedua (*IDK*)

Nilai Indeks Durabilitas Kedua (*IDK*) digunakan dalam proses perendaman memperoleh persentase kehilangan kekuatan rata-rata. Semakin kecil nilai *IDK* yang diperoleh, maka semakin kecil juga kehilangan kekuatannya, berlaku juga sebaliknya dan semakin besar penurunan nilai *IDP* menunjukkan bahwa suatu campuran tersebut bertambah akan kekuatan. Grafik perbandingan nilai Indeks Durabilitas Kedua (*IDK*) antara dua metode pencampuran pada campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (*AC – BC*) dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.

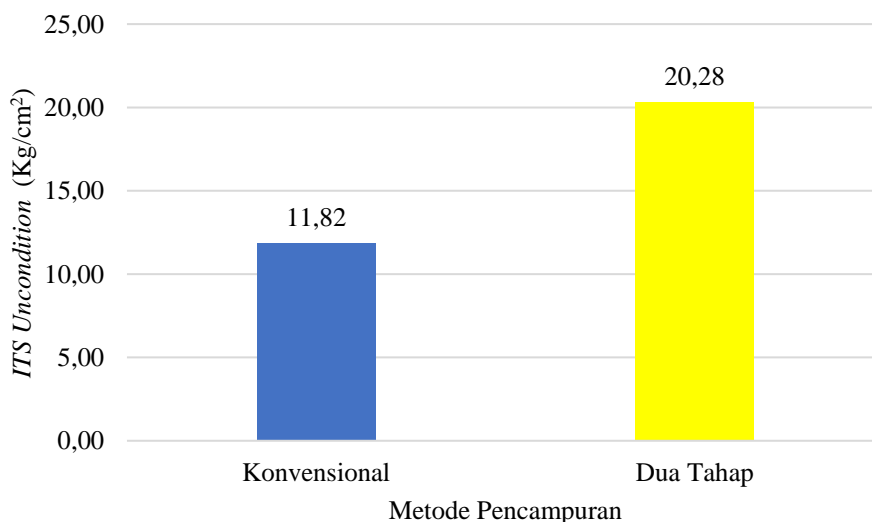


Gambar 5. 19 Grafik Perbandingan Dua Metode Pencampuran terhadap Nilai Indeks Durabilitas Kedua (*IDK*)

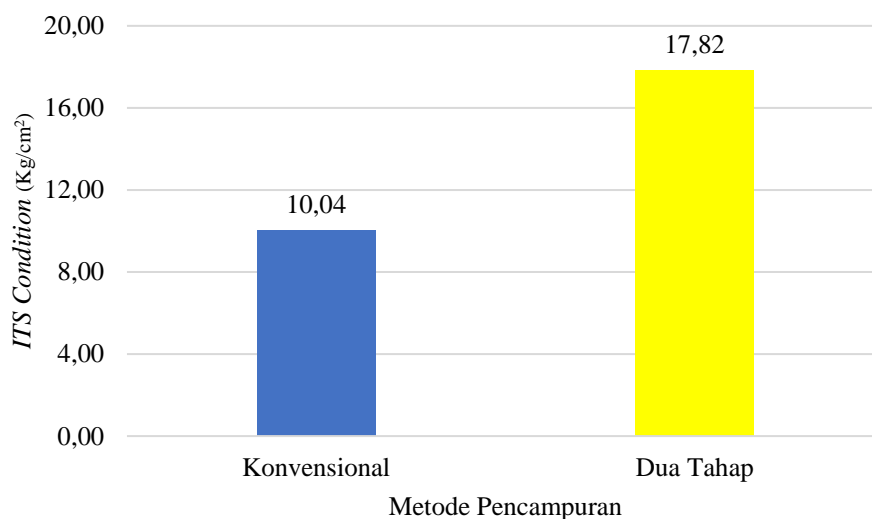
Dilihat dari grafik pada Gambar 5.19 bahwa nilai Indeks Durabilitas Kedua (*IDK*) pada campuran *AC – BC* dengan menggunakan metode pencampuran konvensional memperoleh nilai *IDK* yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran dua tahap. Kecilnya nilai *IDK* yang diperoleh pada campuran *AC – BC* dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap merepresentasikan bahwa campuran *AC – BC* mampu bertahan dalam perendaman yang lebih baik dibandingkan menggunakan metode pencampuran konvensional. Besarnya nilai *IDP* pada Campuran *AC – BC* dengan menggunakan metode pencampuran konvensional akibat banyaknya air yang mengisi pori-pori campuran, dapat merangsang proses oksidasi pada campuran yang berakibat campuran akan semakin meningkat nilai kekakuannya. Nilai *a* pada kedua metode pencampuran memperoleh nilai positif yang dapat diartikan bahwa campuran melalui proses kehilangan kekuatan. Kok dan Kologlu (2011), yang menyatakan bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap dapat meningkatkan kinerja perkerasan terhadap pengaruh cuaca, iklim, dan perubahan suhu.

5.2.7 Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua tahap terhadap Nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)* pada Campuran AC – BC

Nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)* digunakan untuk mengetahui nilai gaya tarik yang dapat mengevaluasi potensi retakan (*fatigue*) pada campuran aspal, yang diperoleh dari perhitungan menggunakan Persamaan 3.15 dengan satuan kg/cm². Nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)* yang tinggi menunjukkan campuran perkerasan aspal memiliki kuat tarik yang lebih baik. Penelitian ini menggunakan dua tipe pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* antara lain *ITS uncondition* yaitu pengujian kuat tarik langsung tanpa dilakukannya perendaman pada benda uji dan *ITS condition* yaitu pengujian kuat tarik tidak langsung dengan adanya perendaman dahulu di dalam *waterbath* dengan suhu air $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Grafik perbandingan nilai *ITS uncondition* dan *ITS condition* antara dua metode pencampuran dapat dilihat pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21 berikut



Gambar 5. 20 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai *ITS Uncondition*



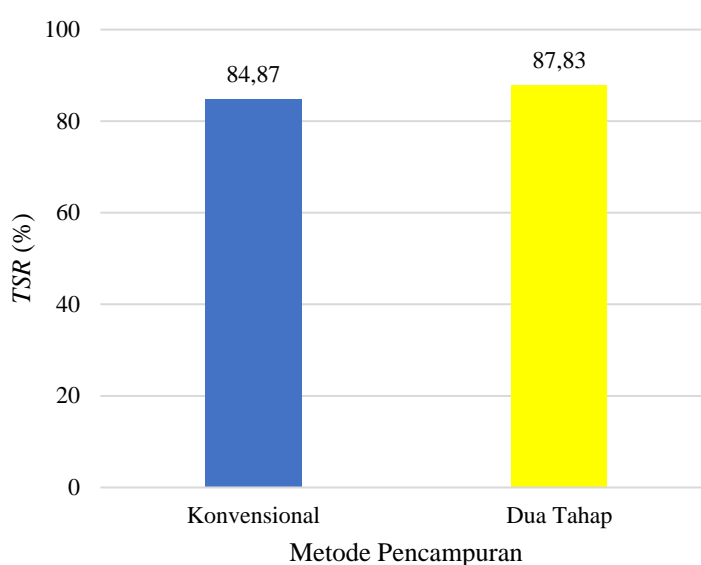
Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai *ITS Condition*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21 dapat disimpulkan bahwa nilai *ITS condition* pada campuran lebih rendah dibandingkan dengan nilai *ITS uncondition*. Proses perendaman selama 24 jam dengan suhu 60°C di dalam waterbath mempengaruhi kinerja kekuatan campuran, campuran menjadi lunak seiring lamanya waktu perendaman sehingga aspal mengalami penurunan daya ikatnya, hal ini dapat terjadi kemungkinan keretakan yang tinggi pada campuran perkerasan. Perbandingan keduanya signifikan.

Pada perkerasan dengan metode pencampuran dua tahap memiliki nilai yang lebih tinggi, hal ini dipengaruhi oleh campuran perkerasan dengan metode pencampuran dua tahap yang menghasilkan nilai modulus kekakuan campuran (*Smix*) yang lebih baik dibandingkan dengan campuran perkerasan dengan metode pencampuran konvensional, sehingga campuran perkerasan dengan metode pencampuran dua tahap lebih tahan terhadap timbulnya potensi terjadinya retak (*fatigue*) akibat kegagalan gaya tarik campuran. Penelitian ini sejalan dengan Hidayat (2021) juga menyatakan bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap mampu menghasilkan nilai *ITS* yang lebih baik terhadap kondisi campuran tanpa perendaman maupun dengan perendaman, serta dapat mengurangi terjadinya keretakan akibat beban yang diterima.

5.2.8 Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua tahap terhadap Nilai *Tensile Strength Ratio (TSR)* pada Campuran AC – BC

Pengujian *TSR* akan memperoleh perbandingan nilai kuat tarik pada campuran antara *ITS condition* dan *ITS uncondition*. Nilai *TSR* yang diperoleh harus lebih besar dari 80% sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan pada SNI 8129:2015. Berikut grafik perbandingan metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *TSR* pada campuran AC - BC dengan berbahan ikat aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.22.



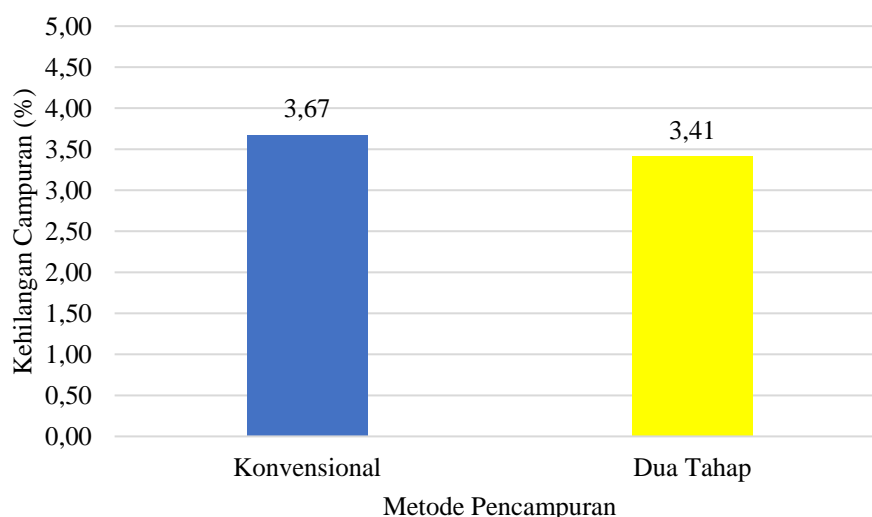
Gambar 5. 22 Grafik Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Nilai *TSR*

Dilihat dari grafik pada Gambar 5.22 bahwa terdapat perbedaan nilai *TSR* yang cukup signifikan antara metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap. Nilai *TSR* masing-masing metode pencampuran sudah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu nilai *TSR* > 80%. Metode pencampuran dua tahap yang digunakan menghasilkan nilai *TSR* yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran konvensional. Hal ini dapat diterjemahkan bahwa penggunaan metode pencampuran dua tahap pada campuran AC – BC dapat meminimalisir adanya keretakan (*fatigue*) karena kegagalan gaya tarik terhadap pengaruh iklim, cuaca atau perubahan suhu

dibanding dengan penggunaan metode konvensional. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Hidayat (2021) yaitu penggunaan metode pencampuran konvensional dapat menghasilkan nilai *TSR* yang lebih rendah dibandingkan metode pencampuran dua tahap. Hal ini dikarenakan campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap akan lebih kedap air dan dapat meminimalisir adanya keretakan (*fatigue*) sebagai efek dari beban yang diterima pengaruh iklim, cuaca, atau perubahan suhu.

5.2.9 Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua tahap terhadap Nilai *Cantabro Loss* pada Campuran AC - BC

Nilai *Cantabro Loss* digunakan untuk mengetahui ketahanan campuran perkerasan terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles dengan putaran sebanyak 300 kali tanpa bola besi. Nilai *Cantabro Loss* menunjukkan besarnya batas hancurnya campuran terhadap beban roda kendaraan dan banyaknya kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan pengujian keausan atau abrasi. Grafik perbandingan nilai *Cantabro Loss* antara dua metode pencampuran dapat dilihat pada Gambar 5.23 berikut. Gambar 5.23

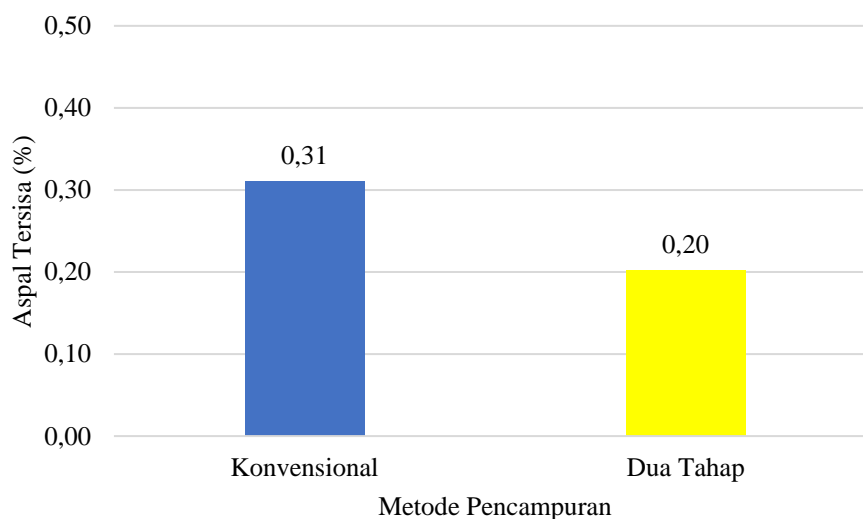


Gambar 5. 23 Grafik Perbandingan Nilai *Cantabro Loss* Antara Dua Metode pencampuran

Grafik Perbandingan Dua Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Cantabro Loss* Berdasarkan grafik pada Gambar 5.23 dapat disimpulkan bahwa nilai *Cantabro Loss* pada campuran yang menggunakan penggunaan metode pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran secara konvensional, perbedaan nilai antar keduanya signifikan. Penggunaan metode pencampuran secara dua tahap mempengaruhi daya ikat aspal terhadap agregat lebih baik dengan adanya pelapisan awal pada agregat kasar, sehingga pelepasan material campuran ketika menerima beban mengalami perlambatan. Kedua metode pencampuran memenuhi persyaratan nilai keausan $\leq 20\%$. Berdasarkan penelitian Kok dan Kologlu (2011) dan Kiselev dkk (2020) metode pencampuran dua tahap mampu menghasilkan daya dukung dan daya lekat campuran yang lebih baik, sehingga campuran menghasilkan gaya adhesi antar agregat yang lebih baik. Berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan Wahyudi (2019) penggunaan metode pencampuran dua tahap memiliki nilai *Cantabro Loss* yang rendah, sehingga tidak mampu menahan beban disintegrasi tinggi (abrasi)

5.2.10 Pengaruh Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua tahap terhadap Nilai *Asphalt Flow Down* pada Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)*

Secara Umum pengaruh metode konvensional dan metode pencampuran dua tahap terhadap kinerja perkerasan campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* berbahan ikat aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.24 berikut ini.



Gambar 5. 24 Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap *Asphalt Flow Down*

Dilihat dari grafik pada Gambar 5.24 bahwa *Asphalt Flow Down* pada campuran dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap memperoleh nilai yang tidak terpaut terlalu jauh dengan menggunakan metode pencampuran secara konvensional. Kedua metode pencampuran tidak mempengaruhi nilai *AFD* karena bahan ikat yang digunakan sama-sama menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70. Selain itu, pelapisan aspal terhadap agregat yang cukup tebal juga tidak mempengaruhi daya lekat campuran dan tetap akan tetap kuat.

Pengujian *Asphalt Flow Down* tidak dilakukan dalam penelitian Kok dan Kologlu (2011), Wahyudi (2019), Kiselev dkk (2020), dan Hidayat (2021) sehingga rujukan penelitian berdasarkan homogenitas campuran dengan metode pencampuran dua tahap yang lebih baik sama seperti penelitian sebelumnya, pelapisan aspal terhadap agregat yang cukup tebal tidak mempengaruhi daya lekat campuran dan tetap kuat.

5.3 Rekapitulasi Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)*

Secara rinci hasil pengujian pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap kinerja perkerasan campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Rekapitulasi Perbandingan Kinerja Perkerasan Campuran AC - BC Terhadap Dua Metode Pencampuran

No.	Pengujian	Metode Pencampuran		Keterangan
		Konvensional	Dua Tahap	
1	Stabilitas	X	O	Nilai Stabilitas pada campuran yang menggunakan metode pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang lebih tinggi, perbedaan nilai Stabilitas metode pencampuran secara konvensional dan metode pencampuran secara dua tahap signifikan
2	<i>Flow</i>	O	X	Nilai <i>Flow</i> pada campuran yang menggunakan metode pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran secara konvensional, perbedaan nilai antar keduanya tidak signifikan.
3	<i>VITM</i>	O	X	Nilai <i>VITM</i> pada campuran yang menggunakan metode pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran secara konvensional, perbedaan nilai antar keduanya tidak signifikan.
4	<i>VFWA</i>	X	O	Nilai <i>VFWA</i> pada campuran yang menggunakan metode pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran secara konvensional
5	<i>VMA</i>	O	X	Nilai <i>VMA</i> pada campuran yang menggunakan pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang relatif sama dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran secara konvensional.
6	<i>Density</i>	O	X	Nilai <i>Density</i> pada campuran yang menggunakan dua metode pencampuran memiliki nilai yang relatif sama, perbedaan nilai antar keduanya tidak signifikan pada berat volume campuran
7	<i>MQ</i>	X	O	Nilai <i>MQ</i> pada campuran yang menggunakan metode pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran secara konvensional, perbedaan nilai antar keduanya tidak signifikan

Keterangan:

O = Campuran dengan metode pencampuran memiliki karakteristik nilai yang lebih tinggi

X = Campuran dengan metode pencampuran memiliki karakteristik nilai yang lebih rendah

**Lanjutan Tabel 5.17 Rekapitulasi Perbandingan Kinerja Perkerasan
Campuran AC – BC Terhadap Dua Metode Pencampuran**

No.	Pengujian	Metode Pencampuran		Keterangan
		Konvensional	Dua Tahap	
8	<i>IRS</i>	X	O	Nilai <i>Index of Retained Strength (IRS)</i> pada campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan metode pencampuran konvensional, perbedaan nilai keduanya signifikan.
9	<i>IDP</i>	O	X	Nilai Indeks Durabilitas Pertama (<i>IDP</i>) pada campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap memiliki penurunan nilai <i>IDP</i> yang lebih kecil berdasarkan hubungan antara nilai <i>IRS</i> dan nilai <i>IDP</i> dibandingkan dengan campuran yang menggunakan metode pencampuran konvensional.
10	<i>IDK</i>	O	X	Nilai Indeks Durabilitas Kedua (<i>IDK</i>) pada campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap memiliki nilai <i>IDK</i> yang lebih kecil dibandingkan dengan campuran yang menggunakan metode pencampuran konvensional
11	<i>ITS</i>	X	O	Perbedaan nilai dihasilkan pada nilai <i>ITS</i> condition dan nilai <i>ITS</i> uncondition perkerasan dengan metode pencampuran konvensional terhadap perkerasan dengan metode pencampuran Dua Tahap. Pada perkerasan dengan metode pencampuran dua tahap memiliki nilai yang lebih tinggi.
12	<i>TSR</i>	X	O	Nilai <i>TSR</i> pada campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan metode pencampuran konvensional, perbedaan nilai antar keduanya signifikan
13	<i>Cantabro Loss</i>	O	X	Nilai <i>Cantabro Loss</i> pada campuran yang menggunakan penggunaan metode pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran secara konvensional, perbedaan nilai antar keduanya tidak signifikan
14	<i>AFD</i>	O	X	Nilai <i>Asphalt Flow Down</i> pada campuran yang menggunakan penggunaan metode pencampuran secara dua tahap memiliki nilai yang relatif sama dengan penggunaan metode pencampuran secara konvensional, perbedaan nilai antar keduanya tidak signifikan

Keterangan:

O = Campuran dengan metode pencampuran memiliki karakteristik nilai yang lebih tinggi

X = Campuran dengan metode pencampuran memiliki karakteristik nilai yang lebih rendah

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan terhadap perbandingan metode pencampuran konvensional dengan metode pencampuran dua tahap terhadap *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* menggunakan aspal Pen 60/70 didapatkan kesimpulan sebagai berikut

1. Hasil pengujian karakteristik *Marshall* terhadap penggunaan metode pencampuran dua tahap memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Hal ini ditunjukkan dengan nilai Stabilitas, *Flow*, *VFWA*, dan *MQ* yang lebih besar pada campuran menggunakan metode pencampuran dua tahap, sedangkan nilai *VITM*, dan *VMA* lebih kecil.
2. Hasil yang diperoleh dari pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* yaitu nilai *ITS Uncodition* dan *ITS condition*. Penggunaan metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran konvensional cenderung memiliki nilai *ITS condition* yang lebih kecil dibandingkan nilai *ITS uncondition*.
3. Hasil pengujian *Cantabro Loss* pada campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran konvensional memiliki hasil perbedaan yang tidak signifikan. Nilai *Cantabro Loss* pada campuran dengan metode pencampuran dua tahap lebih kecil dibandingkan metode pencampuran konvensional
4. Campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap memperoleh nilai *Index of Retained Strength (IRS)* lebih besar yang cukup signifikan dibandingkan dengan campuran *Asphalt Concrete – Binder course (AC – BC)* yang menggunakan metode pencampuran konvensional. Campuran dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap lebih awet terhadap cuaca daripada campuran dengan metode pencampuran konvensional.

5. Perbandingan campuran dengan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran konvensional terhadap indeks durabilitas (*Durability*) ditunjukkan pada hasil nilai Indeks Durabilitas Pertama (*IDP*) dan Indeks Durabilitas Kedua (*IDK*). Pada penggunaan metode pencampuran dua tahap menghasilkan nilai *IDP* dan *IDK* dengan penurunan, sehingga campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap memiliki ketahanan yang baik. Dan mungkin terjadinya kehilangan kekuatan terhadap perendaman.
6. Penggunaan metode pencampuran dua tahap dalam penentuan nilai *Tensile Strength Ratio (TSR)* terhadap campuran memperoleh nilai yang cukup lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan metode pencampuran konvensional. Nilai kuat tarik yang melalui proses perendaman pada campuran menggunakan metode pencampuran dua tahap memiliki ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode pencampuran konvensional.
7. Perbandingan nilai *Asphalt Flow Down (AFD)* pada campuran menggunakan kedua metode memiliki nilai yang relatif sama. akan tetapi nilai *AFD* pada campuran yang menggunakan metode pencampuran dua tahap lebih kecil pelepasan aspal yang terjadi

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada campuran *Asphalt course – Binder course (AC – BC)* menggunakan bahan ikat aspal pen 60/70 yang membandingkan antara metode pencampuran dua tahap dan metode pencampuran konvensional, penulis menyusun beberapa saran yaitu sebagai berikut.

1. Pelaksanaan campuran *AC – BC*, dari hasil pengujian di sarankan menggunakan metode metode pencampuran secara dua tahap. Hal ini dikarenakan penggunaan metode pencampuran dua tahap dapat menghasilkan campuran yang lebih baik dalam hal kekuatan, keawetan, dan ketahanan meski harus melalui proses perendaman. Campuran dengan menggunakan metode

pencampuran dua tahap juga memiliki sifat yang lebih lebih kedap dan lebih lentur dalam menahan beban lalu lintas.

2. Perlu banyak durasi perendaman untuk mengetahui lebih dalam pengaruh dari durasi perendaman terhadap nilai *IRS*, *IDP*, *IDK*, dan *TSR* pada campuran *Asphalt concrete – Binder Course (AC – BC)* yang menggunakan metode pencampuran dua tahap
3. Perlu melakukan penelitian yang lebih teliti dalam melakukan pengujian dua tahap karena dapat menyebabkan kurang menyatunya aspal pada saat campuran dengan agregat. Sehingga dapat mempengaruhi hasil pengujian.
4. Penggunaan campuran *Asphalt concrete – Binder Course (AC – BC)* yang menggunakan metode pencampuran dua tahap disarankan untuk digunakan pada daerah dengan kondisi lalu lintas yang berat dan suhu yang panas karena memiliki karakteristik stabilitas dan durabilitas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini. 2017. Kajian Perbandingan Karakteristik Campuran AC – BC Menggunakan Agregat Batu Pecah Sukadana. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia
- Birgisson, B., Hasemi, E., Kringos, N. 2015. Effect of mixing sequence on the workability and performance of asphalt mixtures. *Journal Road Materials and Pavement Design* Vol. 16. University of Nebraska. Lincoln.
- Birgisson, B., Hasemi, E., Bidewell, N., and Kringos, N. 2013. Evaluation of Environmental Susceptibility of Bituminous Mastic Viscosity as a Function of Material and Biomass Fillers. *Transportation research record*, 2371(1), 23-31.. National Academies. Washington. D.C.
- 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.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum. Edisi 2018 (Rev. 2)*. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Fauzy, B. S., Riyanto, A., aSunarjono, S., and Harnaeni, S. R. (2019). Pengaruh Limbah Kantong Plastik sebagai Additive pada Campuran AC-BC terhadap Properties *Marshall* Durabilitas dan Workabilitas. *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, 227-233.
- Firdaus, M., 2023. Perbandingan Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Kinerja Hot Rolled Asphalt (HRA). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Gaus, A., Tjaronge, M. W., Ali, N., & Djamaluddin, R. (2015). Compressive strength of asphalt concrete binder course (AC-BC) mixture using buton

- granular asphalt (BGA). *In Procedia Engineering* (Vol. 125, pp. 657–662). Elsevier Ltd.
- Ismadarni, I., Risman, R., & Kasan, M. (2013). Karakteristik Beton Aspal Lapis Pengikat (Ac-bc) Yang Menggunakan Bahan Pengisi Pengisi (Filler) Abu Sekam Padi. *MEKTEK*, 93-102(2).
- Hidayat, M. I. (2021). Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Dengan Baan Ikat Aspal Pen 60/70 Dan Aspal Crumb Rubber. *Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia*
- Kiselev, A., Zhang, H., and 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*. Vol. 270. Northeast Forestry University. Harbin 150040. China.
- Kok, B.V., and Kologlu, N. 2011. Effect of Two-Phase Mixing Methods on Mechanical Properties of Hot Mix Asphalt. *Journal Road Materials and Pavements Design*. 12:4, 721-738. Civil Engineering Department Elazig. Firat University. Turkey.
- Mahza, F., 2023. Perbandingan Kinerja Stone Matrix Asphalt (SMA) dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Dua Tahap. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia
- Ramadhan. 2020. Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Pasir Panjang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik AC – BC. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia
- Subarkah, 2015. *Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*. Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sukirman, S. 1992. Perkerasan Lentur Jalan Raya. *Penerbit Nova*. Bandung.

- Sukirman, S. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. *Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.*
- U., Yandriano, Y., & Budi Hamduwibawa, R. (2022). Analisa Penurunan Mutu Campuran Aspal Panas Ac-Bc Terhadap Pengaruh Rendaman Air Berlumpur *Analysis of Quality Decrease of Ac-Bc Hot Asphalt Mix on the Effect of Midy Water Immersion. Jurnal Smart Teknologi*, 3(1), 2774–1702.
- Wardana, H. W., Mahardi, P. U. R. W. O., & Risdianto, Y. (2020). Penentuan Kadar Aspal Optimum (Kao) Dalam Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(2).
- Winayati, F. lubis. (2018). Analisis Karakteristik *Marshall* Campuran Ac-Bc. *Siklus, Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 51–58.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : AASHTO T - 228 - 68 ; ASTM D - 70 - 72

- 1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pen 60/70
3 Diuji Pada : 2023

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	24,73	23,72
2	Berat vicnometer + Aquadest (gr)	47,41	47,41
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	22,68	23,69
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	26,89	26,04
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	2,16	2,32
6	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	47,57	47,49
7	Berat Aquadest (6 - 4) (gr)	20,68	21,45
8	Volume Aspal (3 - 7) (gr)	2	2,24
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,080	1,036
10	Rata-rata BJ Aspal	1,038	

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kep. Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 2 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN; AASHTO T 53-74, ASTM D 36-70

- 1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
- 2 Jenis Material : Aspal Pen 60/70
- 3 Diuji Pada : 2023

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	28 °C	13.00 WIB	
	Selesai pemanasan	135 °C	13.15 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	135 °C	13.30 WIB	
	Selesai	28 °C	15.00 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	27 °C	15.00 WIB	
	Selesai	52 °C	15.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	I	II
1	5 °C				
2	10 °C	104,00	104,00		
3	15 °C	210,00	210,00		
4	20 °C	302,00	303,00		
5	25 °C	387,00	387,00		
6	30 °C	465,00	466,00		
7	35 °C	664,00	665,00		
8	40 °C	668,00	668,00		
9	45 °C	765,00	766,00		
10	50 °C	1.122,00	1.140,00		
11	55 °C			57°C	59°C
12	60 °C				

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalah. Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

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 Cilacap
- 2 Jenis Material : Aspal Pen 60/70
- 3 Diuji Pada : 2023

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	27 °C	13.00 WIB	
	Selesai pemanasan	130 °C	13.15 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	130 °C	13.15 WIB	
	Selesai	27 °C	13.45 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	27 °C	13.45 WIB	
	Selesai	27 °C	14.15 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	344 °C	349 °C	
2	Benda uji 2	344 °C	349 °C	
3	Rata - rata	344 °C	349 °C	

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berlian Kusturi, 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, 2023
Peneliti

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 4 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

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

- 1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
- 2 Jenis Material : Aspal Pen 60/70
- 3 Diuji Pada : 2023

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda uji			
	Mulai pemanasan	27 °C	10.00 WIB	
	Selesai pemanasan	130 °C	10.30 WIB	
2	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai	130 °C	10.30 WIB	
	Selesai	27 °C	13.00 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	27 °C	13.00 WIB	
	Selesai	27 °C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian		Keterangan
	I (mm)	II (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	
1	62	61			
2	70	64,5			
3	62	65			
4	63,5	70			
5	67	70			
Rata2	64,9	66,1			
Rata2	65,5				

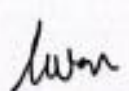
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kata Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 5 Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam TCE

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

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

- 1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
- 2 Jenis Material : Aspal Pen 60/70
- 3 Diuji Pada : 2023

Persiapan pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan		
			Waktu		Suhu
1	Persiapan	Mulai	14.30	WIB	27 °C
		Selesai	14.30	WIB	27 °C
2	Penimbangan	Mulai	14.30	WIB	27 °C
3	Pelarutan	Mulai	14.40	WIB	27 °C
4	Penyaringan	Mulai	14.45	WIB	27 °C
		Selesai	15.15	WIB	27 °C
5	Di Oven	Mulai	15.15	WIB	110 °C
6	Peminbangan	Mulai	15.30	WIB	27 °C

Hasil pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Benda Uji		Keterangan
		1	2	
1	Berat erlen meyer kosong	63,570 gr	63,590 gr	
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	65,020 gr	65,440 gr	
3	Berat Aspal (2 - 1)	1,450 gr	1,850 gr	
4	Berat kertas saring bersih	0,580 gr	0,570 gr	
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,590 gr	0,570 gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,010 gr	0,000 gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	0,690 %	0,000 %	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	99,310 %	100,000 %	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,655 %		

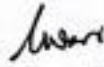
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalah. Julian Bayu

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 6 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

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

- 1 Contoh dari : Pertamina Cilacap
- 2 Jenis contoh : Aspal Pen 60/70
- 3 Diperiksa tg : 2023

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	165 cm	Tidak Putus
2	Sampel 2	165 cm	Tidak Putus
4	Rata-rata	164 cm	

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Bertien 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

Yogyakarta, 2023
Peneliti


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

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 : 2023

No.	Keterangan	Benda uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ) gr	1630,47	1632,58	1631,53
2	Berat benda uji dalam Air (BA) gr	1005,98	1007,86	1006,92
3	Berat benda uji dikering oven (BK) gr	1595,70	1596,57	1596,14
4	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,555	2,556	2,56
5	Berat jenis (SSD) = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,611	2,613	2,61
6	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,706	2,712	2,71
7	Penyerapan air = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	2,179	2,255	2,22
8	Berat Jenis Efektif = (BJ Bulk + BJ Semu)/2	2,631	2,634	2,63

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalah. Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 8 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

- 1 Sumber Material : Ciereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Kasar
- 3 Diuji Pada : 2023

Persiapan pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Suhu	Waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda Uji			
	Mulai	25°C	09.00 WIB	
	Selesai	150°C	09.15 WIB	
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang			
	Mulai	150°C	09.15 WIB	
	Selesai	25°C	10.45 WIB	
3	Perendaman benda uji			
	Mulai	25°C	10.45 WIB	
	Selesai	25°C	11.30 WIB	

Hasil pemeriksaan

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

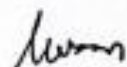
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Ketua Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti



Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 9 Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

AASHTO T 96 - 77 ; SNI 2417 : 2008

- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Kasar
- 3 Diuji Pada : 2023

No	JENIS GRADASI SARINGAN		B		KETERANGAN
			BENDA UJI (gram)		
	LOLOS	TERTAHAN	100 x Putaran	400 x Putaran	
1	72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")			
2	63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")			
3	50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")			
4	37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")			
5	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")			
6	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500,00	2500,00	
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500,00	2500,00	
8	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")			
9	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (4")			
10	04.75 mm (No.4)	02.36 mm (No.8)			
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000,00	5000,00	
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		3809,00	4712,24	
13	KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100\%$		23,820	5,755	
14	Rata-rata Keausan (%)		14,79		

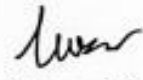
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Ket. Lab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Halus
- 3 Diuji Pada : 2023

No.	Keterangan	Benda uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ) gr	501,88	501,06	
2	Berat Vicnometer + Air (B) gr	692,34	668,42	
3	Berat Vicnometer + Air + benda uji (BT) gr	1015,27	988,03	
4	Berat benda uji kering oven (BK)	494,55	492,57	
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B + 500) - BT}$	2,784	2,731	2,75
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B + 500) - BT}$	2,824	2,772	2,80
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B + BK) - BT}$	2,882	2,848	2,86
8	Penyerapan air = $\frac{(500 - BK)}{BK} \times 100\%$	1,102	1,508	1,31
9	Berat Jenis Efektif = (BJ Bulk + BJ Semu)/2	2,82	2,79	2,81

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kata: Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Jenis Filler

PEMERIKSAAN BERAT JENIS FILLER

- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Kasar
- 3 Diuji Pada : 2023

No.	Keterangan	Benda uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Vicnometer Kosong gr	12,04	11,84	
2	Berat Vicnometer + Air gr	29,24	29,22	
3	Berat Vicnometer (2-1) gr	17,20	17,38	
4	Berat Vicnometer + Filler gr	13,09	13,24	
5	Berat Filler (4-1) gr	1,050	1,400	1,23
6	Berat Vicnometer + Filler + Aquadest gr	29,880	30,070	29,98
7	Berat Aquadest (6-4) gr	16,790	16,830	16,81
8	Volume Filler (3-7) gr	0,410	0,550	0,48
9	Berat Jenis Filler = Berat/Vol (5/8)	2,561	2,545	2,55

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kep. B. Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 11 Pemeriksaan Sand Equivalent

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

- 1 Sumber Material : Clereng, Kulonprogo
- 2 Jenis Material : Agregat Halus
- 3 Diuji Pada : 2023

No.	Keterangan		Benda uji		
			1	2	Rata-rata
1	Persiapan, dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl_2 selama (\pm 10.1 menit).	Mulai	11.25	11.25	
		Selesai	11.35	11.35	
2	Waktu pengendapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x, dan di tambah larutan CaCl_2)	Mulai	11.37	11.37	
		Selesai	11.40	11.40	
4	Clay reading (Pembacaan Lumpur) Inchi		3,70	3,80	3,75
5	Sand reading (Pembacaan Pasir)		3,20	3,60	3,40
6	$\text{Sand Equivalent} = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100 \%$		86,49	94,74	90,61
7	Kandungan Lumpur = 100 - SE		13,51	5,26	9,39

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

Yogyakarta, 2023
Peneliti

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 13 Hasil Pengujian Marshall Test untuk Mencari KAO

HASIL PENGUJIAN MARSHALL TEST UNTUK MENCARI KAO

Tipe Campuran : AC – BC
Tahun Uji : 2023

SAMPEL	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G (gram)	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VITM (%)	O Meas	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (cm)	T MQ (Kg/mm)
5.5A	6.733	5.820	5.5	1173.18	1185.18	635.12	550.06	2.1328	2.3757	11.0880	75.689	10.222	21.311	52.033	10.222	52	709.123	0.914	703.197	4.33	162.389
5.5B	6.033	5.820	5.5	1171.47	1180.14	662.51	517.63	2.2631	2.3757	11.7665	83.497	4.737	16.503	71.298	4.737	46	688.378	0.937	637.429	2.81	226.843
5.5C	6.640	4.712	5.5	1172.81	1182.92	665.53	517.39	2.2608	2.3757	11.7854	83.631	4.584	16.369	71.999	4.584	55	813.496	0.936	761.127	2.7	281.899
								2.2659					16.4361	71.6454	4.6601		746.937		699.278	2.753	254.371
6A	6.303	6.303	6	1179.72	1185.2	674.37	510.43	2.3073	2.3601	13.0867	84.676	2.237	15.334	85.399	2.237	70	1035.158	0.982	1026.739	3.6	394.956
6B	6.480	6.383	6	1169.94	1174.2	655.49	518.71	2.2555	2.3601	12.7927	82.774	4.433	17.226	74.263	4.433	77	1138.894	0.968	1101.880	2.75	400.684
6C	6.583	5.263	6	1170.43	1175.53	658.35	517.18	2.2631	2.3601	12.8359	83.053	4.111	16.947	75.744	4.111	64	946.613	0.946	895.733	3.06	292.723
								2.2593					17.0864	75.0035	4.2720		1042.7536		998.8064	2.9050	346.7034
6.5A	6.557	6.952	6.5	1174.54	1179.06	660.33	518.73	2.2643	2.3448	13.9127	82.654	3.433	17.346	80.208	3.433	86	1272.012	0.951	1210.001	3.4	355.883
6.5B	6.333	6.952	6.5	1175.26	1180.87	658.6	522.27	2.2510	2.3448	13.8269	82.144	4.029	17.856	77.436	4.029	88	1301.593	1.004	1307.016	3.52	371.312
6.5C	6.370	5.820	6.5	1180.54	1183.6	667.92	515.99	2.2860	2.3448	14.0587	83.521	2.420	18.479	83.313	2.420	80	897.859	0.995	893.011	2.97	343.585
								2.2573					17.0009	78.8219	3.7511		1286.8004		1258.5087	3.6003	363.5971
7A	6.473	7.527	7	1163.08	1165.05	653.93	512.12	2.2711	2.2596	15.0283	82.461	2.511	17.539	85.683	2.511	60	987.459	0.989	989.087	4.75	181.071
7B	6.540	7.527	7	1173.28	1180.9	661.87	519.03	2.2605	2.3296	14.9583	82.076	2.965	17.924	83.456	2.965	65	961.404	0.954	917.540	3.77	243.379
7C	6.597	6.383	7	1172	1181.21	660.45	520.76	2.2506	2.3296	14.8923	81.714	3.393	18.286	81.443	3.393	67	990.986	0.944	935.243	3.57	261.973
								2.2555					18.1046	82.4493	3.1793		976.195		926.391	3.670	252.670
7.5A	6.290	8.108	7.5	1103.86	1172.14	646.67	525.47	2.2149	2.3146	15.7032	79.987	4.310	20.013	78.466	4.310	45	665.587	1.015	675.571	4.73	142.827
7.5B	6.447	8.108	7.5	1133.94	1139.58	637.38	502.2	2.2579	2.3146	16.0084	81.542	2.450	18.458	86.729	2.450	50	739.542	0.976	721.669	4.07	177.314
7.5C	6.020	6.952	7.5	1172.53	1179.36	656.84	522.52	2.2440	2.3146	15.9095	81.038	3.053	18.962	83.902	3.053	48	709.960	0.939	666.919	4.37	152.613
								2.2510					18.7100	85.3153	2.7511		724.7508		694.5940	4.2200	164.9036

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

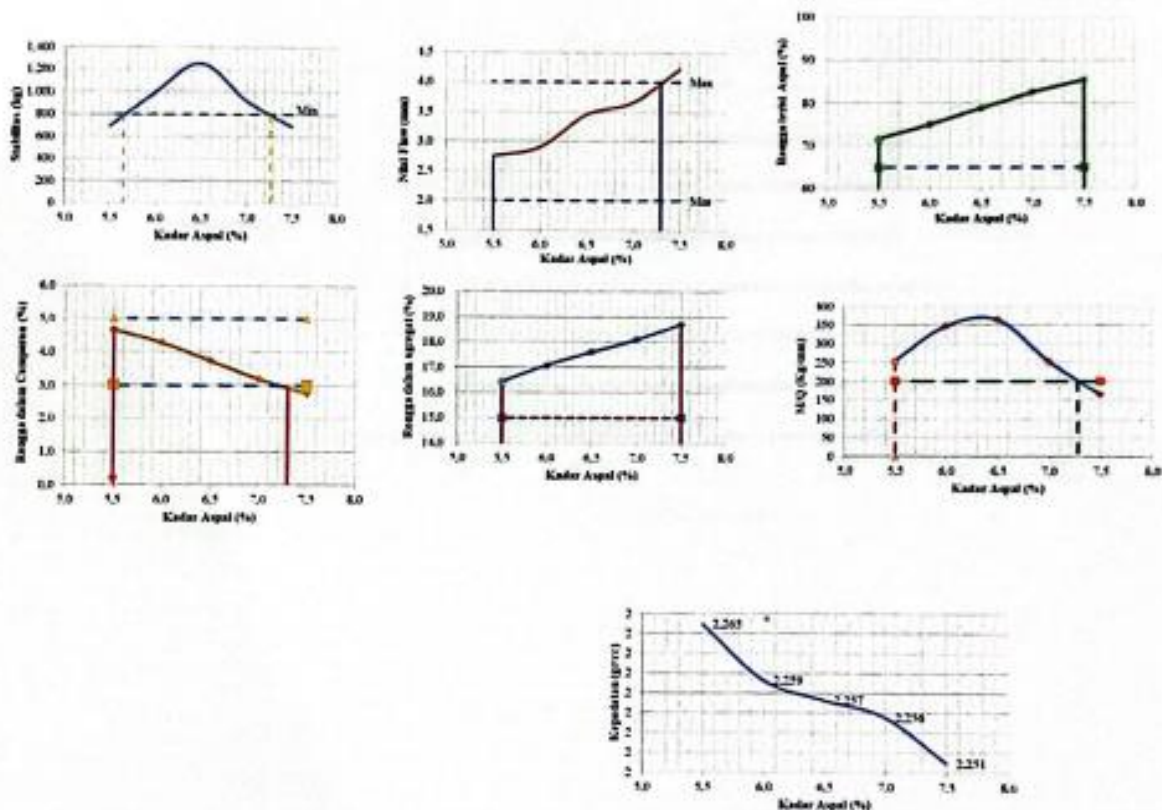
Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Peneliti

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 14 Grafik Hasil Pengujian Marshall Test untuk Mencari KAO

GRAFIK HASIL PENGUJIAN MARSHALL TEST UNTUK MENCARI KAO



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

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041



Lampiran 16 HASIL PENGUJIAN MARSHALL TEST DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN

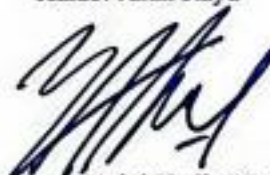
HASIL PENGUJIAN MARSHALL TEST DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN

SAMPLE	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kgtmm)
6.5A	6.557	6.952	6.5	1133.94	1139.58	637.38	902.2	2.2579	2.3448	13.8739	82.424	3.703	17.576	78.495	3.703	86	1272.00153	0.95125	1210.001	2.7	448.149
6.5B	6.333	6.952	6.5	1172.53	1179.36	656.84	522.52	2.2440	2.3448	13.7882	81.914	4.298	18.086	76.237	4.298	88	1301.59319	1.0042	1307.816	2.81	465.130
6.5C	6.379	5.820	6.5	1180.34	1183.8	667.92	515.88	2.2890	2.3448	14.0687	83.520	2.420	16.479	85.313	2.420	60	887.449902	0.995	893.013	4.33	303.929
								2.2510					17.8302	77.5860	4.0061		1286.8024		1258.5087	2.7550	456.6395
6.5B1	6.383	6.952	6.5	1128.18	1134.18	634.12	500.06	2.2561	2.3460	13.8625	82.304	3.833	17.696	78.338	3.833	90	1331.17485	0.991666667	1320.082	2.7	480.919
6.5B2	6.488	6.952	6.5	1168.47	1180.14	660.50	519.63	2.2506	2.3460	13.8287	82.103	4.068	17.897	77.270	4.068	89	1306.18402	0.9675	1273.602	2.75	463.128
6.5B3	6.583	6.952	6.5	1179.81	1188.92	674.53	515.39	2.2882	2.3460	14.0657	83.511	2.424	16.489	85.302	2.424	64	946.613229	0.9462	895.733	3.87	225.625
								2.2533					17.7962	77.8040	3.9906		1323.7794		1296.8416	2.7250	476.0235

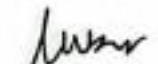
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 17 HASIL PENGUJIAN *IMMERSION* TEST DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN

HASIL PENGUJIAN *IMMERSION* TEST DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN


Tipe Campuran : AC – BC
Tahun Uji : 2022

SAMPel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Mean		Koreksi	Stabilitas (kg)
6,5A1	6,319	6,952	6,5	1165,37	1183,43	669,35	514,08	2,2669	2,3460	13,9290	82,699	3,372	17,301	80,509	3,372	64	946,61323	1,007833333	954,028
6,5A2	6,093	6,952	6,5	1138,10	1159,54	649,05	510,49	2,2294	2,3460	13,6987	81,332	4,970	18,668	73,379	4,970	54	798,70491	1,0703125	854,864
6,5A3	6,519	6,952	6,5	1175,74	1196,83	665,03	531,8	2,2109	2,3460	13,5847	80,655	5,761	19,345	70,222	5,761	61	902,24073	0,95825	864,572
								2,2201					18,3233	75,3652	4,5665		850,4728		859,7180
6,5B1	6,799	6,952	6,5	1153,06	1174,30	653,34	520,96	2,2133	2,3460	13,5998	80,745	5,656	19,255	70,629	5,656	72	1064,9399	0,89775	956,050
6,5B2	6,498	6,952	6,5	1126,72	1164,21	656,74	507,47	2,2203	2,3460	13,6424	80,998	5,360	19,002	71,793	5,360	63	931,8224	0,963	897,345
6,5B3	6,615	6,952	6,5	1133,56	1157,27	658,61	498,66	2,2732	2,3460	13,9677	82,929	3,103	17,071	81,821	3,103	38	562,0516	0,9403125	528,504
								2,2168					19,1289	71,2108	5,5078		998,3811		926,6974

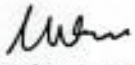
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 18 HASIL PENGUJIAN INDEKS DURABILITAS PERTAMA (IDP) DAN INDEKS DURABILITAS KEDUA (IDK) DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN

HASIL PENGUJIAN INDEKS DURABILITAS PERTAMA (IDP) DAN INDEKS DURABILITAS KEDUA (IDK) DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN


Kadar Pen 60/70 (%)	IMMERSION (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
Konvensional	0,5	100	1,348
	24	68,31	
2 Tahap	0,5	100	1,215
	24	71,46	

Kadar Pen 60/70 (%)	IMMERSION (Jam)	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK (%)	Sa (%)
Konvensional	0,5	100	31,69	23,5	15,514	84,486
	24	68,31				
2 Tahap	0,5	100	28,54	23,5	13,974	86,026
	24	71,46				

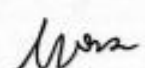
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 19 HASIL PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH (ITS)* DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN


HASIL PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH (ITS)* DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN

Sampel		Tebal Sampel					Koreksi	Diameter Sampel (cm)	Diameter Sampel (inch)	Meas	Meas x Kalibrasi	Stabilitas (Kg)	A0	ITS (kg/cm2)	Rata-Rata
		(cm)													
		1	2	3	Rata-rata										
Uncondition															
Konvensional	6,5A	1	6,679	6,836	6,735	6,750	0,91	10,2	4,08	40	591,633	538,38627	0,153	12,19	11,82
		2	6,828	6,897	6,809	6,845	0,890	10,2	4,08	39	576,842	513,38977	0,153	11,46	
		3	6,229	6,309	6,239	6,259	1,02275	10,2	4,08	50	739,542	756,36616	0,153	18,47	
Dua Tahap	6,5B	1	6,048	6,021	6,148	6,072	1,077	10,2	4,08	50	739,542	796,31681	0,153	20,04	20,28
		2	6,02	6,226	6,173	6,140	1,05573	10,2	4,08	43	636,006	671,44983	0,153	16,69	
		3	6,387	6,198	6,113	6,233	1,029	10,2	4,08	55	813,496	837,35829	0,153	20,53	
Condition															
Konvensional	6,5A	1	6,45	6,176	6,225	6,284	1,01658	10,2	4,08	8	118,327	120,2889	0,153	2,92	10,04
		B	6,552	6,532	6,673	6,586	0,946	10,2	4,08	31	458,516	433,66996	0,153	10,06	
		A	6,511	6,411	6,354	6,425	0,98117	10,2	4,08	29	428,934	420,85586	0,153	10,01	
Dua Tahap	6,5B	1	6,415	6,175	6,225	6,272	1,030	10,2	4,08	47	695,169	715,73451	0,153	17,44	17,82
		2	5,312	6,291	6,496	6,033	1,07925	10,2	4,08	45	665,587	718,33523	0,153	18,19	
		3	6,515	6,537	6,497	6,516	0,959	10,2	4,08	15	221,862	212,72451	0,153	4,98	


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


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 20 HASIL PENGUJIAN *TENSILE STRENGTH RATIO (TSR)* DENGAN DUA
METODE PENCAMPURAN

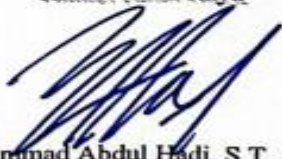
HASIL PENGUJIAN *TENSILE STRENGTH RATIO (TSR)* DENGAN DUA METODE
PENCAMPURAN

Metode Pencampuran	<i>ITS</i> <i>Uncondition</i>	<i>ITS</i> <i>Condition</i>	<i>TSR</i> (%)
Konvensional	11,82	10,04	84,87
Dua Tahap	20,28	17,82	87,83

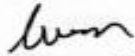
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 21 HASIL PENGUJIAN *CANTABRO LOSS* DENGAN DUA METODE
PENCAMPURAN


HASIL PENGUJIAN *CANTABRO LOSS* DENGAN DUA METODE PENCAMPURAN

Sampel			Berat Sebelum Diabrasi (M0)	Berat Setelah Diabrasi (M1)	Kehilangan Berat (L)	Rata- Rata
			gr	gr	%	%
Konvensional	6,5A	1	1176,43	1137,2	3,33	3,67
		2	1174,62	1151,41	1,98	
		3	1163,78	1117,08	4,01	
Dua Tahap	6,5B	1	1151,58	1114,71	3,20	3,41
		2	1100,5	1062,83	3,42	
		3	1163,78	1121,68	3,62	

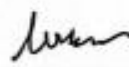
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 22 HASIL PENGUJIAN *ASPHALT FLOW DOWN* (AFD) DENGAN DUA
METODE PENCAMPURAN


HASIL PENGUJIAN *ASPHALT FLOW DOWN* (AFD) DENGAN DUA METODE
PENCAMPURAN

Sampel			Berat			Berat Aspal Merklele (m3-m1)	Berat Total Sampel (m2-m1)	Nilai AFD	Rata-Rata Nilai AFD
			m1	m2	m3				
			gr	gr	gr	gr	gr	%	%
Korrensional	6,5A	1	311,5	1477,24	313,12	1,62	1165,74	0,14	0,31
		2	313,26	1476,69	316,27	3,01	1163,43	0,26	
		3	307,52	1485,55	311,79	4,27	1178,03	0,36	
Dua Tahap	6,5B	1	312,42	1485,48	314,90	2,48	1173,06	0,21	0,20
		2	310,82	1462,3	312,37	1,55	1151,48	0,13	
		3	309,11	1454,03	311,32	2,21	1144,92	0,19	

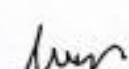
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

Lampiran 23 HASIL PENGUJIAN *T-Test* TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL TEST*

HASIL PENGUJIAN *T-Test* TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL TEST*

Stabilitas

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference			Lower	Upper
Stabilitas	Equal variances assumed	1.130E+16	.000	-.713	2	.550	-.39.33350	53.78731			-269.76163	193.09463
	Equal variances not assumed			-.713	1.436	.574	-.39.33350	53.78731			-382.91876	308.24376

FLOW

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference			Lower	Upper
Flow	Equal variances assumed			-.840	2	.447	-.08000	.09515			-.44636	.28636
	Equal variances not assumed			-.840	1.947	.448	-.08000	.09515			-.45615	.29615

Density

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference			Lower	Upper
Density	Equal variances assumed	1.005E+16	.000	-.336	2	.769	-.08256	.00743			-.83448	.67948
	Equal variances not assumed			-.336	1.351	.784	-.08256	.00743			-.86203	.68709

VMA

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference			Lower	Upper
VMA	Equal variances assumed	6.191E+15	.000	.318	2	.781	.08800	.27678			-1.18290	1.27890
	Equal variances not assumed			.318	1.303	.794	.08800	.27678			-1.97883	2.15483

VITM

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference			Lower	Upper
VITM	Equal variances assumed	8.831E+17	.000	.389	2	.785	1.00000	.32311			-1.29023	1.49023
	Equal variances not assumed			.389	1.312	.789	1.00000	.32311			-2.28636	2.48636

VFVA

Independent Samples Test

Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means		95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Vtaya	Equal variances assumed			-.306	2	.789	-.49000	1.60258	-7.38528
	Equal variances not assumed			-.306	1.308	.801	-.49000	1.60258	-12.41632

MQ

Independent Samples Test

Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means		95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
MQ	Equal variances assumed	9.636E+15	.000	-.010	2	.918	-1.22500	20.53249	-89.56917
	Equal variances not assumed			-.060	1.998	.968	-1.22500	20.53249	-138.56581

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Peneliti

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

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

Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041

HASIL PENGUJIAN *T-Test* TERHADAP KARAKTERISTIK *IMMERSION TEST*

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances					t Test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
ITS	Equal variances assumed	4.637E+15	.000	-281.297	2	.000	-3.14500	.01118	-3.19311 -3.09689
	Equal variances not assumed			-281.297	1.471	.000	-3.14500	.01118	-3.21469 -3.07531

HASIL PENGUJIAN *T-Test* TERHADAP KARAKTERISTIK *INDIRECT TENSILE STRENGTH (ITS)*

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances					t Test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
ITS	Equal variances assumed	2.006E+16	.000	14.773	2	.005	6.98500	.47293	4.95015 9.01985
	Equal variances not assumed			14.773	1.468	.014	6.98500	.47293	4.04436 9.92564

HASIL PENGUJIAN *T-Test* TERHADAP KARAKTERISTIK *TENSILE STRENGTH RATIO (TSR)*

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances					t Test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
TSR	Equal variances assumed			2.865	2	.103	3.19200	1.11401	-1.80118 7.98518
	Equal variances not assumed			2.865	1.359	.158	3.19200	1.11401	-4.57430 10.95830

HASIL PENGUJIAN *T-Test* TERHADAP KARAKTERISTIK *CANTABRO LOSS*

Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
CANTABRO	Equal variances assumed			.423	2	.713	15800	35440	-1.37488	1.87485
	Equal variances not assumed			.423	1.172	.737	15800	35440	-1.65743	3.35743


HASIL PENGUJIAN *T-Test* TERHADAP KARAKTERISTIK *ASPHALT FLOW DOWN (AFD)*

Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances						t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
AFD	Equal variances assumed	1.452E+18	.000	2.075	2	.174	10850	65228	-11644	33344
	Equal variances not assumed			2.075	1.061	.274	10850	65228	-47197	68697

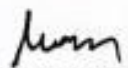
Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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


Muhammad Ichwan
NIK : 17 511 041