TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET KENDARAAN SEBAGAI PEMODIFIKASI ASPAL TERHADAP KINERJA *MARSHALL* PADA CAMPURAN *AC-WC*
(THE EFFECTS OF USING CRUM RUBBER TIRE AS AN ASPHALT MODIFIER IN AC-WC MIXES ON MARSHALL PERFOMANCE)

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

RAKA HAIKAL ADILAHAQI
18511042

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET KENDARAAN SEBAGAI PEMODIFIKASI ASPAL TERHADAP KINERJA *MARSHALL* PADA CAMPURAN *AC-WC*

(THE EFFECTS OF USING CRUM RUBBER TIRE AS AN ASPHALT MODIFIER IN AC-WC MIXES ON MARSHALL PERFOMANCE)

Disusun Oleh:

RAKA HAIKAL ADILAHAQI
18511042

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

Diuji pada tanggal 7 Agustus 2024

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji 1	Penguji 2
Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.	**Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T**	**Prayogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc.**
NIK : 015110101	**NIK: 215111307**	**NIK: 205111303**

Mengesahkan,

Ketua Program Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi. S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 0951110101

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya saya sendiri yang saya tulis. Apabila ada bagian-bagian yang saya kutip dari orang lain, telah saya tuliskan sumbernya sesuai dengan syarat dan norma yang berlaku. Apabila ada plagiasi di kemudian hari yang ditemukan pada penelitian saya yang bukan hasil karya saya sendiri, saya bersedia menerima sanksi termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai undang-undang yang berlaku.

Yogyakarta, 17 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



Raka Haikal Adilahaqi

(18511042)

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang atas Rahmat dan petunjuk-Nya, Penulis dapat menyeleseikan Tugas Akhir berjudul "Pengaruh Penggunaan Limbah Ban Karet Kendaraan Terhadap Fleksibilitas Dan Durabilitas Pada Campuran *AC-WC*". Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Sipil dari Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam Pengerjaan Tugas Akhir ini, ada banyak semangat, bantuan serta saran dari berbagai pihak, maka saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu saya ingin mengucapkan terimakasih sebesar-sebesarnya
kepada:

1. Bapak Ir.Berlian Kushari, S.T.,M.Eng.,IPM, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing yang memberikan bimbingan dan dukungan sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T.,M.Sc. sebagai Dosen Penguji I dan Bapak Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji II yang memberikan masukan dan evaluasi untuk perbaikan ke depan,
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T, Ph.D., IPM. sebagai Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Staff Laboratorium Jalan Raya UII, yang telah membantu dalam proses penelitian Tugas Akhir ini dapat terseleseikan,
5. Bapak Jamal Arifudin dan Ibu Sri Suryaningsih sebagai orang tua penyusun yang memberikan doa dan dukungan,
6. Tiara Jehan Syafira sebagai kakak yang memberikan doa serta dukungan, dan
7. Seluruh pihak yang mendukung penelitian Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 17 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Raka Haikal Adilahaqi

(18511042)

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR 1
TUGAS AKHIR ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Peneltian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Penelitian Terdahulu terkait Pengaruh Penggunaan Limbah Ban karet Terhadap Kinerja Campuran Aspal 5
2.2 Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya 9
BAB III LANDASAN TEORI 14
3.1 Karakteristik Lapisan *AC-WC* 14
3.2 Bahan Penyusun Perkerasaan Lentur Pada Lapis Permukaan 17
3.2.1 Agregat 17
3.2.2 Aspal 18
3.2.3 Filler 19
3.3 Limbah Ban Karet 19
3.4 *Asphlat Concrete Wearing Course* (*AC-WC*) 21
3.5 Karakteristik *Marshall Test* 22
3.5.1 Stabilitas (Stability) 23

3.5.2 Kepadatan *(Density*) 24
3.5.3 Kelelehan (*Flow*) 24
3.5.4 *Marshall Quotients (MQ)* 25
3.5.5 *VITM (Void in The Mix)* 26
3.5.6 *VFWA (Void Filled With Asphalt)* 27
3.5.7 *VMA (Void in Mineral Agregate)* 27
3.6 Pengujian *Cantabro Test* 28
3.7 Analisis Statistik 29
BAB IV METODE PENELITIAN 31
4.1 Jenis Penelitian 31
4.2 Jenis Pengambilan Sampel dan Data 31
4.3 Waktu Penelitian dan Lokasi 32
4.4 Prosedur Penelitian 32
4.4.1 Pemeriksaan Bahan 32
4.4.2 Persiapan Alat 34
4.4.3 Rencana Campuran *AC-WC* 35
4.4.4 Rencana campuran *AC-WC* pada masing-masing KAO 40
4.4.5 Pencampuran Aspal dengan *Additive* Serbuk Ban Karet 41
4.4.6 Perencanaan Jumlah Benda Uji 42
4.4.7 Pembuatan Campuran Perkerasan 43
4.4.8 Pengujian *Marshall* 44
4.4.9 Pengujian *Cantabro* 45
4.5 Analisis Data Penelitian 46
4.7 Bagan Alir Penelitian 48
BAB V 50
ANALISIS DAN PEMBAHASAN 50
5.1 Hasil Pengujian 50
5.1.1 Pengujian Karakteristik Agregat Kasar 50
5.1.2 Pengujian Karakteristik Agregat Halus 50
5.1.3 Pengujian Karakteristik *Filler* 51
5.1.4 Pengujian Karakteristik Aspal 51

5.1.5 Hasil pengujian KAO 53
5.1.6 Hasil Pengujian *marshall* pada Masing-Masing KAO 55
5.1.7 Hasil Pengujian Cantabro Loss pada Masing-Masing KAO 56
5.1.8 Hasil Analisis Statistik Anova 56
5.2 Pembahasan 58
5.4.1 Evaluasi Karakteristik Agregat Kasar 58
5.4.2 Evaluasi Karakteristik Agregat Halus 59
5.4.3 Evaluasi Karakteristik *Filler* 60
5.4.4 Evaluasi Karakteristik Aspal 60
5.4.5 Evaluasi Karakteristik *Marshall* 63
5.4.6 Evaluasi Karakteristik *Cantabro* 70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu 11
Tabel 2.2 Lanjutan Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu 12
Tabel 2. 3 Lanjutan Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu 13
Tabel 3.1 Persyaratan Pemerikasaan Agregat Kasar 17
Tabel 3.2 Lanjutan Persyaratan Pemerikasaan Agregat Kasar 18
Tabel 3.3 Persyaratan Agregat Halus 18
Tabel 3.4 Persyaratan Aspal Keras AC 60/70 19
Tabel 3.5 Persyaratan Aspal Modifikasi 20
Tabel 3.6 Sepesifikasi Campuran AC-WC 21
Tabel 4.1 Batas Gradasi Agregat Campuran AC-WC 36
Tabel 4.2 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5% 37
Tabel 4.3 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5,5% 38
Tabel 4.4 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6% 38
Tabel 4.5 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6,5% 39
Tabel 4.6 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 7% 39
Tabel 4. 7 Gradasi Agregat AC-WC Kadar Serbuk Ban Karet 0% 40
Tabel 4. 8 Gradasi Agregat AC-WC Kadar Serbuk Ban Karet 2% 40
Tabel 4. 9 Gradasi Agregat AC-WC Kadar Serbuk Ban Karet 4% 41
Tabel 4. 10 Gradasi Agregat AC-WC Kadar Serbuk Ban Karet 6% 41
Tabel 4. 11 Jenis Campuran Aspal AC-WC dengan bahan Serbuk Ban Karet 42
Tabel 4. 12 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) 42
Tabel 4. 13 Jumlah Benda Uji Untuk Setiap Pengujian Pada KAO 43
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar 50
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Agregat Halus 51
Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Filler 51

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Aspal Dengan Kadar Karet 0% 52
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Aspal Modifikasi Dengan Kadar Karet 2% 52
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Aspal Modifikasi Dengan Kadar Karet 4% 52
Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Aspal Modifikasi Dengan Kadar Karet 6% 52
Tabel 5. 8 Hasil pengujian Marshall *AC-WC* dengan kadar karet 0% 53
Tabel 5. 9 Hasil pengujian Marshall AC-WC dengan kadar karet 2% 53
Tabel 5. 10 Hasil pengujian Marshall AC-WC dengan kadar karet 4% 53
Tabel 5. 11 Hasil pengujian Marshall *AC-WC* dengan kadar karet 6% 54
Tabel 5. 12 Hasil pengujian *Marshall AC-WC* 56
Tabel 5. 13 Hasil Pengujian *Cantabro Loss AC-WC* 56
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi Kadar Aspal Terhadap Kadar Rubber 0% 56
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi Kadar Aspal Terhadap Kadar Rubber 2% 57
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi Kadar Aspal Terhadap Kadar Rubber 4% 57
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi Kadar Aspal Terhadap Kadar Rubber 6% 57
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi Kadar Rubber Terhadap Aspal 57
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi Kadar Rubber Terhadap Aspal 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stability 23
Gambar 3.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Density 24
Gambar 3.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Flow 25
Gambar 3.4 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai MQ 26
Gambar 3.5 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM 26
Gambar 3.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA 27
Gambar 3.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA 28
Gambar 4.1 Gradasi Agregat AC-WC Ukuran Maksimum 19mm 36
Gambar 4.7 Bagan Alir Peneltian 48
Gambar 4.8 Lanjutan Bagan Alir Peneltian 49
Gambar 5. 1 Grafik KAO *AC-WC* dengan kadar karet 0% 54
Gambar 5. 2 Grafik KAO *AC-WC* dengan kadar karet 2% 54
Gambar 5. 3 Grafik KAO AC-WC dengan kadar karet 4% 55
Gambar 5. 4 Grafik KAO AC-WC dengan kadar karet 6% 55
Gambar 5. 5 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *Stabilitas* Tiap Kadar Limbah Karet 64
Gambar 5. 6 Bar Chart Perbandingan Nilai Flow Tiap Kadar Limbah Karet 65
Gambar 5. 7 Bar Chart Perbandingan Nilai MQ Tiap Kadar Limbah Karet 66
Gambar 5. 8 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *VITM* Tiap Kadar Limbah Karet 68
Gambar 5. 9 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *VMA* Tiap Kadar Limbah Karet 69
Gambar 5. 10 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *VFWA* Tiap Kadar Limbah Karet 70
Gambar 5. 11 Bar Chart Perbandingan Nilai Cantabro Loss Tiap Variasi Kadar Limbah Ban Karet 71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70 + Karet 0% 79

Lampiran 2 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70 + Karet 0% 80

Lampiran 3 Pemeriksaan Titik Nyala dan Bakar Pen 60/70 + Karet 0% 81

Lampiran 4 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70 + Karet 0% 82

Lampiran 5 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70 + Karet 0% 83

Lampiran 6 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Pen 60/70 + Karet 0% 84

Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70 + Karet 2% 85

Lampiran 8 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70 + Karet 2% 86

Lampiran 9 Pemeriksaan Titik Nyala dan Bakar Pen 60/70 + Karet 2% 87

Lampiran 10 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70 + Karet 2% 88

Lampiran 11 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70 + Karet 2% 89

Lampiran 12 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Pen 60/70 + Karet 2% 90

Lampiran 13 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70 + Karet 4% 91

Lampiran 14 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70 + Karet 4% 92

Lampiran 15 Pemeriksaan Titik Nyala dan Bakar Pen 60/70 + Karet 4% 93

Lampiran 16 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70 + Karet 4% 94

Lampiran 17 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70 + Karet 4% 95

Lampiran 18 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Pen 60/70 + Karet 4% 96

Lampiran 19 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70 + Karet 6% 97

Lampiran 20 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70 + Karet 6% 98

Lampiran 21 Pemeriksaan Titik Nyala dan Bakar Pen 60/70 + Karet 6% 99

Lampiran 22 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70 + Karet 6% 100

Lampiran 23 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70 + Karet 6% 101

Lampiran 24 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Pen 60/70 + Karet 6% 102

Lampiran 25 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar 103

Lampiran 26 Pemeriksaan Kelekatan Agreggat Terhadap Aspal 104
Lampiran 27 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar 105
Lampiran 28 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus 106
Lampiran 29 Pemeriksaan *Sand Equivalent* 107
Lampiran 30 Pengujian *Marshall* Untuk Menentukan KAO Karet 0% 108
Lampiran 31 Rekap Pengujian *Marshall* Untuk Menentukan KAO Karet 0% 109
Lampiran 32 Pengujian *Marshall* Untuk Menentukan KAO Karet 2% 110
Lampiran 33 Rekap Pengujian *Marshall* Untuk Menentukan KAO Karet 2% 111
Lampiran 34 Pengujian *Marshall* Untuk Menentukan KAO Karet 4% 112
Lampiran 35 Rekap Pengujian *Marshall* Untuk Menentukan KAO Karet 4% 113
Lampiran 36 Pengujian *Marshall* Untuk Menentukan KAO Karet 6% 114
Lampiran 37 Rekap Pengujian *Marshall* Untuk Menentukan KAO Karet 6% 115
Lampiran 38 Hasil Pengujian *Marshall Rubber* 116
Lampiran 39 Rekap Hasil Pengujian *Marshall* Rubber 117
Lampiran 40 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* 118
Lampiran 41 *Time Schedule* Tugas Akhir 119
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 0% Karet 120
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 0% Karet 121
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 0% dan 2% Karet 122
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 2% Karet 123
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 2% dan 4 % Karet 124

Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 4% Karet 125
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 4% Karet 126
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 6% Karet 127
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 6% Karet 128
Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 6% Karet 129
Lampiran 24 Hasil Uji *Anova Masrshall* Terhadap *Rubber* 130
Lampiran 24 Hasil Uji *Anova Masrshall* Terhadap *Rubber* 131

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AASHTO = *American Association of State Highway and Transport Officials*
ASTM = *American Standart Testing and Material*
AC-WC = *Asphalt Concrete Warm Climate*
KAO = Kadar Aspal Optimum
MQ = *Marshall Quotient*
SNI = Standar Nasional Indonesia
TCE = *Trichloroethylene*
VMA = *Voids in the Mineral Aggregate*
VITM = *Voids in the Mix*
VFWA = *Voids Filled with Asphalt*
a = kehilangan kekuatan rerata satu hari (%)
A = berat piknometer dengan penutup (gr)
A = persentase agregat kasar (%)
Ao = konstanta
B = berat piknometer berisi air (gr)
B = persentase agregat halus (%)
Ba = berat beton aspal padat di dalam air (gr)
Bk = berat kering beton aspal padat (gr)
Bssd = berat kering permukaan beton aspal yang telah dipadatkan (gr)
c = berat benda uji sebelum direndam (gr)
C = berat piknometer berisi aspal (gr)
CA = agregat kasar tertahan saringan No. 8
d = berat benda uji dalam keadaan jenuh (gr)
d = diameter sampel (cm)
D = berat piknometer berisi aspal dan air (gr)
e = berat benda uji di dalam air (gr)

f	= volume benda uji (cm3)
F1	= berat jenis agregat kasar
F2	= berat jenis agregat halus
FA	= agregat halus lolos saringan No. 4 dan tertahan No. 200
Filler	= agregat halus lolos saringan No. 200
g	= nilai *density* (gr/cc)
Ga	= berat jenis aspal
Gb	= berat jenis aspal
Gmb	= berat jenis bulk dari beton aspal padat
Gmm	= berat jenis maksimum campuran aspal yang belum dipadatkan
Gsb	= berat jenis bulk dari agregat pembentuk beton aspal padat
Gse	= berat jenis bulk efektif agregat
h	= tinggi sampel (cm)
H0	= Tidak ada perbedaan signifikan antara pengaruh penggunaan limbah ban karet sebagai *Additive* pada aspal terhadap campuran *AC-WC*
H1	= Ada perbedaan signifikan antara pengaruh penggunaan limbah ban karet sebagai *Additive* pada aspal terhadap campuran *AC-WC*
K	= konstanta 0,5 – 1,0 untuk Lapis Tipis Aspal Beton (Laston)
L	= persentase kehilangan berat (%)
Mo	= berat sebelum diabrasi (gr)
M1	= berat setelah diabrasi (gr)
MQ	= nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)
p	= pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
Pa	= kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%)
Pb	= kadar aspal perkiraan
Ps	= kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%)
Pmm	= persen berat dari campuran total yang tidak dipadatkan = 100%
Pmaks	= beban puncak (kg)
q	= angka koreksi benda uji
q	= nilai stabilitas (kg)

r	= nilai kelelehan flow (mm)
S	= nilai stabilitas
Sa	= Berat jenis dalam keadaan semu (gr)
Sd	= Berat jenis dalam keadaan kering (gr)
Ss	= Berat jenis dalam keadaan jenuh kering permukaan (gr)

ABSTRAK

Lapisan aspal beton atau laston (*AC/ Asphalt Concrete*), memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada laston khususnya pada campuran *AC/WC* adalah pelepasan butiran dan retak Penambahan aditif serbuk ban karet pada aspal menjadi alternatif yang dapat digunakan untuk mempertahankan maupun meningkatkan daya rekat, titik lembek, maupun kelenturannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* dan *Cantabro Loss* pada perkerasan *AC-WC* dengan serbuk ban karet sebagai *additive* pada aspal.

Metode yang digunakan untuk penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 dan SNI. Terdapat empat tahapan pengujian pada penelitian ini, antara lain pengujian sifat fisik material bahan, pengujian guna mengetahui Kadar Aspal Optimum (KAO), pengujian *Marshall Test* dan *Cantabro loss*, dan pembuatan analisis dan pembahasan serta Kesimpulan.

Penggunaan serbuk ban karet sebagai *additive* aspal *AC*-WC memenuhi standar Bina Marga 2018 Revisi 2 dan dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam perkerasan. Hasil pengujian *Marshall* ketika menggunakan *crum rubber* sebagai *additive* pada aspal didapatkan hasil yang lebih besar dibandingkan tidak menggunakan serbuk ban karet. Uji karatersitik stabilitas aspal dengan penambahan *Crum Rubber* menunjukan penuruanan yang signifikan dalam stabilitas dan hasil terbaik terdapat pada presentase 2%. Disisi lain, nilai *Cantabro loss* akibat penambahan serbuk ban karet pada campuran menunjukan kenaikan kehilangan berat yang signifikan dengan presentase 2% memiliki keausan yang lebih kecil dibandingkan dengan presentase yang lainya.

Kata kunci : *AC-WC,*Serbuk Ban Karet,*Marshall,Cantabro loss*

ABSTRACT

Asphalt concrete (AC) or laston has a high level of flexibility. Common types of damage that occur in laston, especially in AC/WC mixtures, include aggregate detachment and cracking. Adding powdered rubber additive to asphalt is an alternative that can be used to maintain or enhance its adhesion, softening point, and flexibility. This study aims to investigate the Marshall characteristics and Cantabro loss of AC-WC pavement with rubber powder as an asphalt additive.

The research methodology follows the General Specifications of Bina Marga 2018 Revision 2 and Indonesian National Standards (SNI). The study involves four testing phases: initial physical property tests of the materials, determination of Optimum Asphalt Content (OAC), Marshall Test, and Cantabro loss testing. Analysis, discussion, and conclusions are subsequently drawn from the results.

The use of rubber tire crumb powder as an additive in AC-WC asphalt meets the Bina Marga 2018 Revision 2 standards and can be used as a material additive in paving. Marshall test results when using crumb rubber as an additive in asphalt show higher values compared to when rubber tire crumb is not used. The characteristic stability test of asphalt with the addition of crumb rubber shows a significant decrease in stability, with the best results at a 2% percentage. On the other hand, the Cantabro loss values due to the addition of rubber crumb to the mixture show a significant increase in weight loss, with the 2% percentage showing less wear compared to other percentages..

***Key Word** : AC-WC,Rubber Powder,Marshall,Cantabro loss*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya (Tahir, 2009).

Perkerasan jalan yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah lapisan aspal beton atau laston (*AC/ Asphalt Concrete*), laston memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada laston khususnya pada campuran *AC/WC* adalah pelepasan butiran dan retak. Disamping hal tersebut, kerusakan jalan juga karena terlalu tingginya viskositas aspal keras saat pencampuran dengan agregat akibat tidak berjalannya pengendalian mutu AMP sehingga temperatur aspal tidak terkontrol. Penambahan aditif pada aspal menjadi alternatif yang dapat digunakan untuk mempertahankan maupun meningkatkan daya rekatnya, titik lembek, maupun kelenturannya (Farlin, dkk, 2019).

Pemanfaatan limbah sebagai bahan tambah pada campuran beraspal merupakan suatu inovasi kreatif untuk mengurangi jumlah limbah ban bekas yang mengalami peningkatan setiap tahunnya.Pemanfaatan limbah ban bekas sebagai bahan tambah pada campuran *AC-WC* juga sangat baik untuk meningkatkan kualitas campuran beraspal itu sendiri, mengingat ban terdiri dari bahan dasar

karet dan mempunyai polimer yang sangat kuat, sehingga menghasilkan sifat-sifat yang unik seperti, kekuatan tarik yang kuat, fleksibilitas yang tinggi dan mampu menahan gaya geser sehingga cocok dijadikan sebagai bahan tambah alternatif pada campuran *AC-WC* (Bessoran, 2021). Dikutip dari Sugiyanto (2003), penggunaan ban bekas sebagai bahan tambah (*additive*) aspal telah diteliti oleh *US Department of Transportation Federal Highway Administration* di Amerika sejak tahun 1986. Hasilnya penggunaan ban hasil parutan ban bekas mampu mereduksi kerusakan pada perkerasan lentur yang diakibatkan oleh faktor cuaca dan lalu lintas (AASHTO, 1982).

Penelitian yang dilakukan menggunakan aspal modifikasi yang merupakan jenis aspal minyak yang telah ditambah dengan bahan aditif. Tujuan dari modifikasi ini adalah untuk meningkatkan fleksibilitas dan stabilitas aspal. Dari permasalahan diatas, perlu dilakukan penelitian melakukan uji laboratorium tentang "Pengaruh Penggunan Limbah Ban Karet Kendaraan Sebagai Pemodifikasi Aspal Terhadap Kinerja *Marshall* Pada Campuran *AC-WC*". Dan diharapkan dengan menambahkan campuran *AC-WC* dapat memberikan keuntungan yaitu pada perkerasaan jalan menjadi lebih awet dan dapat bertahan lama sesuai dengan masa perencanaan, sehingga tersedianya prasarana jalan yang baik pada perkerasaan lentur khusunya pada lapis aus.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dapat dirumuskan permasalah penelitian sebagai berkut ini.

1. Bagaimana dampak pemanfaatan limbah ban karet kendaran bermotor sebagai *additive* pada aspal dan apakah aspal yang dimodifikasi dengan limbah ban karet masuk spesifikasi bina marga?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan aspal hasil modifikasi terhadap sifat-sifat stabilitas,volumetrik dan *cantabro loss* pada campuran *AC-WC* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui dampak pemanfaatan limbah ban karet kendaran bermotor sebagai *additive* pada aspal dan apakah aspal yang dimodifikasi dengan limbah ban karet masuk spesifikasi bina marga.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan aspal hasil modifikasi terhadap sifat-sifat stabilitas,volumetrik dan *cantabro loss* pada campuran *AC-WC*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memanfaatkan limbah ban karet bekas yang tidak terpakai agar dapat dijadikan bahan baku aspal.
2. Mengurangi dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh limbah ban karet bekas terhadap lingkungan.
3. Memberikan informasi untuk peneliti selanjutnya untuk meneliti lebih lajut terkait inovasi penambahan limbah ban karet bekas untuk campuran aspal.

1.5 Batasan Peneltian

Batasan penelitian ini digunakan sebagai Batasan penelitian sehingga tidak terlalu jauh menganilisis. Berikut ini Batasan penelitian :

1. Penelitian ini dilakukan melalui percobaan di Laboratorium Perkerasan Jalan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan tidak dilakukan pengujian lapangan.
2. Penelitian dilakukan dengan penambahan limbah ban karet motor dan mobil sebagai *additive* pada aspal.
3. Limbah ban karet yang digunakan adalah limbah ban karet motor yang bermerek AHM(Astra Honda Motor) dan limbah ban karet mobil yang bermerek *Bridgstone* dengan kondisi bekas terpakai.
4. Aggregat kasar, aggregat halus dan *filler* dari Clereng, Kab.Kulonprogo, D.I. Yogyakarta.

5. Variasi kadar limbah serbuk ban karet kendaraan bermotor sebagai *additive* adalah 0%, 2%,4%,6%
6. Pengujian karakteristik campuran *AC-WC* terdiri dari *Marshall Test* untuk menguji sifat stabilitas dan *Cantabro* dengan penambahan limbah ban karet sebagai *addituve*.
7. Material yang digunakan adalah aspal *AC-WC* penetrasi 60-70.
8. Metode yang digunakan untuk memodifikasi aspal adalah metode *crumb rubber* sebagai *additive* aspal.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu terkait Pengaruh Penggunaan Limbah Ban karet Terhadap Kinerja Campuran Aspal

Firmansyah (2018) melakukan penelitian dengan judul Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran *AC-WC* Dengan *Filler Gypsum*. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah ban karet sebagai *additive* dan *gypsum* sebgai *filler* terhadap karakteristik *Marshall* campuran *AC-WC*, mengetahui pengaruh penambahan limbah ban karet sebagai *additive* dan gypsum sebagai *filler* terhadap permeabilitas campuran *AC-WC*, dan mengetahui pengaruh penambahan limbah ban karet sebagai *additive* dan gypsum sebagai *filler* terhadap ketahan abrasi pada campuran AC-WC dengan uji *Cantabro Test*. Penelitian dilakukan dalam 4 tahap pelaksanaan. Tahap pertama adalah membuat benda uji untuk menentukan KAO. Tahap kedua dan ketiga adalah membuat benda uji pada KAO dengan kadar aspal karet 3%, 5%, dan 7% dan *Filler Gypsum* dengan kadar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Tahap terakhir adalah pengujian Marshall Standard, Pengujian Permeabilitas, dan pengujian *Cantabro Loss* pada KAO. Kemudian melakukan analisis untuk pengambilan kesimpulan.

Hasil penelitian menunjukan bahwa karakteristik *Marshall Standart* menggunakan penambahan kadar ban karet mengalami penurunan nilai stabilitas, dan *MQ* serta menaiknya nilai *flow*. Sedangkan kadar penggunaan *Gypsum* sebagai *filler* meningkatkan nilai stabilitas pada kadar 5% sampai 6%, kemudian pada kadar 6,5% dan 7% mengalami penurunan. Nilai *flow* mengalami peningkatan dan nilai *MQ* mengalami penurunan. Penurunan stabilitas paling besar terdapat pada kadar karet 7% dan *filler gypsum* 7%. Nilai *flow* mengalami peningkatan terbesar pada kadar ban karet 7% dan *filler* gypsum 7%. penurunan nilai *MQ* paling rendah pada kadar ban karet 7% dan *filler gypsum* 7%. Pengujian terhadap permeabilitas dengan penambahan kadar karet dan *filler gypsum*

menunjukan hasil indikator drainase jelek. Pengujian terhadap *cantrabo* yang menggunakan penambahan kadar karet dan *filler gypsum* mengalami presentase kehilangan berat yang menurun. Spesifikasi Bina Marga untuk pengujian *Cantrabo* adalah <20%.

Juliansyah (2017) melakukan penelitian dengan judul Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai *Additive* Untuk Mengatasi Penurunan Kinerja Campuran Superpave Akibat Rendaman Air Hujan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh limbah ban karet terhadap sifat fisik aspal. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode eksperimental. Pengujian yang dilakukan pertama adalah pengujian karakteristik bahan yaitu aspal, aspal ban karet, agregat halus, dan agregat kasar. Kemudian melakukan pengujian dengan membuat benda uji untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO). Selanjutnya pengujian dilanjutkan dengan membuat benda uji pada KAO dengan variasi kadar karet 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan variasi rendaman 0 jam, 48 jam, dan 96 jam. Selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall Standard, Immersion, Indirect Tensile Strength*, Permeabilitas, dan *Cantabro test*. Persyaratan dan prosedur pengujian mengacu kepada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Bina Marga yang kemudian dilakukan analisis untuk pengambilan kesimpulan dan saran. Penelitian ini menunjukkan secara keseluruhan bahwa semakin besar kadar ban karet, maka dapat mengurangi kinerja campuran akibat rendaman air hujan. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan nilai stabilitas dan *Marshall Quotient* (*MQ*) mengalami penurunan yang signifikan akibat rendaman air hujan. Sedangkan semakin besar kandungan ban karet, maka penurunan stabilitas dan *MQ* akan semakin kecil. Hasil pengujian menunjukkan angka persentase penurunan stabilitas setelah rendaman air hujan 96 jam dengan ban karet 0% adalah sebesar 90% dan karet 6% adalah sebesar 76,7%. Persentase penurunan nilai *MQ* setelah rendaman 96 jam dengan ban karet 0% adalah sebesar 82,6% dan karet 6% adalah sebesar 65,4%. Hasil analisa permeabilitas campuran dengan kadar karet 0% dan 6% menunjukkan tidak ada perbedaan hasil yang signifikan pada kecepatan alirannya. Hasil uji *Indirect Tensile Strength* (*ITS*) menunjukkan bahwa nilai *ITS* menurun akibat rendaman air hujan. Campuran

karet 0% memiliki nilai yang lebih rendah secara signifikan dibandingkan dengan kadar ban karet 6%. Persentase penurunan nilai ITS setelah rendaman air hujan 96 jam dengan ban karet 0% adalah sebesar 68,3% 5 dan karet 6% adalah sebesar 80,1%. Pada pengujian *Cantabro*, nilai *Cantabro Loss* semakin meningkat pada rendaman air hujan dengan peningkatan yang lebih lambat pada campuran dengan kandungan ban karet yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar ban karet, maka peningkatan nilai *Cantabro Loss* akan signifikan lebih besar, sehingga dapat diartikan bahwa penambahan ban karet dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap disintergrasi akibat benturan. Persentase penurunan nilai *Cantabro Loss* dengan ban karet 0% adalah sebesar 57,6% dan karet 6% adalah sebesar 78,4 %.

Prayoga (2009) melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Penambahan Limbah Karet Sol pada Parameter *Marshall* Campuran Aspal Beton. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO) pada benda uji kontrol dan pengaruh dari penambahan limbah karet sol sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% terhadap laston dibanding dengan ditambahkan limbah karet sol pada KAO. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan dan Transportasi Universitas Negeri Malang dengan sampel agregat dari sisa limbah karet sol yang sudah tidak terpakai dan aspal minyak/aspal keras penetrasi 60/70, Benda uji kontrol dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5%. Benda uji penelitian ditambah Limbah Karet sol sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% pada KAO, setiap variasi menggunakan 3 buah benda uji. Hasil penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) kadar aspal optimum (KAO) adalah 5,475%, dengan campuran tanpa limbah karet sol memiliki nilai stabilitas 1178,25 kg, *flow* 3,75 mm, *VIM* 5,3%, *VMA* 20,72%, dan *Marshall Quotient* 313,24 kg/mm, (2) pengaruh penambahan limbah karet sol ditinjau dari stabilitas *marshall* terhadap campuran aspal dengan limbah karet sol adalah: penambahan 2% diperoleh stabilitas *marshall* 1132,8 kg, penambahan 4% diperoleh stabilitas *marshall* 1111,37 kg, penambahan 6% diperoleh stabilitas *marshall* 1283,91 kg, penambahan 8% diperoleh stabilitas *marshall* 1300,63 kg, dan penambahan 10% diperoleh stabilitas *marshall* 1427,28 kg. Kesimpulan dari penelitian ini adalah

penambahan limbah karet sol pada campuran aspal berpengaruh terhadap parameter *marshall*, dimana nilai stabilitas *marshall* akan semakin naik dengan bertambahnya kadar limbah karet sol dalam campuran.

Pinandita (2017) melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Limbah Karet Ban sebagai Campuran Aspal Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Jenis Perkerasaan Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Kelas B. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kinerja campuran agregat aspal pada konstruksi jenis perkerjaan jalan tipis aspal (latasir) kelas B. Percobaan dilakukan dengan cara memodifikasi bahan ganti campuran aspal menggunakan karet ban bekas. Harapan penelitian ini adalah dapat mengurangi kepekaan aspal terhadap temperatur dan keelastisanya. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan beberapa campuran aspal yang menggunakan beberapa variasi kadar karet pada aspal sebesar 0%, 2%, 3%, 5%, dan 6% dengan acuan kadar aspal optimum rencana (Pb) yaitu 7,68% pada kondisi standar. Hasil uji karakteristik *Marshall* dari 6 variasi sampel tersebut didapatkan hasil terbaik pada kadar ban bekas 3% dengan nilai *VIM* 4,242%, nilai *VMA* 23,92%, nilai *VFA* 80,62%, nilai rerata Stabilitas *Marshall* 1094,33 kg, nilai rerata Kelelehan (*flow*) 2,82 mm, dan nilai rerata *Marshall Quotient* (*MQ*) 388,13 kg/mm.

Aditama (2020) melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Penggunaan Serbuk Ban Karet Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. Penelitian ini menggunakan serbuk ban karet sebagai pengganti agregat halus pada campuran (*AC-WC*) terhadap kinerja perkerasan jalan raya dapat menaikkan nilai *flow* seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban karet. Penelitian tersebut menggunakan serbuk ban karet sebagai pengganti agregat halus pada saringan no.16 dengan kadar 0% , 25%,50%,75,dan 100% pada beton aspal *AC-WC* dengan pengujian *Cantabro,* dan *Marshall*. Semakin bertambahnya proporsi serbuk ban karet pada campuran *AC-WC* menyebabkan menurunnya nilai stabilitas, *MQ*, *VITM*, dan *VMA* dan pada nilai *Flow*, dan *VFWA* cenderung mengalami kenaikan. Penurunan stabilitas terbesar padar kadar serbuk ban karet 100% sebesar 1006,51 kg, nilai *Flow* mengalami kenaikan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100%

sebesar 3,6 mm, nilai *VITM* mengalami penurunan terbesar pada proporsi serbuk ban karet 100% sebesar 3,3%, nilai *VFWA* mengalami kenaikan terbesar pada proporsi serbuk ban karet 100% sebesar 80,39%, nilai *VMA* mengalami penurunan terbesar pada proporsi serbuk ban karet 100% sebesar 17,40%, nilai *MQ* mengalami penurunan terbesar pada proporsi serbuk ban karet 100% sebesar 284,22 kg/mm, dan nilai *Density* mengalami kenaikan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 2,423 gr/cc. Dari hasil yang didapat substitusi serbuk ban karet dengan proporsi 0% sampai 100% masih masuk ke dalam persyaratan karakteristik *Marshall* yang telah ditentukan oleh Bina Marga 2010. Semakin bertambah proporsi serbuk ban karet dari 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% pada campuran,menyebabkan nilai IRS mengalami penurunan, tetapi untuk proporsi ban karet 100% nilai IRS tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010. Syarat spesifikasi IRS Bina Marga 2010 yaitu minimum 90%. Nilai *IRS* mengalami penurunan pada penggunaan serbuk ban karet sebagai pengganti campuran *AC-WC* menunjukkan bahwa campuran 99 tersebut kurang tahan terhadap pengaruh cuaca, suhu, air, dan beban lalu lintas. Semakin bertambah serbuk ban karet sebagai substitusi agregat halus pada campuran AC-WC dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% mengakibatkan kenaikan nilai *Cantabro* atau mengalami kehilangan berat semakin besar. Nilai *Cantabro* mengalami kenaikan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 3,2629%. Nilai *Indirect Tensile Strength* pada campuran *AC-WC* yang menggunakan kadar serbuk ban karet sebagai substitusi agregat halus no.16 mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya proporsi serbuk ban karet. Dan penurunan terbesar pada proporsi 100% sebesar 19,15 kg/cm2 .

2.2 Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian yang akan dilakukan, Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran *AC-WC*. Peneltian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah ban karet sebagai *additive* dan terhadap karakteristik *Marshall* campuran *AC-WC* dan mengetahui pengaruh penambahan limbah ban karet sebagai *additive* terhadap ketahanan abrasi pada

campuran *AC-WC* dengan uji *Cantabro Test*. Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap pelaksanaan. Tahap pertama adalah membuat benda uji untuk menentukan KAO. Tahap kedua adalah membuat benda uji pada KAO dengan kadar aspal karet kendaraan bermotor 0%,2%,4%,6% Tahap terakhir adalah pengujian *Marshall Standard* dan pengujian *Cantabro Loss* pada KAO. Kemudian melakukan analisis untuk pengambilan kesimpulan.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Firmansyah (2018)	Juliansyah (2017)	Prayogo (2009)	Pinandita (2017)	Aditama (2020)	Adilahaqi (2024)
Judul Penelitian	Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran *AC-WC* Dengan *Filler Gypsum*	Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai *Additive* Untuk Mengatasi Penurunan Kinerja Campuran *Superpave* Akibat Rendaman Air Hujan	Pengaruh Penambahan Limbah Karet Sol pada Parameter *Marshall* Campuran Aspal Beton	Pengaruh Limbah Karet Ban sebagai Campuran Aspal Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Jenis Perkerasaan Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Kelas B	Pengaruh Penggunaan Serbuk Ban Karet Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*	Pengaruh Penggunaan Limbah Ban Karet Kendaraan Sebagai Pemodifikasi Aspal Terhadap Kinerja *Marshall* Pada Campuran *AC-WC*
Jenis Campuran	*AC-WC*	*Superpave*	*AC-WC*	*AC-WC*	*AC-WC*	*AC-WC*
Jenis Aspal	Aspal Pen 60/70	Aspal Pen 60/70	Aspal Pen 60/70	Aspal Pen 60/70	BNA Blend 75:25	Aspal Pen 60/70
Bahan	Limbah Ban Karet	Limbah Ban Karet	Limbah Ban Karet	Limbah Ban Karet	Limbah Ban Karet	Limbah Ban Karet

Sumber: Firmansyah (2018), Juliansyah (2017), Prayogo (2009), Pinandita (2017), Aditama (2020) dan Adilahaqi (2024)

Tabel 2.2 Lanjutan Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Firmansyah (2018)	Juliansyah (2017)	Prayogo (2009)	Pinandita (2017)	Aditama (2020)	Adilahaqi (2024)
Metode Penelitian	Menggunakan metode *Marshall*,Permeabilitas, dan *Cantabro* dengan menambahkan limbah ban karet dengan kadar (0%,3%,5%,7%) dan *Gypsum* (5,5%,6%,6,5%, 7%)	Mengunaakan *metode Marshall, Index of Tensile Strength (ITS), Cantabro Loss*,dan Permeabilitas dengan menambahakan limbah ban karet dengan kadar (0%,2%,4%,6%)	Menggunakan metode *Marshall* dengan menambahkan limbah karet sol (0%,2%,4%,6%, 8%,10%)	Menggunakan metode *Marshall* dengan menambahkan limbah ban karet (0%,2%,3%,5%,6 %)	Mengunaakan metode *Marshall*, Index of Tensile Strength (*ITS*), dan *Cantabro Loss* dengan mencampur serbuk ban bekas dengan kadar 0%,25%,50%,75 %dan 100% sebagai pengganti aggregat halus pada fraksi no.16	Mengunaakan metode *Marshall* dan *Cantabro Loss* dengan menambahkan serbuk ban bekas dengan kadar 0%,2%,4%,6% pada aspal

Sumber: Firmansyah (2018), Juliansyah (2017), Prayogo (2009), Pinandita (2017), Aditama (2020) dan Adilahaqi (2024)

Tabel 2. 3 Lanjutan Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Firmansyah (2018)	Juliansyah (2017)	Prayogo (2009)	Pinandita (2017)	Aditama (2020)	Adilahaqi (2024)
Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukan bahwa karakteristik *Marshall Standart* menggunakan penambahan kadar ban karet mengalami penurunan nilai stabilitas, dan *MQ* serta menaiknya nilai *flow*. Sedangkan kadar penggunaan *Gypsum* sebagai *filler* meningkatkan nilai stabilitas pada kadar 5% sampai 6%, kemudian pada kadar 6,5% dan 7% mengalami penurunan.	Hasil uji (*ITS*) menunjukkan bahwa nilai *ITS* menurun akibat rendaman air hujan. Campuran karet 0% memiliki nilai yang lebih rendah secara signifikan dibandingkan dengan kadar ban karet 6% dan pada *Cantabro* menunjukkan bahwa semakin besar kadar ban karet, maka peningkatan nilai *Cantabro Loss* akan signifikan lebih besar	Hasil Uji Menunjukan: (1) KAO adalah 5,475%, dengan campuran tanpa limbah karet sol memiliki nilai stabilitas 1178,25 kg, *flow* 3,75 mm, *VIM* 5,3%, *VMA* 20,72%, dan *marshall quotient* 313,24 kg/mm, (2) pengaruh penambahan limbah karet sol adalah: penambahan 2% diperoleh stabilitas *marshall* 1132,8 kg, penambahan 4% diperoleh stabilitas *marshall* 1111,37 kg, penambahan 6% diperoleh stabilitas *marshall* 1283,91 kg, penambahan 8% diperoleh stabilitas *marshall* 1300,63 kg, dan penambahan 10% diperoleh stabilitas *marshall* 1427,28 kg.	Hasil uji karakteristik *Marshall* dari 6 variasi sampel tersebut didapatkan hasil terbaik pada kadar ban bekas 3% dengan nilai *VIM* 4,242%, nilai *VMA* 23,92%, nilai *VFA* 80,62%, nilai rerata Stabilitas *Marshall* 1094,33 kg, nilai rerata Kelelehan (*flow*) 2,82 mm, dan nilai rerata *Marshall Quotient (MQ)* 388,13 kg/mm.	Penambahan serbuk ban karet menurunkan nilai stabilitas,*MQ,VIT M,*dan *VMA* dan pada nilai *Flow,*dan *VFWA* cenderung mengalami kenaikan standar dari hasil yang didapat substitusi serbuk ban karet dengan proporsi 0% sampai 100% masih masuk ke dalam persyaratan karakteristik *Marshall* yang telah ditentukan oleh Bina Marga 2010.	Hasil pengujian Marshall ketika menggunakan serbuk ban karet sebagai additive pada aspal di dapatkan hasil yang lebih besar dibandingkan tidak menggunakan serbuk ban karet dan hasil terbaik terdapat pada presentase 2%. Pada pengujian Cantabro loss AC-WC penambahan serbuk ban karet 2% memiliki keausan yang lebih kecil dibandingkan dengan presentase yang lainya.

Sumber: Firmansyah (2018), Juliansyah (2017), Prayogo (2009), Pinandita (2017), Aditama (2020) dan Adilahaqi (2024)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Karakteristik Lapisan *AC-WC*

Lapisan aspal beton laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete –Wearing Course)*. Menurut Tahir (2009) tebal minimum *AC – WC* adalah 4 cm. Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.

Menurut Silvia Sukirman (2003) bahwa campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran beton aspal (*AC*) harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Stabilitas (*Stability*)

   Stabilitas pekerasaan jalan adalah kemampuan lapisan mempertahankan bentuknya setelah menerima beban lalu lintas. Perubahan bentuk yang umum terjadi contohnya gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas perkerasan memiliki tingkat yang sama dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan melalui jalan tersebut. Jalan yang volume lalu lintasnya tinggi dan sebagian besar adalah kendaraan berat membutuhkan stabilitas perkerasan yang lebih besar dibandingkan dengan *volume* lalu lintasnya yang kecil. Namun, apabila kestabilan memiliki nilai terlalu tinggi, maka dapat menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat retak. Dengan demikian stabilitas harus diperhitungkan sesuai dengan kebutuhan lalu lintas. Untuk meningkatkan nilai stabilitas, maka dapat digunakan bahan-bahan sebagai berikut.

   a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
   b. Agregat dengan permukaan yang kasar.

c. Aspal dengan penetrasi rendah.
d. Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

2. Keawetan/Daya Tahan (*Durability*)

Durability atau Durabilitas dibutuhkan pada lapisan permukaan agar lapisan mampu menahan keausan akibat faktor-faktor eksternal seperti cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapisan perkerasan adalah sebagai berikut.

a. VITM (*Voids in The Total Mix*) yang kecil sehingga lapisan kedap oleh air dan udara tidak dapat masuk atau hanya dapat masuk sedikit ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi yang dapat menyebabkan aspal menjadi rapuh (getas).
b. VMA (*Void in Mineral Aggregate*) yang besar sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika *VITM* dan *VMA* kecil serta kadar aspal tinggi, maka dapat terjadi *bleeding* dan penuruan kinerja yang cukup besar. Untuk mencapai *VMA* yang besar ini, maka dapat dipergunakan agregat bergradasi senjang.
c. Film (Selimut) aspal, film aspal yang lebih tebal dapat membuat lapis aspal memiliki durabilitas yang lebih tinggi, tetapi potensi terjadinya *bleeding* dapat menjadi besar.

3. Kelenturan *(Flexibility*)

Kelenturan pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk mengikuti deformasi yang terjadi oleh beban lalu lintas berulang tanpa perubahan fisik seperti timbulnya retak dan perubahan *volume*. Fleksibilitas yang tinggi dapat menggunakan beberapa cara seperti berikut.

a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga didapatkan *VMA* yang besar.
b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
c. Pengunaan kadar aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh *VITM* yang kecil.

4. Kekesatan (*Skid Resitance*)

   Kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami *slip*, baik ketika keadaan basah (karena hujan) maupun kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Nilai koefisien gesek yang tinggi dapat diperoleh dengan hal sebagai berikut.

   a. Penggunaan agregat dengan permukaan yang kasar.
   b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
   c. Penggunaan agregat kasar yang cukup.
   d. Penggunaan agregat yang berbentuk kubus

5. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

   Ketahanan terhadap kelelahan adalah ketahanan dari lapis perkerasan dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan (*fatigue*) yang berupa alur (*rutting*) dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan dari lapis perkerasan adalah sebagai berikut.

   a. *VITM* yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan (*fatigue*) yang lebih cepat.
   b. *VMA* dan kadar aspal yang tinggi dapat membuat lapis perkerasan menjadi fleksibel.

6. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

   Workability adalah seberapa mudah suatu campuran untuk dihamparkan dan dipadatkan sehingga didapatkan hasil yang memenuhi harapan. *Workability* ini dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut.

   a. Gradasi agregat, agregat dengan gradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat dengan gradasi lainnya.
   b. Temperatur campuran, mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
   c. Kandungan pengganti (*filler)* atau tambahan (*additive)* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pelaksanaan lebih sulit.

3.2 Bahan Penyusun Perkerasaan Lentur Pada Lapis Permukaan

3.2.1 *Agregat*

Agregat adalah salah satu komponen penting dalam perkerasan jalan selain aspal. Agregat dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam seperti pasir, kerikil, dan batu pecah, dan agregat buatan yang terdiri dari terak (hasil dari pabrik peleburan besi) serta hasil sampingan dari pabrik semen dan mesin pemecah batu (Bina Marga, 2018)

Menurut Bina Marga (2018) berdasarkan besar pertikel-partikel agregat. Agregat dapat dibedakan atas sebagai berikut.

1. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos ayakan No 4 (4,75 mm)
2. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan saringan N0.4 (4,75 mm)
3. Bahan pengisi/*filler*, yaitu bahan berbutir halus yang lolos ayakan No. 200.

Distribusi partikel berdasarkan ukuran agregat, yang dikenal sebagai gradasi, merupakan faktor yang sangat krusial dalam menentukan ukuran agregat yang tepat. Agregat adalah komponen penting untuk menentukan kestabilan perkerasan. Berikut gradasi agregat dibedakan terdiri dari :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran butiran yang hampir sama.
2. Gradasi rapat (*dense graded*) adalah campuran agregat dengan butiran kasar dan halus dalam porsi seimbang.
3. Gradasi buruk (*poorly graded*) adalah campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori gradasi di atas.

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini harus memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga (2018) yang tercantum dalam Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Persyaratan Pemerikasaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat
1	Keausan dengan mesin Los Angeles	SNI 2417 : 2008	<30%
2	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439 : 2011	<95%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

Tabel 3.2 Lanjutan Persyaratan Pemerikasaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat
3	Kekekalan bentuk agregat terhadap natrium	SNI 3407 : 2008	12%
4	Material lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117 : 2012	<1%
5	Butir pecah pada agregat kasar	SNI 7619:2012	96/90
6	Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791-10 perb 1:5	<10%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

Tabel 3.3 Persyaratan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar	Syarat
1	Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428:1997	Min.50%
2	Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min.45
3	Gumpalan Lempung dan Butir-butir mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141- 1996	Maks 1 %
4	Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks.10%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

3.2.2 *Aspal*

Aspal memiliki pengertian sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang padat sampai agak padat, berfungsi sebagai bahan pengikat antara agregat (Sukirman,1992). Menurut Totomidharjo (2000) pemilihan aspal sebagai bahan ikat pada campuran (*hot mix*), seperti pada persyaratan aspal berikut ini.

1. Kekakuan/kekerasan (*stiffness*) aspal yang digunakan harus mempunyai kekerasan yang cukup.
2. *Workability* harus memadai agar mudah untuk dikerjakan, terutama pada pelaksanaan penggelaran dan memudahkan dalam pemadatan untuk memperoleh lapis perkerassan yang padat kompak.
3. Kuat tarik dan adhesi (*Tensile Strength and Adhesion*) harus dibuat tahan terhadap kerusakan. *Cracking* (retak), ditahan oleh kuat tarik, *Freeting* (pengelupasan), ditahan oleh adhesi, dan *Ravelling* (goyah), ditahan oleh kuat tarik dan adhesi.

4. Tahan terhadap cuaca agar perkerasan tetap memliki konsistensi tahan gesek (*skid resistance*).

Aspal yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti dalam tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Persyaratan Aspal Keras AC 60/70

No.	Jenis Pengujian	Standar	Nilai
1	Berat jenis	SNI-2441:2011	≥ 1,0
2	Penetrasi pada 25˚ C (0,1mm)	SNI-2456:2011	60-70
3	Daktilitas pada 25˚ C (cm)	SNI-2432:2011	≥ 100
4	Titik nyala (˚C)	SNI-2433-2011	≥ 232
5	Kelarutan dalam TCE(%)	AASHTO T44-14	≥ 99
6	Titik lembek (˚C)	SNI-2434:2011	≥ 48
7	Viskositas Kinematis 135˚ C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300
9	Kadar Parafin	SNI 03-3639-2002	≤ 2

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2018) Revisi 2

3.2.3 *Filler*

Filler merupakan mineral dengan ukuran sangat halus dari agregat beton aspal yang melewati saringan No. 200 dan tidak boleh lembab. Terdapat pendapat yang menyatakan bahwa *filler* berfungsi untuk melengkapi garis gradasi batuan, sementara pendapat lain lebih mengarah pada pandangan bahwa *filler* berinteraksi langsung dengan aspal dan meningkatkan kemampuan aspal untuk menahan panas tinggi di lapangan (Seohartono, 2014).

3.3 Limbah Ban Karet

3.3.1 Limbah Ban Karet

Ban karet dihasilkan dari campuran karet alam dan karet sintetis yang diproduksi oleh pabrik ban dengan penambahan serat dan karbon. Ban karet berfungsi sebagai roda bagi kendaraan bermotor untuk bisa bergerak dan merupakan benda yang sering bersentuhan langsung dengan aspal jalan, sehingga ban karet tidak bisa bertahan lama jika digunakan secara terus menerus. Sehingga perlu upaya untuk mengurangi limbah ban karet dengan menggunakannya sebagai

pengganti agregat halus pada campuran beton aspal. Aspal modifikasi adalah aspal minyak yang diperkaya dengan berbagai aditif untuk meningkatkan performanya.

3.3.2 Modifikasi Aspal Dengan Penambahan Limbah Ban karet

Soehartono (2014) menyatakan *Re-used tyre rubber* atau karet bekas ban mobil yang diserut menjadi bubuk, dicampurkan ke dalam aspal. Penggunaan karet ban bekas ini sangat dianjurkan di Amerika karena memanfaatkan bahan bekas dan mengurangi tumpukan ban bekas yang menggunung (Tanjung, 2020). Di Indonesia, industri aspal modifikasi mulai berkembang karena permintaan akan kebutuhan untuk membangun jalan yang dapat bertahan lebih dari 10 tahun. Namun, hingga saat ini, belum ada teknologi yang dapat sepenuhnya melarutkan bubuk ban bekas dan mencampurnya secara merata untuk meningkatkan kinerja aspal atau mengurangi jumlah aspal yang digunakan untuk upaya penghematan. Sebagian besar bubuk ban bekas tersebut berfungsi sebagai *filler* lunak yang menambah fleksibilitas campuran, namun seringkali mengurangi kelengketan aspal terhadap batuan (Firmansyah, 2018).

Bahan tambahan yang digunakan dalam aspal baku sangat mempengaruhi sifat dasar aspal, termasuk persyaratan aspal baku harus diperhatikan dalam proses modifikasi (Soehartono, 2014). Aspal modifikasi yang digunakan harus memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2018) seperti pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Persyaratan Aspal Modifikasi

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Nilai Persyaratan
1	Penetrasi,25 ˚C	SNI-2456:2011	Dilaporkan[1]
2	Titik lembek, (˚C)	SNI-2434:2011	Dilaporkan [2]
3	Titik nyala (˚C)	SNI-2433:2011	≥230
4	Berat Jenis	SNI-24412011	≥1
5	Kelarutan Dalam *Trichloroethylene* (%)	AASHTO T44-03	≥99
6	Dektalitas,25˚C (cm)	SNI-2432:2011	-
7	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (˚C)	ASTM D 5976 part 6.1	≤ 2,2

Catatan :

(1) Ketentuan untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah ± 4 (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi <50 adalah ± 2 (0,1)

(2) Ketentuan titik lembek diterima adalah ± 1˚C dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

3.4 *Asphlat Concrete Wearing Course* (AC-WC)

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) adalah lapis beton aspal yang digunakan sebagai permukaan jalan. Lapisan ini umumnya memiliki ketebalan sekitar 5 cm, berfungsi sebagai lapis aus dan juga sebagai lapis penutup. Penempatan di posisi paling atas bertujuan untuk mencegah masalah seperti pelunakan (*bleeding*) dan perubahan bentuk (*bulging*) yang dapat terlihat visual pada marka jalan yang bengkok. Lapis ini juga dirancang untuk tahan terhadap retakan yang dapat menyebabkan kebocoran air serta mampu menjaga daya lengket agar tidak mudah kehilangan butiran aspal (Soehartono, 2014). Adapun spesifikasi campuran *AC-WC* dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.6 Sepesifikasi Campuran AC-WC

Ukuran Ayakan		Laston (AC)		
ASTM	Mm	WC	BC	Base
1 ½”	37,5			100
1”	25		100	90-100
¾”	19	100	90-100	76-90
½”	12,5	90-100	75-90	60-78
3/8”	9,5	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	21-40	18-38	13-30
No.30	0,6	14-30	12-28	10-22
No.50	0,3	9-22	7-20	6-15
No.100	0,15	6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

3.5 Karakteristik *Marshall Test*

Marshall test adalah suatu uji yang digunakan untuk menguji beton aspal dan memastikan bahwa karakteristiknya sudah sesuai dengan perencanaan. Pengujian *marshall test* dapat mengetahui persentase kandungan aspal yang diperlukan untuk mencapai gradasi batuan yang telah direncanakan sehingga menghasilkan kuat tekan yang optimal. Uji *Marshall* merupakan metode untuk mengukur stabilitas dan kelelehan plastis campuran aspal. Beberapa parameter yang diukur dalam *Marshall Test* meliputi stabilitas (*stability*), kelelehan (*flow*), MQ (*Marshall Quotient*), VITM (*Void in The Total Mix*), VFWA (*Void Filled with Asphalt*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan kepadatan (*density*) (Soehartono, 2014).

Adapun ketentuan-ketentuan untuk uji karakteristik *Marshall Test* dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Karateristik *Marshall* Campuran *AC-WC*

Sifat-sifat Campuran		**Jenis Campuran**
		AC-WC
Stabilitas *Marshall* (kg)	Min.	800
Flow (pelelehan) (mm)	Min.	2
	Maks.	4
VMA (*Void In Mineral Agreggat*) (%)	Min.	15
VITM (*Void Filled With Asphalt*) (%)	Min.	3
	Maks.	5
VFWA(Void *Filled With Asphalt*)(%)	Min.	65
Marshall Quotient (kg/mm)	-	-
Density (Kepadatan)	-	-

Sumber : Binar Marga (2018) Revisi 2

Adapun Ketentuan-ketentuan untuk uji karakteristik *Marshall Test* pada campuran *AC-WC* modifikasi dengan tambah serbuk ban karet dapat dilihat pada tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.5 Karateristik *Marshall* Campuran *AC-WC* Modifikasi

Sifat-sifat Campuran		Jenis Campuran
		AC-WC
Stabilitas *Marshall* (kg)	Min.	1000
Flow (pelelehan) (mm)	Min.	2
	Maks.	4
VMA (*Void In Mineral Agreggat*) (%)	Min.	15
VITM (*Void Filled With Asphalt*) (%)	Min.	3
	Maks.	5
VFWA(Void *Filled With Asphalt*)(%)	Min.	65
Marshall Quotient (kg/mm)	-	-
Density (Kepadatan)	-	-

Sumber : Binar Marga (2018) Revisi 2

3.5.1 Stabilitas (Stability)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk fisik seperti gelombang, alur (*rutting*), dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas memiliki tingkat yang sama dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Nilai stabilitas yang dipakai dihitung dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

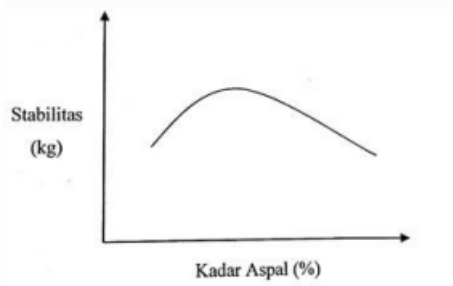
$$q = p \times s \quad (3.1)$$

Keterangan :

q = angka stabilitas

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

s = koreksi benda uji



Gambar 3.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Stability*
(Sumber Sukirman,1992)

3.5.2 Kepadatan (Density)

Kepadatan (*Density*) merupakan berat campuran yang diukur setiap satuan volume. Seiring meningkatnya kadar aspal, maka nilai *density* juga akan meningkat, hal ini dikarenakan aspal melumasi partikel campuran sehingga memudahkan usaha pemadatan untuk mendesak partikel saling berdekatan dan saling mengisi rongga. Nilai kepadatan atau *density* dapat dihitung dengan Persamaan 3.2 dan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.2)$$

$$f = d - e \quad (3.3)$$

Keterangan:

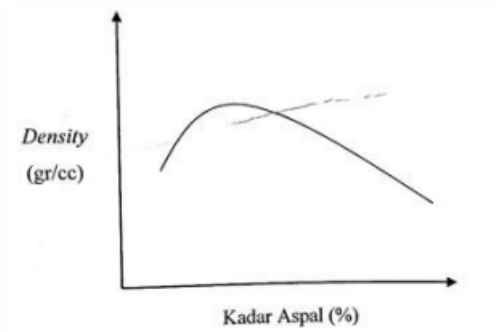
g = nilai *density* (gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (g)

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh (g)

e = berat dalam air

f = volume benda uji (cm^3)

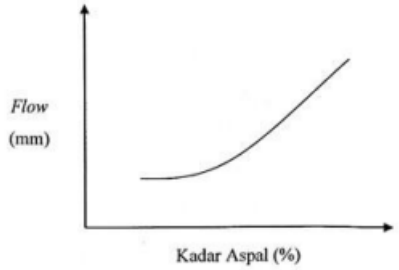


Gambar 3.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*
(Sumber Sukirman,1992)

3.5.3 Kelelehan (Flow)

Nilai kelelehan memberikan informasi terhadap besar deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat beban yang di terimanya. Nilai *flow* diperoleh dari pembacaan arloji *flow* saat *Marshall Test* berlangsung. Nilai *flow* disajikan dalam

satuan milimeter (mm). Adapun garfik hubungan kadar aspal dan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow*
(Sumber Sukirman,1992)

3.5.4 Marshall Quotients (MQ)

Marshall Qoutient adalah rasio antara stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *MQ* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall*. Fleksibilitas akan naik diakibatkan oleh penambahan kandungan aspal dan akan turun setelah sampai pada batas optimum, yang disebabkan oleh berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Apabila nilai *MQ* semakin besar, maka campuran akan besifat kaku dan sebaliknya. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.4 dan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *MQ* dapat dilihat pada Gambar 3.4.

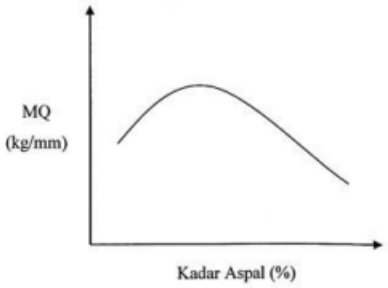
$$MQ = \frac{q}{r} \qquad (3.4)$$

Keterangan :

MQ = nilai *Marshall Quotient*

q = nilai stabiltias (kg)

r = nilai flow (mm)



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai MQ
(Sumber Sukirman,1992)

3.5.5 VITM (Void in The Mix)

Nilai *VITM* (*Void in The Mix*) yaitu berkaitan dengan persentase rongga dalam campuran diantara partikel berselimut aspal. Semakin besar jumlah rongga (*void*) maka tingkat kepadatannya akan semakin rendah dan berlaku sebaliknya. Nilai *VITM* dapat diperoleh dari Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$n = 100-(100 - \frac{g}{h}) \quad (3.5)$$

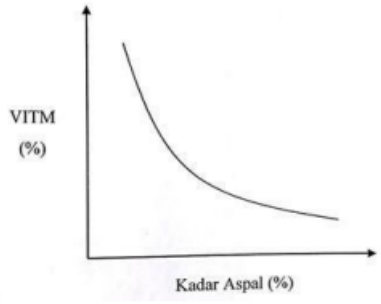
$$h = 100-(\frac{100}{(\frac{\%\ Agregat}{BJ\ Agregat}+\frac{\%Aspal}{BJ\ Aspal})}) \quad (3.6)$$

Keterangan :

n = nilai *VITM*

g = berat isi sampel (gr/cc)

h = berat jenis maksimum teoritis campuran



Gambar 3.5 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM
(Sumber Sukirman,1992)

3.5.6 VFWA (Void Filled With Asphalt)

VFWA (*Void Filled With Asphalt*) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.7 sampai Persamaan 3.11 sebagai berikut.

1. Persentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100+a}\ x\ 100 \qquad (3.7)$$

Keterangan :

α = persentase aspal terhadap batuan

b = persentase aspal terhadap campuran

2. Persentase aspal terhadap agregat

$$M = 100 \text{ x } \frac{i}{l} \qquad (3.8)$$

$$i = \frac{b\ x\ g}{Bj\ Aspal} \qquad (3.9)$$

$$l = 100 - j \qquad (3.10)$$

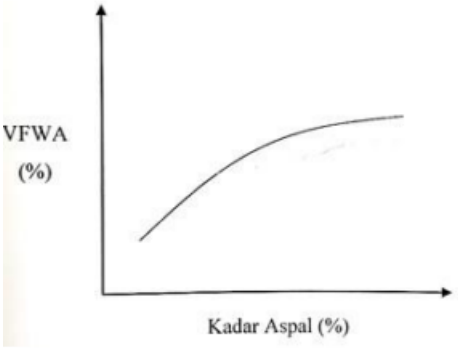
$$j = \frac{(100-b)x\ g}{BJ\ Agregat} \qquad (3.11)$$

Keterangan :

m = *VFWA* (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)

b = persentase aspal terhadap campuran



Gambar 3.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA
(Sumber Sukirman,1992)

3.5.7 VMA (Void in Mineral Agregate)

VMA adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan jalan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat) yang dinyatakan dalam persen terhadap volume. Nilai *VMA* akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal optimum. Bila nilai *VMA* naik, maka nilai *flow* akan naik, tetapi stabilitasnya akan menurun. Nilai *VMA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$l = 100 - j \tag{3.12}$$

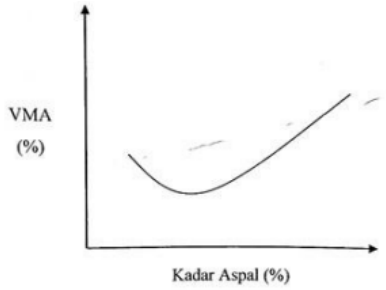
$$j = \frac{(100-b)x\ g}{BJ\ Agregat} \tag{3.13}$$

Keterangan :

l = nilai *VMA* (%)

b = presentase aspal terhadap campuran (%)

g = berat isi sempel (gr/cc)



Gambar 3.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA

(Sumber Sukirman,1992)

3.6 Pengujian *Cantabro Test*

Cantabro test adalah uji yang menggunakan benda uji bekas sampel silinder dari *Marshall test* yang telah digunakan. Benda uji ini dimasukkan ke dalam silinder mesin *Los Angeles*. Uji ini bertujuan untuk mengetahui nilai kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi. Sebelum diuji, benda uji didiamkan terlebih dahulu selama 48 jam pada suhu ruangan dan minimal 6 jam sebelum pengujian. Suhu benda uji harus dipertahankan pada suhu ruang. Setelah itu, benda uji dimasukkan ke dalam drum mesin *Los Angeles* untuk pengujian abrasi. Nilai karakteristik *Cantabro Test* dari benda uji dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.15 berikut ini.

$$L = \frac{Mo-Mi}{Mo} \times 100 \quad (3.15)$$

Keterangan :

L = persentase kehilangan berat (%)

Mo = berat sebelum diabrasi (gr)

Mi = berat setelah diabrasi (gr)

3.7 Analisis Statistik

Pada penelitian ini menggunakan analisis statistik, dengan metode *Anova*, yang bertujuan memahami dampak perubahan yang disebabkan akibat variasi dalam aspal campuran *AC-WC* dengan modifikasi. Data yang dikumpulkam, termasuk karakteristik *Marshall* dan *Cantabro loss*, akan dianalis menggunakan metode *Anova* sebagai alat statistik utama untuk menghasilkan simpulan dari penelitian ini. Secara umum, analisis statistik utama untuk menghasilkan simpulan dari penelitian ini. Analisis statistik *Anova* digunakan untuk melaksanakan langkah-langkah berikut dalam penelitian ini,

1. Merumuskan hipotesis nol (H0) dan hipotesis alternatif (H1) digunakan untuk mengeveluasi dampak masing-masing variabel faktor. Rumusan hipostesis dijelaskan pada persamaan 3.16 dan 3.17 berikut ini.

   $H0 : \mu1 = \mu2 = \mu3 = \ldots\ldots\ldots\ldots \mu k \quad (3.16)$

   $H1 : \mu1 \neq \mu2 \neq \mu3 = \ldots\ldots\ldots\ldots \neq \mu k \quad (3.17)$

   Keterangan :

   H = hipotesis

   μ = rata-rata

2. Membandingkan nilai F yang dihitung dengan nilai F tabel. Harga F yang dihasilkan dari perhitungan disebut F hitung (Fh) dan memiliki distribusi F dengan derajat kebebasan pembilang (m-1) dan penyebut (N-1) tertentu. Ketika Fh kurang dari atau sama dengan Ft ($Fh \leq Ft$), hipotesis nol diterima dan

hipostesis alternatif ditolak. Sebaliknya, jika Fh lebih besar dari Ft (Fh> Ft), hipotesis nol ditolak dan hipotesis alternatif.

3. Penentuan Keputusan hipotesis nol (H0) dan hipotesis alternatif (H1).

   H0 : Tidak ada perbedaan secara signifikan antara pengaruh penggunaan limbah ban karet sebagai *Additive* pada aspal terhadap campuran *AC-WC*

   H1 : Adanya perbedaan secara signifikan antara pengaruh penggunaan limbah ban karet sebagai *Additive* pada aspal terhadap campuran *AC-WC*

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian dalam pengambilan data maupun pengolahan data. Metode ini menggunakan syarat-syarat yang ada dan mengacu pada peraturan Direktorat Jendral Bina Marga 2010.

4.2 Jenis Pengambilan Sampel dan Data

Dalam penelitian ini menggunakan sampel dari bahan ban karet bekas yang didapat dari limbah ban karet. Ban karet yang digunakan adalah ban karet motor dan ban karet mobil. Ban karet bekas tersebut dilelehkan dengan cara dipanaskan/dibakar. Dalam penelitian ini pengambilan sampel termasuk dalam kelompok *purposive sampling* atau pengambilan sampel berdasarkan tujuan.

Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian pada benda uji. Benda uji tersebut kemudian dikelompokan dan pada tahap selanjutnya dilakukan pengujian-pengujian tertentu sehingga diperoleh data berupa nilai stabilitas, *Flow*, *Density*, *VITM*, *VFWA, Marshall Quentient*, *VMA,* P*ermeability,* dan *Cantabro*.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan sebagai berikut.

1. Persiapan bahan
2. Pemeriksaan bahan
3. Persiapaan alat
4. Langkah-langkah penelitian
5. Pengujian *Marshall*
6. Pengujian *Cantabro*

4.3 Waktu Penelitian dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2023 sampai Maret 2024, sedangkan pengujian benda uji akan dilaksanakan pada tahun 2024 dimulai pada bulan Februari. Lokasi Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.4 Prosedur Penelitian

Alur penelitian ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini. Berikut langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

4.4.1 Pemeriksaan Bahan

Berikut adalah prosedur pengujian terhadap bahan ataupun material.

1. Pengujian Agregat

   Salah satu dari komponen utama penyusun lapis perkerasan jalan adalah agregat. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

   a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat (SNI 1969:2008 dan SNI1970:2008)

      Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk specific grafit*y), berat kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan dari agregat halus.

   b. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (SNI 06-2439-1991).

      Pengujian ini ditujukan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal.

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

      Pengujian ini ditujukan untuk menentukan ketahan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*

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

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

2. Pengujian Aspal

Pengujian Aspal ditujukan untuk mengetahui kualitas aspal yang digunakan, maka perlu dilakukan pengujian sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)

   Pengujian ini ditujukan untuk mencari berat jenis bitumen dengan menggunakan *picknometer*. Berat jenis bitumen merupakan rasio antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

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

   Pengujian ini ditujukan untuk menentukan tingkat kekerasan aspal dengan cara memasukan jarum, dimana jarum tersebut memiliki ukuran, beban, dan waktu tertentu kedalam aspal dengan suhu tertentu.

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

   Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu dengan nilai optimal >100 cm. Aspal yang memiliki nilai daktilitas yang lebih besar dapat mengikat butir-butir agregat lebih baik namun akan lebih sensitif terhadap perubahan temperatur.

d. Pengujian Kelarutan dalam *TCE* (ASTM D5546)

   Pengujian ini ditujukan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam *TCE*.

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

   Pengujian ini ditujukan untuk menentukan titik lembek aspal. Titik lembek merupakan suhu pada saat bola-bola baja dengan berat tertentu mendesak turun kesuatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin ukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin pada ketinggian yang telah ditentukan sebagai akibat dari kecepatan pemanasan.

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2443-1991)

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

3. Pengujian Aspal Modifikasi

Adapun Prosedur percampuran adalah sebagai berikut ini.

a. Mempersiapkan beberapa kelompok aspal dengan presentase 0% tanpa modifikasi, 2% aspal modifikasi, 4% aspal modifikasi,dan 6% aspal modifikasi.
b. Memanaskan aspal sampai suhu 180˚C .
c. Menambahkan aspal 1000 gram dan *crum rubber* 0 gram pada teko untuk `0%, aspal tanpa modifikasi, menambahkan aspal 980 gram dan *crum rubber* 20 gram pada teko untuk 2% aspal modifikasi, menambahkan aspal 960 gram dan *crum rubber* 40 gram pada teko untuk 4% aspal modifikasi dan menambahkan aspal 940 gram dan *crum rubber* 60 gram pada teko untuk 6% aspal modifikasi.
d. Menguji sifat-sifat aspal modifikasi sesuai persyaratan Bina Marga 2018
e. Memanaskan lagi aspal modifikasi yang sudah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 sampai suhu 180 ˚C.
f. Memanaskan agregat sampai 180˚C dan campur aspal modifikasi.
g. Membiarkan campuran mendingin ke suhu pemadatan 140˚C.
h. Melakukan pemadatan dengan 75 pukulan x 2 dengan *Marshall Harmer*.

4.4.2 Persiapan Alat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat tekan *Marshall* yang terdiri sebagai berikut.
   a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breangking head*).
   b. Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 *pound*) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001”).

c. Arloji penunjuk kelelehan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01”) dengan perlengkapanya.

2. Oven, alat untuk memanaskan bahan yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai 200°C.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm (4”) dan tinggi 7,5 cm (3”) dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
4. *Ejector*, alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
5. *Compactor*, alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18”).
6. Bak perendam (*waterbath*) dengan pengatur suhu minimum 20°C.
7. Perlengkapan-perlengkapan lainnya, seperti.
   a. panci untuk memanakan agregat, aspal, dan campuran aspal,
   b. pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapisitas 250˚C dan 100˚C.
   c. timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
   d. spatula, sarung tangan karet sendok pengaduk, kompor, dan perlengkapan lainya.
8. Alat uji *Cantabro*, yang meliputi satu set mesin *Los Angeles*.

4.4.3 Rencana Campuran *AC-WC*

Bahan ataupun material yang akan digunakan pada penelitian ini tersusun atas agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal yang telah diuji terlebih dahulu untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Coarse* (*AC-WC*). Agregat yang akan digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Coarse* (*AC-WC*) harus disaring terlebih dahulu dengan gradasi agregat ukuran nominal maksimum 19 mm. Selanjutnya dilakukan penimbangan berat tertentu yang telah ditentukan oleh spesifikasi setelah semua bahan disiapkan kemudian dilakukan pengujian *Marshall*, Permeabilitas, dan *Cantabro*.

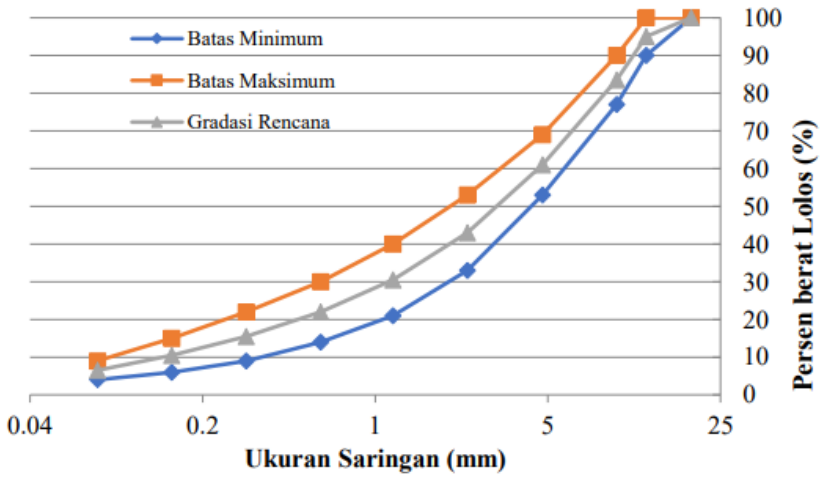
Gradasi yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis Laston dengan ukuran butir maksimum 3/4 inchi atau 19 mm. Jenis gradasi yang digunakan

dalam penelitian ini adalah gradasi campuran. Rencana gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1

Tabel 4.1 Batas Gradasi Agregat Campuran AC-WC

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0
1/2” (12,5 mm)	90	100	95	5
3/8” (9,5 mm)	77	90	84	11
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12
No.30 (0,600 mm)	14	30	22	9
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6
No.100 (0150 mm)	6	15	11	5
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4`
PAN				7

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2018)



Gambar 4.1 Gradasi Agregat AC-WC Ukuran Maksimum 19mm

Setelah perencanaan gradasi agregat selesai, kemudian mencari perkiraan kadar aspal optimum (KAO) rencana. Perkiraan KAO rencana dapat dicari menggunakan Persamaan 4.1 di bawah ini.

Pb = 0.035 x (%CA) + 0,045 x (%FA) + (0.18 x % FF) + K

Keterangan:

Pb = kadar aspal perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan no.4

FA = agregat halus lolos saringan no.4 dan tertahan no.200

FF = agregat halus lolos saringan no.200

Konstanta = 0,5-1,0

Maka

Pb = 0,035 x (%CA) + 0,045 x (% FA) + (0,18 x % FF) + 1

Pb = 0,035 x (39%) + 0,045 x (54%) + (0.18 x 7%) +1

Pb = 6,055 %

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan kadar aspal optimum perkiraan adalah 6,055 % Sehingga dibulatkan menjadi 6 %. Pada pengujian ini digunakan aspal optimum rencana 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% terhadap berat total campuran. Adapun kebutuhan agregat pada tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai dengan Tabel 4.6 berikut ini

Tabel 4.2 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1140	0
1/2” (12,5 mm)	90	100	95	5	1083,00	57
3/8” (9,5 mm)	77	90	84	11	957,60	125,4
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	695,40	262,2
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	490,20	205,2
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	353,40	136,8
No.30 (0,600 mm)	14	30	22	9	250,80	102,6
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	182,40	684
No.100 (0150 mm)	6	15	11	5	125,40	57
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	79,80	45,6
PAN				7	0,00	79,8
Total						1140

Tabel 4.3 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1134	0
1/2” (12,5 mm)	90	100	95	5	1077,3	56,7
3/8” (9,5 mm)	77	90	84	11	952,56	124,74
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	691,74	260,82
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	487,62	204,12
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	351,54	136,08
No.30 (0,600 mm)	14	30	22	9	249,48	102,06
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	181,44	68,04
No.100 (0150 mm)	6	15	11	5	124,74	56,7
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	79,38	45,36
PAN				7	0	79,38
Total						1134

Tabel 4.4 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1128	0
1/2” (12,5 mm)	90	100	95	5	1071,6	56,4
3/8” (9,5 mm)	77	90	84	11	947,52	124,08
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	688,08	259,44
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	485,04	203,04
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	349,68	135,36
No.30 (0,600 mm)	14	30	22	9	248,16	101,52
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	180,48	67,68
No.100 (0150 mm)	6	15	11	5	124,08	56,4
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	78,96	45,12
PAN				7	0	78,96
Total						1128

Tabel 4.5 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6,5%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1122	0
1/2” (12,5 mm)	90	100	95	5	1065,9	56,1
3/8” (9,5 mm)	77	90	84	11	942,48	123,42
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	684,42	258,06
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	482,46	201,96
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	347,82	134,64
No.30 (0,600 mm)	14	30	22	9	246,84	100,98
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	179,52	67,32
No.100 (0150 mm)	6	15	11	5	123,42	56,1
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	78,54	44,88
PAN				7	0.00	78,54
Total						1122

Tabel 4.6 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 7%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1116	0
1/2” (12,5 mm)	90	100	95	5	1060,2	55,8
3/8” (9,5 mm)	77	90	84	11	937,44	122,76
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	680,76	256,68
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	479,88	200,88
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	345,96	133,92
No.30 (0,600 mm)	14	30	22	9	245,52	100,44
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	178,56	66,96
No.100 (0150 mm)	6	15	11	5	122,76	55,8
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	78,12	44,64
PAN				7	0.00	78,12
Total						1116

4.4.4 Rencana campuran *AC-WC* pada masing-masing KAO

Berdasarkan pengujian KAO pada masing-masing kadar *rubber* 0%,2%,4% dan 6% didapatkan pada angka 6,235%, 6,075%, 6175%, 6,225% terhadap berat total campuran sebesar 1200 gram. Kebutuhan agregat untuk tiap-tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.8 hingga Tabel 4.11.

Tabel 4. 7 Gradasi Agregat *AC-WC* Kadar Serbuk Ban Karet 0%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1125,18	0
3/4” (19 mm)	90	100	95	5	1068,92	56,259
3/4” (19 mm)	77	90	84	11	945,151	123,77
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	686,36	258,791
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	483,827	202,532
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	348,806	135,022
No.30(0,600 mm)	14	30	22	9	247,54	101,266
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	180,029	67,5108
No.100 (0,150 mm)	6	15	11	5	123,77	56,259
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	78,7626	45,0072
PAN				7	0.00	78,7626
Total						1125,18

Tabel 4. 8 Gradasi Agregat *AC-WC* Kadar Serbuk Ban Karet 2%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1127,1	0
3/4” (19 mm)	90	100	95	5	1070,75	56,355
3/4” (19 mm)	77	90	84	11	946,76	123,981
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	687,53	259,233
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	484,65	202,878
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	349,40	135,252
No.30(0,600 mm)	14	30	22	9	247,96	101,439
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	180,34	67,626
No.100 (0,150 mm)	6	15	11	5	123,98	56,355
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	78,90	45,084
PAN				7	0.00	78,897
Total						1127,1

Tabel 4. 9 Gradasi Agregat AC-WC Kadar Serbuk Ban Karet 4%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1125.9	0
3/4” (19 mm)	90	100	95	5	1069.605	56.295
3/4” (19 mm)	77	90	84	11	945.756	123.849
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	686.799	258.957
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	484.137	202.662
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	349.029	135.108
No.30(0,600 mm)	14	30	22	9	247.698	101.331
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	180.144	67.554
No.100 (0,150 mm)	6	15	11	5	123.849	56.295
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	78.813	45.036
PAN				7	0.00	78.813
Total						1125,9

Tabel 4. 10 Gradasi Agregat AC-WC Kadar Serbuk Ban Karet 6%

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)		Berat (gr)	
	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan
3/4” (19 mm)	100	100	100	0	1125.3	0
3/4” (19 mm)	90	100	95	5	1069.04	56.265
3/4” (19 mm)	77	90	84	11	945.252	123.783
No.4 (4,75 mm)	53	69	61	23	686.433	258.819
No.8 (2,36 mm)	33	53	43	18	483.879	202.554
No.16 (1,8 mm)	21	40	31	12	348.843	135.036
No.30(0,600 mm)	14	30	22	9	247.566	101.277
No.50 (0,300 mm)	9	22	16	6	180.048	67.518
No.100 (0,150 mm)	6	15	11	5	123.783	56.265
No.200 (0,075 mm)	4	9	7	4	78.771	45.012
PAN				7	0.00	78.771
Total						1125,3

4.4.5 Pencampuran Aspal dengan *Additive* Serbuk Ban Karet

Pada penelitian ini dibuat dengan 4 jenis campuran menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan bahan penambahan limbah ban karet bekas yang sudah dibuat menjadi serbuk. Jenis campuran ditunjukan pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4. 11 Jenis Campuran Aspal AC-WC dengan bahan Serbuk Ban Karet

No	Variasi Campuran	Komposisi Campuran
1	Aspal *AC-WC* – K0	Campuran aspal AC-WC tanpa bahan serbuk ban karet *additive* 0% dari per 1000 gram aspal pen 60/70
2	Aspal *AC-WC* – K2	Campuran aspal AC-WC dengan bahan serbuk ban karet *additive* 2% per 1000 gram aspal pen 60/70
3	Aspal *AC-WC* – K4	Campuran aspal AC-WC dengan bahan serbuk ban karet *additive* 4% per 1000 gram aspal pen 60/70
4	Aspal *AC-WC* – K6	Campuran aspal AC-WC dengan bahan serbuk ban karet *additive* 6% per 1000 gram aspal pen 60/70

4.4.6 Perencanaan Jumlah Benda Uji

Benda uji pada penelitian ini dibuat sebanyak 3 buah untuk setiap variasi kadar aspalnya. Rincian benda uji yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9

1. Perencanaan jumlah benda uji untuk pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO) yang menggunakan serbuk ban bekas sebagai *additive* pada aspal dengan proporsi presentase 0%,2%,4% dan 6 % dan aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada table 4.8 berikut.

Tabel 4. 12 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

Variasi Karet (%)	Kadar Aspal (%)					Jumlah Benda Uji
	5	5,5	6	6,5	7	
0	3	3	3	3	3	15
2	3	3	3	3	3	15
4	3	3	3	3	3	15
6	3	3	3	3	3	15
Jumlah Total Benda Uji						60

2. Perencanaan jumlah benda uji dengan proporsi kadar serbuk ban karet bekas pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO).

Bahan-bahan pada penelitian ini terdiri dari kombinasi agregat halus agregat kasar, aspal dan bahan *additive* limbah ban karet. Bahan tersebut diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pembuatan campuran aspal. Pengujian ini mengikuti metode Bina Marga (2018). Penelitian ini menggunakan serbuk ban bekas sebagai *additive* pada aspal dengan proporsi presentase 0%,2%,4% dan 6 %. Adapun jumlah sampel dalam pembuatan benda uji dapat dilihat pada table 4.9 berikut.

Tabel 4. 13 Jumlah Benda Uji Untuk Setiap Pengujian Pada KAO

Parameter	**Karet 0%**	**Karet 2%**	**Karet 4%**	**Karet 6%**
Marshall	3	3	3	3
Cantabro Test	3	3	3	3
Jumlah	24			

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum sebanyak 60 benda uji. Selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall Standard*, dan *Cantabro Test* sebanyak 24 benda uji. Sehingga benda uji total pada penilitian ini adalah sebanyak 84 benda uji. Jumlah berat masing-masing benda uji sebesar 1200 gram, sedangkan untuk masing-masing agregat dan aspal tergantung dari variasi kadar aspal yang dipakai pada penelitian.

4.4.7 Pembuatan Campuran Perkerasan

Pada penelitian ini pengujian dilakukan untuk mencari nilai KAO yang selanjutnya akan digunakan dalam pembuatan benda uji untuk pengujian *Marshall*, Permeabilitas dan *Cantabro*. Setiap sampel memiliki berat 1200 gram. Agregat dipanaskan di dalam wajan dengan suhu 170°C dan terus diaduk hingga merata. Ditempat pemanas lain panaskan aspal sesuai dengan suhu 150°C. Setelah agregat panas kemudian dicampur dengan aspal panas yang telah dipanaskan tadi. Kemudian dilakukan pencampuran pada suhu 155°C yang beratnya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Kemudian dilakukan pengadukan sampai campuran tersebut homogen. Selanjutnya, siapkan cetakan benda uji yang sebelumnya telah

dibersihkan dari kotoran dan diberi sedikit pelumas, kemudian cetakan benda uji dipanaskan didalam oven agar penurunan suhu tidak terlalu cepat. Setelah suhu campuran telah mencapai 150°C serta agregat dan aspal telah tercampur merata dan homogen, campuran tersebut dimasukan kedalam cetakan beda uji. Selanjutnya diberikan selembar kertas minyak berbentuk lingkaran yang telah digunting sesuai dengan diameter cetakan dan diletakkan dibagian bawah cetakan benda uji. Kemudian pada proses memasukan campuran kedalam benda uji perlu ditusuk-tusuk sebanyak 15 kali dibagian tepi dan 10 kali dibagian tengah disetiap sepertiga bagian dengan maksud memadatkan benda uji agar tidak memiliki rongga udara. Selanjutnya pemadatan dilakukan sebanyak 2 kali masing-masing 75 pukulan, sehingga satu benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 150 kali.

Setelah selesai dipadatkan, dinginkan benda uji bersama cetakan diudara terbuka dan keluarkan dari cetakan dengan mengunakan alat bantu *ejector*. Benda uji tersebut kemudian siap untuk dilakukan serangkain pengujian untuk mendapatkan data-data hasil penelitian terkait.

4.4.8 Pengujian *Marshall*

Berikut adalah prosedur pengujian *Marshall*.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel dan masing-masing benda uji tersebut diberi tanda pengenal.
2. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali di sisi yang berbeda, kemudian hasil pengukuran dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
3. Menimbang benda uji untuk mendapatkan berat keringnya.
4. Benda uji direndam didalam air selama 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
5. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian benda uji ditimbang dalam air.
6. Keringkan benda uji dengan kain lap yang lembab sampai kondisi kering permukaan jenuh (SSD). Timbang benda uji dalam kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD).
7. Rendam benda uji aspal panas atau benda uji tar dalam bak perendam selama 30 sampai dengan 40 menit pada suhu 60 ± 1^{o}C, atau dipanaskan

dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap (60 ± 1) ^{o}C, atau (38 ± 1) ^{o}C untuk benda uji tar.

8. Sebelum melakukan pengujian, bersihkan batang penuntun (*Guide rod*) dan permukaan dalam dari kepala penekan (*Test Head*). Lumasi batang penuntut dengan oli sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas.
9. Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakan ke dalam segmen bawah kepala penekan pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
10. Memasang arloji kelelehan (*Flow meter*) dengan penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji atau *sleeve* di pegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*Breaking head*) Tekan selubung tangkai arloji kelelehan tersebut pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung.
11. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya harus dinaikan sehingga menyentuh alas cincin penguji. Atur penunjuk jarum arloji tekan pada angka nol.
12. Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan konstan sebesar 50 mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan maksimum yang tercapai (Stabilitas) dan pada saat yang bersamaan catat pula angka pada arloji kelelehan (*Flow*).
13. Melepaskan selubung tangkai arloji kelelehan (*sleeve*) setelah nilai kelelehan yang ditunjukan oleh jarum arloji kelelehan dicatat. Waktu yang diperlukan saat benda uji diangkat dari rendaman air sampai tercapai beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

4.4.9 Pengujian *Cantabro*

Berikut adalah prosedur pengujian *Cantabro*

1. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari pengujian *Marshall*.
2. Menimbang benda uji sebelum dilakukan pengujian.
3. Memasukan benda uji kedalam mesin *Los Angeles*.

4. Menjalankan mesin *Los Angeles* dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 300 putaran.
5. Menimbang benda uji setelah pengujian.
6. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.5 Analisis Data Penelitian

Analisis data terdiri dari beberapa data dibawah ini.

1. Analisi karakteristik *Marshall*

   Nilai – Nilai Karakteristik *Marshall* seperti *MQ* (*Marshall Quotient*), stabilitas, kelehan (*flow*), kepadatan *(density*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*) dan *VFA* (*Void Filled Asphalt*) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 sampai Persamaan 3.13. Nilai-nilai berat jenis agregat, berat jenis aspal dan berat jenis *filler* dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.2, Persamaan 4.3, dan Persamaan 4.4.

   a. Berat Jenis Agregat

   $$\text{BJ Agregat} = \frac{(A.F1)+(B.F2)}{100} \quad (4.2)$$

   Keterangan :

   A = Presentase agregat kasar

   B = Presentase agregat halus

   F1= Berat jenis agregat kasar

   F2 = Berat jenis agregat halus

   b. Berat jenis Aspal

   $$\text{BJ Aspal} = \frac{C-A}{(B-A)-(D-C)} \quad (4.3)$$

   Keterangan :

   A = berat piknometer dengan penutup (gr)

   B = berat piknometer berisi air (gr)

   C = berat piknometer berisi aspal (gr)

   D = berat pikno meter berisi aspal (gr)

   c. Berat Jenis Filler

$$\text{BJ Filler} = \frac{B_k}{B+200-B_t} \quad (4.3)$$

Keterangan :

B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat piknometer berisi air (gr)

B_t = berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

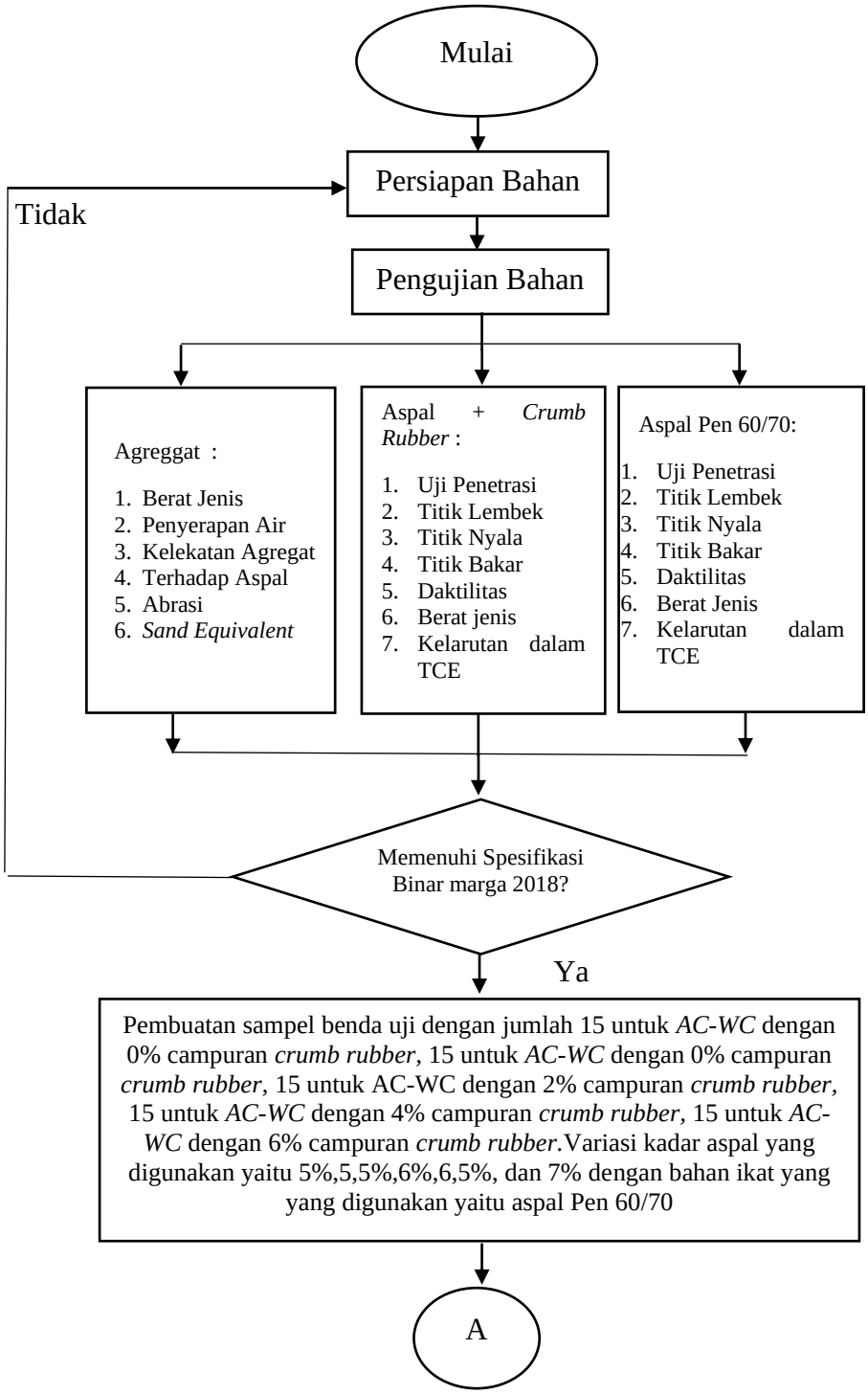
200 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (gr)

2. Analisis *Cantabro Test*

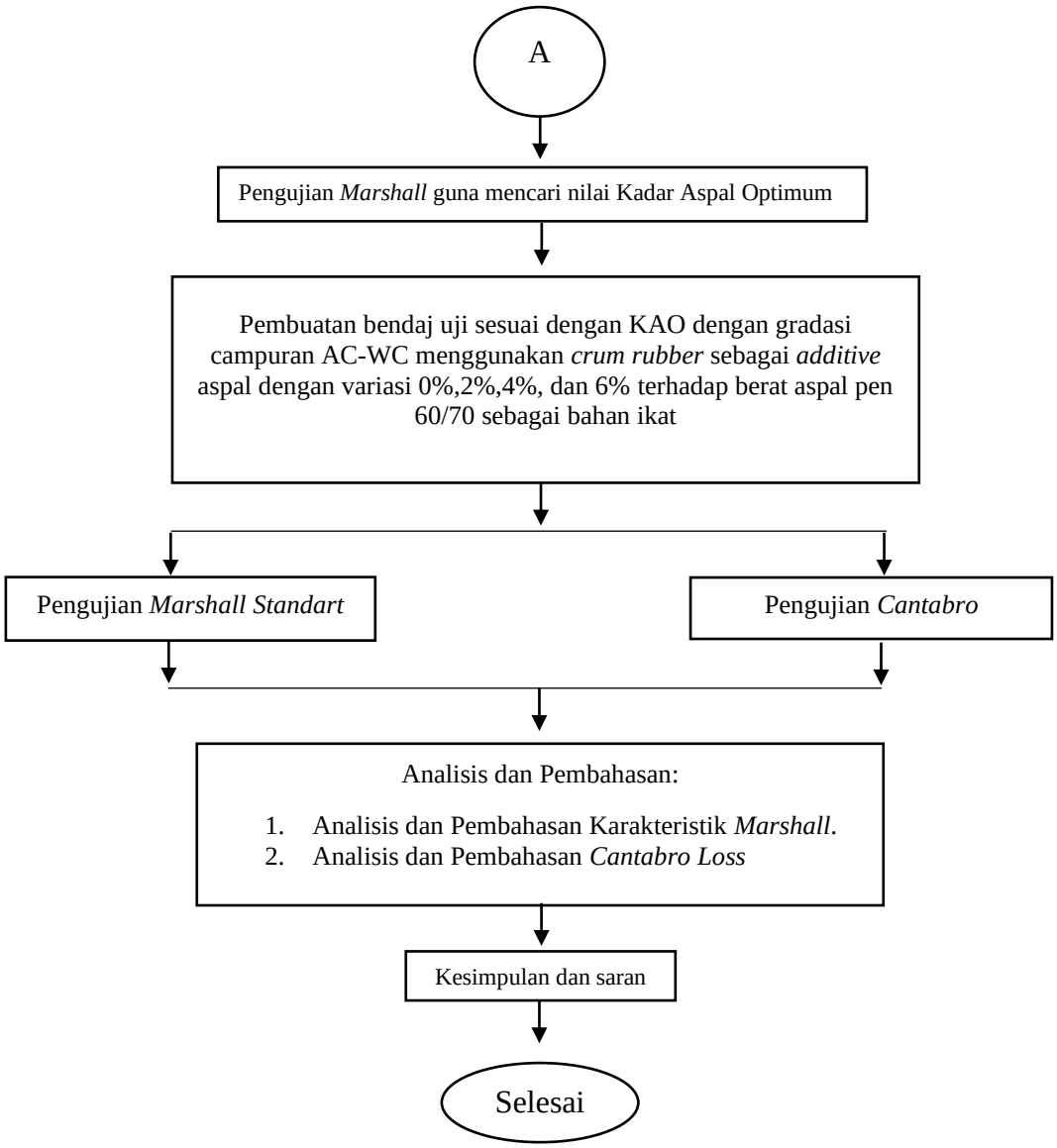
   Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi. Nilai karakteristik Cantabro Test didapat dari perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.15

4.7 Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir (*flowchart*) adalah gambaran singkat tentang tahapan-tahapan dalam penelitian tugas akhir ini. Yang dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.2 Bagan Alir Peneltian



Lanjutan Gambar 4.2 Bagan Alir Peneltian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian

Pengujian ini meliputi pengujian agregat kasar, agregat halus, aspal dan statistik. Tujuan dilakukan pengujian tersebut untuk mengetahui apakah material yang digunakan pada penelitian ini sudah memenuhi spesifikasi atau tidak serta memiliki pengaruh yang signifikan atau tidak terhadap penambahan kadar *rubber* pada pengujian aspal. Lokasi dilakukan pengujian berada di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Berdasarkan persyaratan yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

5.1.1 Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kab. Kulon Progo, D.I Yogyakarta. Hasil dari pengujian dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Berat Jenis	2,62	Min. 2,5	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	2,25	Maks. 3	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	98,00	Min. 95	Memenuhi
4	Keausan dengan Mesin *Los Angeles* (%)	22,08	Maks.40	Memenuhi

5.1.2 Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kab. Kulon Progo, D.I Yogyakarta. Hasil dari pengujian dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Berat Jenis	2,71	Min. 2,5	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	1,41	Maks. 3	Memenuhi
3	*San Equivalent* (%)	91,43	Min. 50	Memenuhi

5.1.3 Pengujian Karakteristik *Filler*

Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah abu batu yang berasal dari Clereng, Kab. Kulon Progo, D.I. Yogyakarta. Pengujian yang dilakukan yaitu memastikan agar *filler* yang digunakan lolos dari saringgan no.200. Hasil dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian *Filler*

No.	Jenis Pengujian	Jenis *Filler*	Keterangan
1.	Lolos Saringan No.200	Abu Batu	Lolos
2.	Berat Jenis	Abu Batu	2,58

Hasil pengujian yang dilakukan adalah jenis *filler* yang akan digunakan sudah digunakan sudah memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu lolos saringan no.200 yang berati abu batu layak untuk digunakan sebagai *filler* dan sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga (2018) Revisi 2.

5.1.4 Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan pada peneltian ini adalah aspal pertamnina pen 60/70 yang mana sudah tersedia di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan Aspal dengan bahan tambah limbah serbuk ban karet yang diambil dari limbah bengkel Ahass Erisa Motor 0377, Kab. Banjarnegara, Jawa Tengah. Hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.4 sampai Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Aspal Dengan Kadar Karet 0%

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Berat Jenis	1,06	≥1,0	Memenuhi
2.	Penetrasi (0,1mm)	65,5	60-70	Memenuhi
3.	Daktilitas (cm)	164	≥100	Memenuhi
4.	Titik Nyala (˚C)	320	≥232	Memenuhi
5.	Titik Bakar (˚C)	325	≥225	Memenuhi
6.	Kelarutan Terhadap *TCE* (%)	99,18	≥99	Memenuhi
7.	Titik Lembek (˚C)	52	≥48	Memenuhi

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Aspal Modifikasi Dengan Kadar Karet 2%

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Berat Jenis	1,042	≥1,0	Memenuhi
2.	Penetrasi (0,1mm)	61,1	Dilaporkan[1]	Memenuhi
3.	Daktilitas (cm)	150	-	Memenuhi
4.	Titik Nyala (˚C)	305	≥230	Memenuhi
5.	Titik Bakar (˚C)	310	≥225	Memenuhi
6.	Kelarutan Terhadap *TCE* (%)	98,35	≥99	Tidak Memenuhi
7.	Titik Lembek (˚C)	53	Dilaporkan[2]	Memenuhi

Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Aspal Modifikasi Dengan Kadar Karet 4%

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	`Berat Jenis	1,043	≥1,0	Memenuhi
2.	Penetrasi (0,1mm)	58	Dilaporkan[1]	Memenuhi
3.	Daktilitas (cm)	100	-	Memenuhi
4.	Titik Nyala (˚C)	296	≥230	Memenuhi
5.	Titik Bakar (˚C)	300	≥225	Memenuhi
6.	Kelarutan Terhadap *TCE* (%)	97,87	≥99	Tidak Memenuhi
7.	Titik Lembek (˚C)	55	Dilaporkan[2]	Memenuhi

Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Aspal Modifikasi Dengan Kadar Karet 6%

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Berat Jenis	1,070	≥1,0	Memenuhi
2.	Penetrasi (0,1mm)	55	Dilaporkan[1]	Memenuhi
3.	Daktilitas (cm)	85	-	Memenuhi
4.	Titik Nyala (˚C)	286	≥230	Memenuhi
5.	Titik Bakar (˚C)	290	≥225	Memenuhi
6.	Kelarutan Terhadap *TCE* (%)	96,26	≥99	Tidak Memenuhi
7.	Titik Lembek (˚C)	58	Dilaporkan[2]	Memenuhi

Catatan :

(1) Ketentuan untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah ± 4 (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi <50 adalah ± 2 (0,1)

(²) Ketentuan titik lembek diterima adalah ± 1˚C dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

5.1.5 Hasil pengujian KAO

Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan dengan menggunakan pengujian karakterisitik *Marshall.* Nilai-nilai yang didapatkan dari pengujian karakteristik *Marshall* antara lain stabilitas (*stability),* kelelehan (*flow*), kepadatan (*density*), *Voids in Mineral Aggregat (VMA*), *Voids Filled with Asphalt (VFWA),Voids in Total Mix (VITM),* dan *Marshall Quotient (MQ). Hasil pengujian karakteristik Marshall untuk* aspal *AC-WC* dengan penambahan limbah ban karet menggunakan presentase 2%,4%, dan 6% dapat dilihat pada Tabel 5.8 sampai Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5. 8 Hasil pengujian *Marshall AC-WC* dengan kadar karet 0%

Kadar Aspal (%)	*Density* (gr/cc)	*VMA* (%)	*VFWA* (%)	*VITM* (%)	*Stabilitas* (kg)	*Flow* (mm)	MQ (kg/mm)
5	2.2099	15.52	67.48	5.05	737.5005	2.4	314.48
5,5	2.2069	16.08	71.55	4.58	807.4611	2.6	312.57
6	2.2096	16.45	76.38	3.89	927.3605	2.9	322.46
6,5	2.2005	17.21	78.78	3.40	878.3196	3.0	289.20
7	2.1979	17.72	82.34	3.13	852.749	3.4	252.17
Spesifikasi	>2	>14	>65	3-5	>800	2-4	>250

Tabel 5. 9 Hasil pengujian *Marshall* AC-WC dengan kadar karet 2%

Kadar Aspal (%)	*Density* (gr/cc)	*VMA* (%)	*VFWA* (%)	*VITM* (%)	*Stabilitas* (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)
5	2.2223	15.05	69.98	4.52	947.0487	2.6	364.79
5,5	2.2124	15.87	72.66	4.34	1062.2138	3.0	355.26
6	2.2022	16.62	75.42	4.09	1137.3770	3.2	353.24
6,5	2.2011	17.19	78.91	3.63	1066.0985	3.6	296.10
7	2.1907	17.99	80.86	3.44	1033.760	3.8	271.97
Spesifikasi	>2	>14	>65	3-5	>1000	2-4	>250

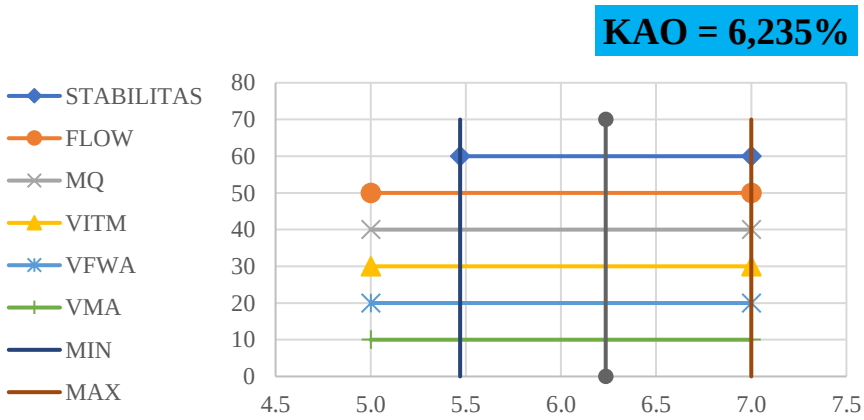
Tabel 5. 10 Hasil pengujian *Marshall* AC-WC dengan kadar karet 4%

Kadar Aspal (%)	*Density* (gr/cc)	*VMA* (%)	*VFWA* (%)	*VITM* (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)
5	2.2242	14.98	70.39	4.43	937.6960	2.6	362.27
5,5	2.2158	15.74	73.37	4.19	1022.6250	3.1	332.48
6	2.2092	16.49	76.15	3.93	1087.5863	3.3	325.52
6,5	2.2057	17.02	79.88	3.43	1044.0864	3.7	282.41
7	2.1976	17.81	81.84	3.24	1047.700	3.9	270.49
Spesifikasi	>2	>14	>65	3-5	>1000	2-4	>250

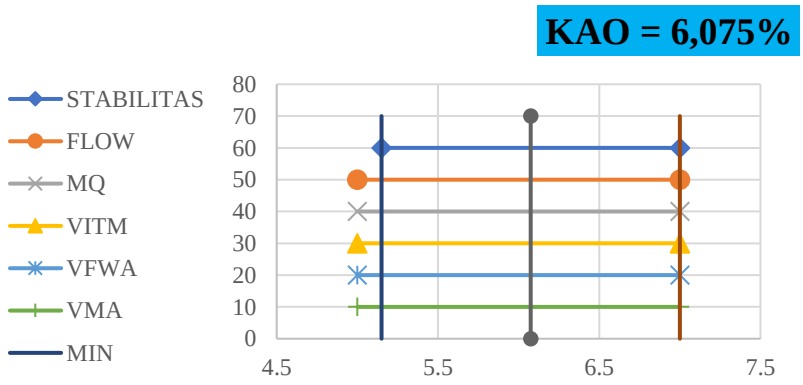
Tabel 5. 11 Hasil pengujian *Marshall AC-WC* dengan kadar karet 6%

Kadar Aspal (%)	*Density* (gr/cc)	*VMA* (%)	*VFWA* (%)	*VITM* (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)
5	2.2274	14.85	71.07	4.30	925.7356	2.6	354.88
5,5	2.2196	15.60	74.17	4.03	1008.8528	3.2	316.25
6	2.2177	16.11	78.33	3.49	1038.4643	3.5	298.73
6,5	2.2070	16.97	80.16	3.37	1017.7667	3.6	281.04
7	2.1981	17.87	81.61	3.31	1001.340	3.8	264.71
Spesifikasi	>2	>14	>65	3-5	>1000	2-4	>250

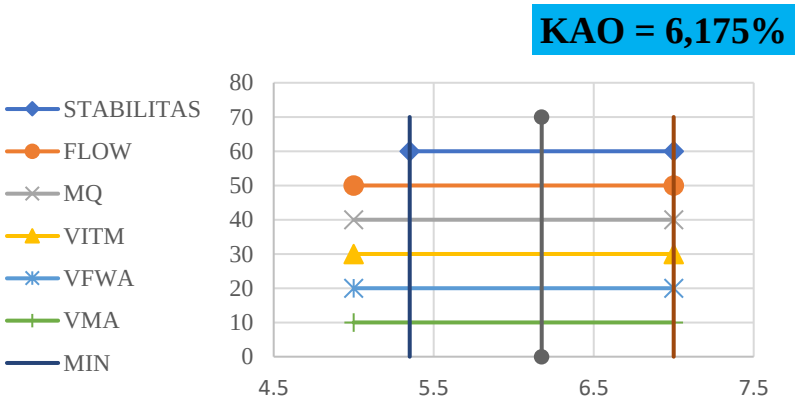
Grafik pengujian *Marshall untuk AC-WC* dengan kadar karet 0%,2%,4%, dan 6% dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai dengan 5.4 berikut.



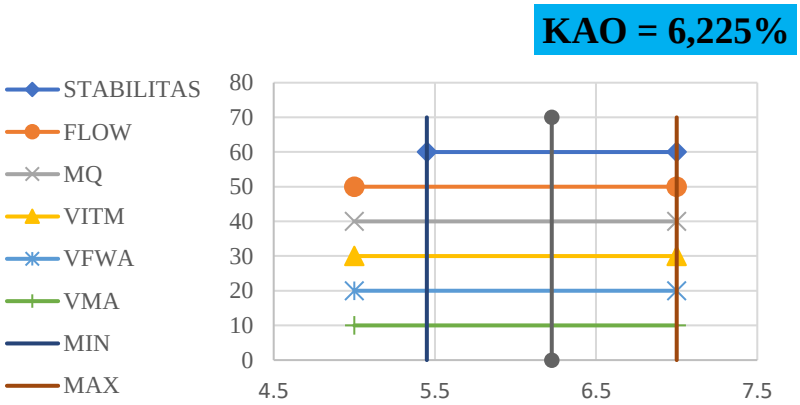
Gambar 5. 1 Grafik KAO *AC-WC* dengan kadar karet 0%



Gambar 5. 2 Grafik KAO *AC-WC* dengan kadar karet 2%



Gambar 5. 3 Grafik KAO *AC-WC* dengan kadar karet 4%



Gambar 5. 4 Grafik KAO *AC-WC* dengan kadar karet 6%

5.1.6 Hasil Pengujian *marshall* pada Masing-Masing KAO

Limbah ban karet yang digunakan pada penelitian ini berasal dari bengkel motor Ahass Erissa 0377, Kelurahan Semarang, Kecamatan Banjarnegara, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Variasi kadar limbah ban karet yang digunakan sebagai *additive* pada aspal di penelitian ini adalah 0%,2%,4% dan 6%. Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5. 12 Hasil pengujian *Marshall AC-WC*

Jenis Gradasi	Kadar Ban Karet(%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
AC-WC	0	956,53	3,48	281,42	4,34	74,90	17,30	2,19
	2	1095,84	3,80	288,40	4,00	76,06	16,69	2,20
	4	1059,35	3,33	318,11	3,57	78,39	16,51	2,21
	6	1037,74	2,93	355,51	3,22	80,28	16,30	2,22
Spesifikasi		Dilaporkan [1]	2-4	>250	3-5	>65	>15	>2

Catatan :

([1]) Ketentuan stabilitas untuk pengujian karakteristik *marshall* campuran *AC-WC* adalah > 800 kg sedangkan untuk karakteristik *Marshall* campuran *AC-WC* modifikasi adalah > 1000 kg

5.1.7 Hasil Pengujian Cantabro Loss pada Masing-Masing KAO

Tabel 5. 13 Hasil Pengujian *Cantabro Loss AC-WC*

Jenis Gradasi	Kadar Limbah Ban Karet (%)	Kehilangan Berat (%)
AC-WC	0	10,714
	2	9,234
	4	11,097
	6	13,505

5.1.8 Hasil Analisis Statistik Anova

Hasil Analisis statistik anova meliputi data-data uji karakteristik *Marshall* pada nilai KAO dan *Cantabro Loss* dengan masing-masing pengaruh terhadap penggunaan jenis apal maupun variasi serbuk ban karet. Data hasil rekapitulasi analisis statik menggunakan anova dapat dilihat pada Tabel 5.18 sampai 5.24 Berikut ini.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Signifikansi *Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 0%

Paramater	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	Signifikan	H1 Diterima
Flow	Signifikan	H1 Diterima
MQ	Tidak Siginifikan	H0 Diterima
VITM	Signifikan	H1 Diterima
VFWA	Signifikan	H1 Diterima
VMA	Signifikan	H1 Diterima
Density	Tidak Siginifikan	H0 Diterima

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi *Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 2%

Paramater	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	Signifikan	H1 Diterima
Flow	Signifikan	H1 Diterima
MQ	Signifikan	H1 Diterima
VITM	Signifikan	H1 Diterima
VFWA	Signifikan	H1 Diterima
VMA	Signifikan	H1 Diterima
Density	Signifikan	H1 Diterima

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi *Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 4%

Paramater	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	Signifikan	H1 Diterima
Flow	Signifikan	H1 Diterima
MQ	Signifikan	H1 Diterima
VITM	Signifikan	H1 Diterima
VFWA	Signifikan	H1 Diterima
VMA	Signifikan	H1 Diterima
Density	Signifikan	H1 Diterima

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi *Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 6%

Paramater	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	Signifikan	H1 Diterima
Flow	Signifikan	H1 Diterima
MQ	Signifikan	H1 Diterima
VITM	Tidak Signifikan	H0 Diterima
VFWA	Signifikan	H1 Diterima
VMA	Signifikan	H1 Diterima
Density	Signifikan	H1 Diterima

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi *Marshall Rubber*

Paramater	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	Signifikan	H1 Diterima
Flow	Signifikan	H1 Diterima
MQ	Signifikan	H1 Diterima
VITM	Signifikan	H1 Diterima
VFWA	Signifikan	H1 Diterima
VMA	Signifikan	H1 Diterima
Density	Signifikan	H1 Diterima

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Anlisis Uji Signifikansi *Marshall Rubber*

Paramater	**Hasil Analisis**	**Keterangan**
Cantabro loss	Signifikan	H1 Diterima

Catatan:

H0= Tidak ada perbedaan signifikan antara pengaruh penggunaan limbah ban karet sebagai *Additive* pada aspal terhadap campuran *AC-WC*

H1= Ada perbedaan signifikan antara pengaruh penggunaan limbah ban karet sebagai *Additive* pada aspal terhadap campuran *AC-WC*

5.2 Pembahasan

5.4.1 Evaluasi Karakteristik Agregat Kasar

Penjelasan terkait pengujian agregat kasar diatas adalah sebagai berikut.

1. Berat jenis agregat kasar

   Berat jenis agregat kasar merupakan perbandingan berat antara agregat kasar keadaan jenuh (*Saturated Surface Dry*) dengan satuan volume terhadap berat air pada temperatur tertentu. Data yang akan digunakan pada perhitungan berat jenis agregat kasar adalah berat benda uji dalam air (BA), berat benda uji dalam keadaan kering (BK), dan berat benda uji dalam keadaan jenuh (BJ). Hasil pengujian yang didapatkan pada pengujian ini adalah 2,62 gr/cm², yang mana sudah memenuhi persyaratan dari SNI 1969:2016 yaitu ≥ 2,5 gr/cm².

2. Penyerapan Agregat kasar terhadap air

   Penyerapan agregat kasar terhadap air merupakan kemampuan penyerapan air dari rongga dan pori agregat. Semakin banyak atau besar rongga yang dimiliki oleh agregat maka nilai penyerapan air besar. Hasil pengujian yang didapatkan pada pengujian ini adalah 2,25 %, yang mana sudah memenuhi persyaratan SNI 1969:2016 yaitu ≤ 3%

3. Kelekatan agregat kasar terhadap aspal

Penyerapan agregat kasar terhadap aspal merupakan presentase luasan agregat kasar yang permukaannya terlapisi oleh aspal. Hasil pengujian yang didapatkan pada pengujian ini adalah 98 %, yang mana sudah memenuhi persyaratan SNI 2439:2011 yaitu ≥ 95%

4. Keausan dengan mesin *los angeles*

   Uji keausan atau abrasi menggunakan mesin *Los Angeles* digunakan untuk melihat sejauh mana agregat dapat menahan keausan. Nilai keausan didapat melalui perbandingan antara berat agregat aus yang lolos saringan No.12 terhadap berat awal. Hasil pengujian yang didapatkan pada pengujian ini adalah 22,08 % yang mana sudah memenuhi persyaratan SNI 2417:2008 yaitu sebesar ≤ 40%

5.4.2 Evaluasi Karakteristik Agregat Halus

Penjelasan terkait pengujian agregat kasar diatas adalah sebagai berikut.

1. Berat jenis agregat halus

   Berat jenis agregat halus merupakan perbandingan berat antara agregat halus keadaan jenuh (*Saturated Surface Dry*) dengan satuan volume terhadap berat air pada temperatur tertentu. Data yang akan digunakan pada perhitungan berat jenis agregat kasar adalah berat benda uji dalam air (BA), berat benda uji dalam keadaan kering (BK), dan berat benda uji dalam keadaan jenuh (BJ). Hasil pengujian yang didapatkan pada pengujian ini adalah 2,71 gr/cm², yang mana sudah memenuhi persyaratan SNI 1970:2016 yaitu ≤ 3%.

2. Penyerapan agregat halus terhadap air

   Penyerapan agregat halus terhadap air merupakan kemampuan penyerapan dari rongga dan pori agregat. Semakin banyak atau besar rongga yang dimiliki oleh agregat maka nilai penyerapaan airnya besar. Hasil pengujian yang didapatkan pada pengujian ini adalah 1,41 % yang mana sudah memenuhi persyaratan SNI 1970:2016 yaitu ≤ 3%.

3. *Sand equivalent*

   Sand equivalent adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui presentase nilai kadar debu dan lumpur pada agregat halus. Nilai kadar debu

dan lumpur sangat berpengaruh pada kualitas campuran. Hasil yang didapat pada didapat pada pengujian *sand equivalent* ini adalah sebesar 91,43 %, yang artinya agrgegat halus yang digunakan bersih dan terbebas dari kotoran debu dan lumpur, dan telah memenuhi persyaratan SNI 3434:2008 yaitu sebesar ≥ 50 %

5.4.3 Evaluasi Karakteristik *Filler*

Hasil pengujian yang dilakukan adalah jenis *filler* yang akan digunakan sudah memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu lolos saringan no.200 yang berarti abu batu layak untuk digunakan sebagai *filler*.

5.4.4 Evaluasi Karakteristik Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengatahui sifat fisik dan karakteristik aspal yang digunakan. Dalam hal ini yang digunakan yaitu aspal Pertamina Pen 60/70

1. Berat jenis apal

   Berat jenis apal adalah perbandingan berat aspal terhadap berat air dengan volume yang sama dan pada suhu yang sama. Penelitian ini telah menguji berat jenis aspal menggunakan empat sampel yang berbeda. Pertama, sampel aspal pen 60/70 di uji yaitu sebesar 1,06. Kedua, sampel aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 2% di uji yaitu sebesar 1,041. Ketiga, sampel aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 4% di uji yaitu sebesar 1,042. Keempat, sampel aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 6% di uji yaitu sebesar 1,069. Keempat sampel tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu > 1,00

2. Penetrasi Aspal

   Uji penetrasi aspal dilakukan untuk menilai tingkat kekerasan aspal dengan menerapkan beban dan waktu tertentu pada suhu yang telah ditetapkan. Adapun sampel pertama nilai penetrasi aspal Pertamina Pen 60/70 yang di uji adalah 65,6 mm. Sampel kedua aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 2% di uji yaitu 61,2 mm. Sampel kedua aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 4% di uji yaitu 58 mm. Sampel kedua aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 6% di uji yaitu

55 mm. Keempat sampel tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu minimal 60 mm khusus untuk aspal modifikasi terdapat angka toleransi yaitu ± 4mm untuk pen 60/70.

3. Daktilitas

   Pengujian daktilitas bertujuan untuk memahami karakteristik kohesi aspal yang berdampak pada fleksibilitas campuran aspal, memungkinkannya untuk menahan lendutan. Adapun hasil sampel pertama pengujian daktilitas aspal Pertamina Pen 60/70 menghasilkan nilai daktilitas sebesar 164 cm. Sampel kedua aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 2% menghasilkan nilai daktilitas sebesar 150 cm. . Sampel ketiga aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 4% menghasilkan nilai daktilitas sebesar 100 cm. Sampel keempat aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 6% menghasilkan nilai daktilitas sebesar 85 cm. Keempat sampel tersebut memenuhi spesifikasi aspal modifikasi Bina Mirga 2018 Revisi 2 yaitu > 100 cm.

4. Titik nyala

   Pengujian titik nyala bertujuan untuk menentukan suhu dimana aspal mencapai batas keamanan yang cukup untuk dipanaskan. Hasil pengujiam titik nyala pada sampel pertama aspal Pertamina Pen 60/70 menunjukan nilai sebesar 320°C. Sampel kedua aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 2% menunjukan nilai sebesar 305°C. Sampel ketiga aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 4% menunjukan nilai sebesar 296°C. Sampel keempat aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 6% menunjukan nilai sebesar 286°C. Keempat sampel tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu > 232°C.

5. Titik Bakar

   Pengujian titik bakar bertujuan untuk menentukan suhu dimana aspal mencapai batas keamanaan yang cukup untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik bakar pada sampel pertama aspal Pertamina

Pen 60/70 menunjukan nilai sebesar 325°C. Sampel kedua aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 2% menunjukan nilai sebesar 310°C. Sampel ketiga aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 4% menunjukan nilai sebesar 300°C. Sampel keempat aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 6% menunjukan nilai sebesar 290°C. Keempat sampel tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu > 225°C.

6. Kelarutan dalam *TCE* (*Trychloroethylene)*

   Tujuan dari pengujian kelarutan terhadap *TCE* adalah untuk menentukan presentase kelarutan aspal larutan *TCE,* yang mengindikasikan presentase mineral lain yang terkandung dalam aspal. Semakin tinggi kelarutan aspal dalam *TCE,* semakin sedikit mineral lain dalam aspal yang mungkin mengganggu ikatan antara aspal dan agregat. Hasil pengujian kelarutan dalam *TCE* sampel pertama aspal pertamina pen 60/70 adalah sebesar 99,12 %. Sampel kedua aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 2% menunjukkan nilai sebesar 98,34%. Sampel ketiga aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 4% menunjukkan nilai sebesar 97,15%. Sampel keempat aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 6% menunjukan nilai sebesar 95,82%. Keempat jenis sampel tersebut hanya sampel 0% kadar karet yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu sebesar >99%.

7. Titik Lembek

   Pengujian titik lembek bertujuan untuk menentukan suhu dimana aspal akan mulai melunak atau melembek. Hasil pengujian sampel pertama aspal Pertamina menunjukan titik lembek sebesar 52°C. Sampel kedua aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 2% menunjukan nilai sebesar 53°C. Sampel ketiga aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 4% menunjukan nilai sebesar 55°C. Sampel keempat aspal modifikasi dengan kadar *rubber* 6% menunjukan nilai sebesar 58°C. Keempat jenis sampel tersebut memenuhi

persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu titik lembek diterima adalah ± 1˚C dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.

5.4.5 Evaluasi Karakteristik *Marshall*

1. Karakteristik mekanik

Karakteristik mekanik dapat dilihat dari hasil pengujian *marshall* yakni nilai stabilitas, kelelehan (*flow*), dan *marshall quotient* (MQ).

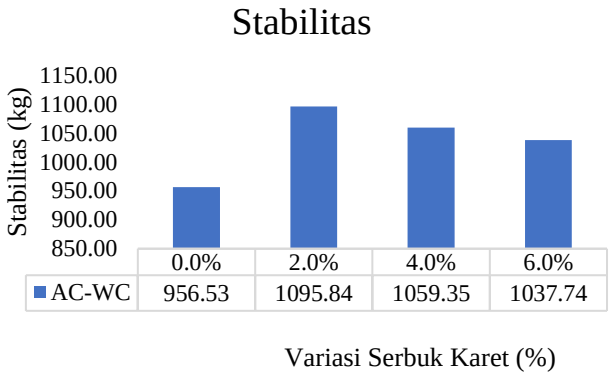
a. Stabilitas

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, nilai stabilitas yang dimiliki dari pada campuran *AC-WC* mengalami penurunan seiring dengan besarnya presentase limbah ban karet sebagai *additive* yang dimulai dari 2%. Hasil pengujian menunjukan nilai stabilitas untuk campuran *AC-WC* dengan penambahan limbah ban karet 0% adalah 956,53 kg, limbah ban karet 2% 1095,84 kg, limbah ban karet 4% 1059,35 kg, limbah ban karet 6% 1037,74 kg. Berdasarkan spesifikasi bina marga 2018 nilai stabilitas yang diizinkan untuk campuran *AC-WC* adalah 800kg dan 1000 kg untuk *Marshall* campuran *AC-WC* modifikasi yang mana campuran *AC-WC* masih memenuhi persyaratan tersebut.

Seiring adanya kadar *rubber* menyebabkan adanya peningkatan pada nilai stabilitas yang disebabkan oleh sifat elastisitas *rubber*. Akan tetapi, bertambahnya kadar *rubber* yang berlebihan menyebabkan stabilitas turun dikarenakan *over* elastisitas. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Aditama (2020), yang menunjukkan bahwa penambahan *crum rubber* secara positif berkontribusi pada peningkatan stabilitas campuran tetapi bertambahnya kadar *rubber* yang berlebihan menyebabkan stabilitas turun.

Hasil analisis *anova* menunjukkan bahwa stabilitas kadar aspal terhadap kadar *rubber*, dengan nilai 0,000 < 0,05. Selain itu, nilai F hitung sebesar

45,209 yang melebihi nilai F tabel sebesar 4,0662. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (H1) diterima, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam campuran aspal terhadap semua variasi kadar *rubber*. Hasil perbandingan nilai *stabilitas* tiap variasi kadar limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5. 5 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *Stabilitas* Tiap Kadar Limbah Karet

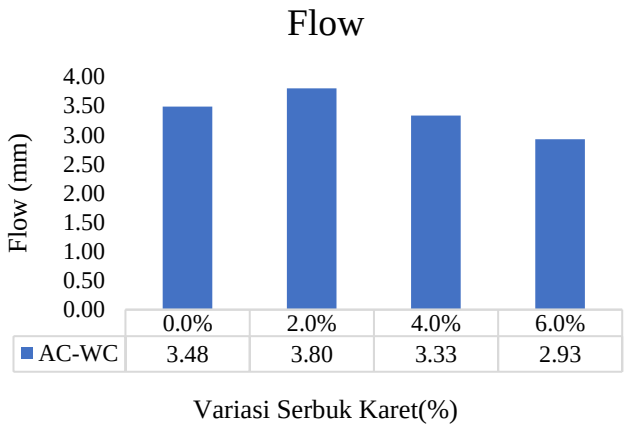
b. *Flow*

Pengujian yang sudah dilakukan menunjukan nilai *Flow* yang dimiliki campuran *AC-WC* mengalami penurunan seiring dengan besarnya limbah ban karet sebagai *additive*. Nilai *flow* campuran *AC-WC* dengan limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal adalah limbah ban karet 0% 3,48 mm, limbah ban karet 2% 3,80 mm, limbah ban karet 4% 3,33 mm, limbah ban karet 6% 2,93 mm. Adapun dari hasil yang telah didapatkan menunjukan campuran yang telah didapatkan menunjukan campuran *AC-WC* memiliki nilai *flow* yang baik dan stabil.

Seiring adanya kadar *rubber* menyebabkan adanya peningkatan penebalan pada lapisan aspal yang menyelimuti agreggat sehinngga menyebabkan nilai *flow* meningkat akan tetapi penambahan kadar aspal yang berlebihan menyabkan penurunan nilai *flow* dikarenakan terlalu banyak rongga yang ditepati oleh aspal yang menyelimuti agreggat. Temuan ini konsisten

dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Firmansyah (2018), yang menunjukkan bahwa penambahan *crum rubber* secara positif berkontribusi pada peningkatan *flow*.

Hasil analisis *anova* menunjukkan bahwa *flow* kadar aspal terhadap kadar *rubber*, dengan nilai 0,004 < 0,05. Selain itu, nilai F hitung sebesar 10,597 yang melebihi nilai F tabel sebesar 4,0662. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (H1) diterima, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam campuran aspal terhadap semua variasi kadar *rubber*. Hasil perbandingan nilai *flow* tiap variasi kadar limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5. 6 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *Flow* Tiap Kadar Limbah Karet

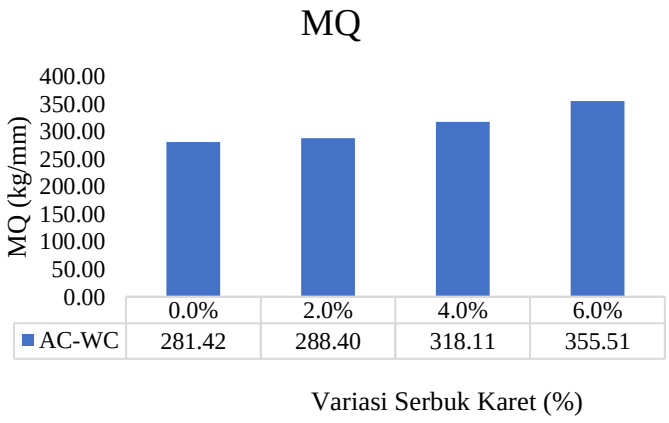
c. *MQ*

Pengujian yang sudah dilakukan menunjukan nilai *MQ* yang dimiliki campuran *AC-WC* mengalami kenaikan seiring dengan besarnya limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal. Nilai *MQ* campuran *AC-WC* dengan limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal adalah limbah ban karet 0% yaitu 281,42 kg/mm, limbah ban karet 2% yaitu 288,40 kg/mm, limbah ban karet 4% yaitu 318 kg/mm, dan limbah ban karet 6% yaitu 355,51 kg/mm. Berdasarkan spesifikasi bina marga 2018 nilai *MQ* yang diizinkan untuk

campuran *AC-WC* adalah >250 kg/mm. Dapat dilihat dari hasil diatas campuran *AC-WC* masih memenuhi persyaratan tersebut.

Seiring adanya kadar *rubber* menyebabkan adanya peningkatan nilai *MQ* pada campuran dikarenakan lapisan aspal semakin mengeras dan menebal yang menyelimuti agreggat. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Firmansyah (2018), yang menunjukkan bahwa penambahan *crum rubber* secara positif berkontribusi pada peningkatan nilai *MQ*.

Hasil analisis *anova* menunjukkan bahwa *MQ* kadar aspal terhadap kadar *rubber*, dengan nilai 0,021 < 0,05. Selain itu, nilai F hitung sebesar 5,765 yang melebihi nilai F tabel sebesar 4,0662. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (H1) diterima, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam campuran aspal terhadap semua variasi kadar *rubber*. Hasil perbandingan nilai *MQ* tiap variasi kadar limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5. 7 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *MQ* Tiap Kadar Limbah Karet

2. Karakteristik volumetrik

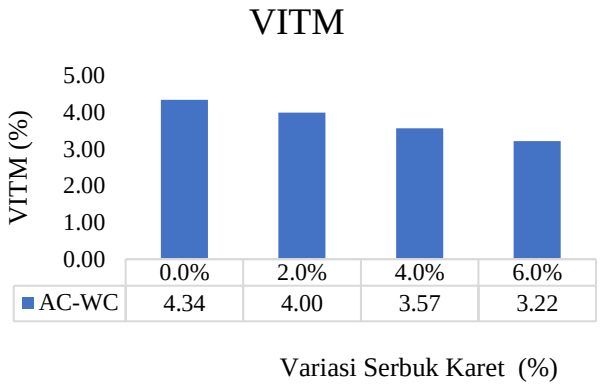
Karateristik volumetrik pada pengujian *marshall* membahas tentang ruang yang berbeda didalam suatu campuran antara lain *voids in total mix* (*VITM), voids in the mineral aggregates (VMA),* dan *voids filled with asphalt (VFWA).*

a. *VITM*

Pengujian yang sudah dilakukan menunjukan nilai *VITM* yang dimiliki campuran *AC-WC* mengalami penurunan seiring dengan besarnya limbah ban karet sebagai *additive*. Nilai *VITM* campuran *AC-WC* dengan limbah ban karet sebagai additive pada aspal adalah limbah ban karet 0% yaitu 4,34 %, limbah ban karet 2% yaitu 4 %, limbah ban karet 4% yaitu 3,57%, limbah ban karet 6% yaitu 3,22%. Berdasarkan spesifikasi bina marga 2018 nilai VITM yang diizinkan untuk campuran *AC-WC* adalah 3%-5%. Dapat dilihat dari hasil yang didapatkan, campuran *AC-WC* masih memenuhi persyaratan tersebut.

Seiring adanya kadar *rubber* menyebabkan adanya peningkatan penebalan pada lapisan aspal yang menyelimuti agreggat sehinngga menyebabkan nilai *VITM* menurun dikarenakan rongga campuran terisi oleh aspal yang menebal. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Aditama (2020), yang menunjukkan bahwa penambahan *crum rubber* secara positif berkontribusi pada penurunan *VITM.*

Hasil analisis *anova* menunjukkan bahwa *VITM* kadar aspal terhadap kadar *rubber*, dengan nilai 0,000 < 0,05. Selain itu, nilai F hitung sebesar 92,274 yang melebihi nilai F tabel sebesar 4,0662. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (H1) diterima, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam campuran aspal terhadap semua variasi kadar *rubber*. Hasil perbandingan nilai *VITM* tiap variasi kadar limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5. 8 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *VITM* Tiap Kadar Limbah Karet

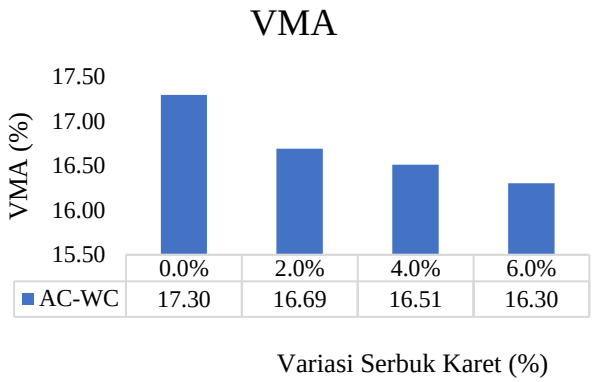
b. *VMA*

Pengujian yang sudah dilakukan menunjukkan nilai *VMA* yang dimiliki kedua jenis gradasi pada campuran *AC-WC* mengalami penurunan seiring dengan besarnya penambah limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal. Nilai *VMA* campuran *AC-WC* dengan limbah ban karet sebagai *additive* adalah limbah ban karet 0% yaitu 17,30 %, limbah ban karet 2% yaitu 16,69 %, limbah ban karet 4% yaitu 16,51 %, limbah ban karet 6% yaitu 16,30 %. Berdasarkan spesifikasi bina marga 2018 nilai *VMA* yang diizinkan untuk campuran *AC-WC* yang diizinkan untuk campuran *AC-WC* adalah ≥ 15 %. Dapat dilihat dari hasil yang didapatkan, campuran *AC-WC* masih memenuhi persyaratan tersebut.

Seiring adanya kadar *rubber* menyebabkan sifat kohesi antara aspal dan agregat menurun sehingga nilai *VMA* juga ikut menurun. Dikarenakan granular-granular *rubber* mengisi rongga-rongga agregat yang menyebabkan penurunan nilai *VMA* juga. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Aditama (2020), yang menunjukkan bahwa penambahan *crum rubber* secara positif berkontribusi pada penurunan nilai *VMA.*

Hasil analisis *anova* menunjukkan bahwa *VMA* kadar aspal terhadap kadar *rubber*, dengan nilai 0,000 < 0,05. Selain itu, nilai F hitung sebesar 93,185 yang melebihi nilai F tabel sebesar 4,0662. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (H1) diterima, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

dalam campuran aspal terhadap semua variasi kadar rubber. Hasil perbandingan nilai *cantabro loss* tiap variasi kadar limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5. 9 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *VMA* Tiap Kadar Limbah Karet

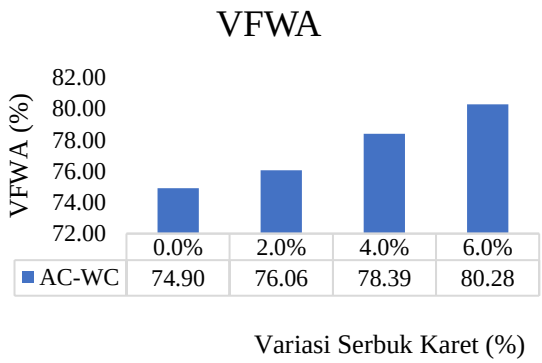
c. *VFWA*

Pengujian yang sudah dilakukan menunjukan nilai *VFWA* yang dimiliki pada campuran *AC-WC* mengalami kenaikan seiring dengan besarnya bahan tambah limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal. Nilai *VFWA* campuran *AC-WC* limbah ban karet sebagai *additive* aspal adalah limbah ban karet 0% yaitu 74,90 %, limbah ban karet 2% yaitu 76,06 %, limbah ban karet 4% yaitu 78,39 %, limbah ban karet 6% yaitu 80,28 %. Berdasarkan spesifikasi bina marga 2018 nilai *VFWA* yang diizinkan untuk campuran *AC-WC* yang diizinkan untuk campuran *AC-WC* adalah ≥ 65 %. Dapat dilihat dari hasil yang didapatkan, campuran *AC-WC* masih memenuhi persyaratan tersebut.

Seiring adanya kadar *rubber* membuat aspal memiliki granular-granular yang lebih banyak mengisi rongga sehingga membuat aspal memiliki sifat yang lebih keras dibanding aspal tanpa kadar *rubber* hal tersebut membuat lapisan aspal menjadi lebih tebal yang mengakibatkan nilai *VFWA* (*Void Filled Asphalt)* menjadi lebih besar. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Aditama (2020), yang

menunjukkan bahwa penambahan *crum rubber* secara positif berkontribusi pada peningkatan nilai *VFWA.*

Hasil analisis *anova* menunjukkan bahwa *VFWA* kadar aspal terhadap kadar rubber, dengan nilai 0,000 < 0,05. Selain itu, nilai F hitung sebesar 99,608 yang melebihi nilai F tabel sebesar 4,0662. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (H1) diterima, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam campuran aspal terhadap semua variasi kadar rubber. Hasil perbandingan nilai *cantabro loss* tiap variasi kadar limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5. 10 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *VFWA* Tiap Kadar Limbah Karet

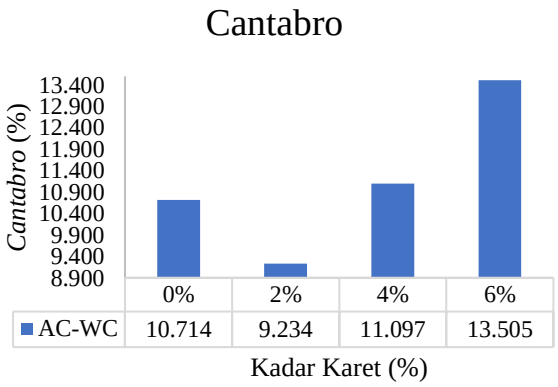
5.4.6 Evaluasi Karakteristik *Cantabro*

Nilai ketahanan aus atau *cantabro loss* menandakan kekuatan ketika menghadapi beban lalu lintas dan seberapa banyak keausan yang dialami suatu benda uji tersebut. Semakin besar nilai *cantabro* yang didapatkan, maka keausan yang terjadi akan semakin besar begitupun sebaliknya.

Penggunaan limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal memberikan hal yang kurang baik karena pada pengujian *cantabro* cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar limbah ban karet. Bertambahnya kadar limbah ban karet menyebabkan aspal mengalami penurunan kemampuan melekatkan butiran agregat dalam campuran sehingga pemisah antar agregat semakin besar. syarat

spesifikasi Bina Marga untuk pengujian *Cantabro* yaitu < 20%. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Juliansyah (2017), yang menunjukkan bahwa penambahan *crum rubber* secara positif berkontribusi pada peningkatan nilai *Cantabro Loss.*

Hasil analisis *anova* menunjukkan bahwa *Cantabro Loss* kadar aspal terhadap kadar *rubber*, dengan nilai 0,012 < 0,05. Selain itu, nilai F hitung sebesar 7,124 yang melebihi nilai F tabel sebesar 4,0662. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (H1) diterima, menunjukan adanya perbedaan yang signifikan dalam campuran aspal terhadap semua variasi kadar *rubber*. Hasil perbandingan nilai *cantabro loss* tiap variasi kadar limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5. 11 *Bar Chart* Perbandingan Nilai *Cantabro Loss* Tiap Variasi Kadar Limbah Ban Karet

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian perbandingan kinerja campuran perkerasan *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada pengujian aspal modifikasi menggunakan *rubber* sebagai *additive* dengan presentase 2%,4%, dan 6% kadar *rubber* mendapatkan peningktan nilai pada berat jenis dan titik lembek. Disisi lain nilai penetrasi, daktilitas, kelarutan, titik nyala dan bakar mengalami penurunan. Hasil dari pengujian-pengujian tersebut sudah masuk dalam spesifikasi aspal modifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.
2. Pada pengujian *Marshall* dengan kadar karet 0% sebagai *additive* pada aspal didapatkan hasil bahwa *AC-WC* memiliki niai volumetrik dan mekanik yang baik. Disisi lain, pengaruh penambahan dengan kadar karet dengan persentase 2%,4% dan 6% pada pengujian *Marshall* menunjukan nilai tertinggi pada stabilitas berada pada pesentase 2%.Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan penggunaan limbah ban karet sebagai *additive* pada aspal dengan kadar *rubber* yang terlalu banyak menyebabkan campuran menjadi lebih padat, rapat dan kaku. Perbandingan pada kadar aspal terhadap *rubber* pada nilai stabilitas, *flow, VITM, VMA, VFWA dan MQ* memiliki hasil yang signifikan.

   Penggunaan serbuk ban karet sebagai *additive* pada aspal cukup berpengaruh menurunkan nilai *cantabro loss.* Pada campuran *AC-WC* dengan serbuk ban karet 2% memiliki persentase kehilangan berat terkecil. Disisi lain 4%,dan 6% memiliki persentase kehilangan berat yang semakin besar seiring dengan besarnya penambahan serbuk ban karet. Berdasarkan hasil diatas dapat disimpulkan bahwa *AC-WC* dengan kadar *rubber* 2% memiliki keausan lebih kecil atau sedikit dibanding dengan 4% dan 6%.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian perbandingan kinerja campuran perkerasan *AC-WC* dengan serbuk ban karet sebagai *additive* pada aspal, maka peneliti dapat memberi saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan metode pengujian lainya seperti pengujian *Indirec Tensile Strength Test (ITS)* guna mengetahui kekuatan tarik campuran perkerasaan tersebut maupun pengujian rendaman (*Immersion Test)* guna mengetahui pengaruh air, suhu dan cuaca terhadap karakterisitik campuran.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan penambahan kadar *rubber* lebih dari 6% guna mengetahui titik maksimum penambahan limbah ban karet.
3. Perlunya pencucian serbuk ban karet sebelum masuk proses pengujian guna menghilangkan kotoran-kotoran yang masih menempel pada karet.
4. Perlu adanya pengujian sifat kimiawi *crum rubber* guna mengetahui kandungan zat didalam *crum rubber* tersebut.
5. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan serbuk ban karet sebagai *additive* pada aspal pada jenis campuran perkerasaan lainnya seperti *AC-BC atau HRS.*
6. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan penggunaan serbuk-serbuk karet lainya pada campuran *AC-WC* guna mengetahui perbandingan karateristik *Marshall* maupun kinerja *cantabro* yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

American Association State Highway and Transportaion, 1982. *Standard Specifications for Transportion Materials of Sampling and Testing.* Part 2, Washington DC.

Aminsyah, M. 2010. Penggaruh Kepipihan dan Kelonjongan Agregat Terhadap Perkerasaan Lentur Jalan Raya. *Jurnal Rekayasa Sipil.* Universitas Andalas. Padang.

Bessoran, O.I., Alpius dan Sanggaria, O.I. 2021. Studi Karakteristik Campuran *AC-WC* Menggunakan Bahan Tambah Limbah Ban Bekas. *Paulus Civil Engginering Jurnal.* Universitas Kristen Indonesia Paulus.

Dhuha, U.F., Riyanto, A. 2014. Karaketeristik Campuran Aspal Porus dengan Subtitusi Styrofoam pada Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil.* Universitas Syah Kuala. Aceh.

Direktorat Jendral Bina Marga. 2010. Spesifikasi Umum. Edisi 2010 (Rev. 2). Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum. Edisi 2018 (Rev. 3). Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.Jakarta.

Farlin, R., Prastyo, N., dan Kasmuri, M. 2019. Studi Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karet Terhadap Durabilitas dan Flexibilitas Aspal Beton (AC-WC). *Jurnal Tekno.* Universitas Bina Darma.

Juliansyah, R. 2017. Penambahan Limbah Karet Sebagai Additive Untuk Mengatasi Penurunan Kinerja Campuran Superpave Akibat Rendaman Air Hujan. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

Novrianto, I.B.A. 2016. Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal dengan Filler Gypsum. *Tugas Akhir.*. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta

Pinandita,A.M. 2017. Pengaruh Limbah Karet Ban Sebagai Campuran Aspal Terhadap Karakteristik Marshall, Pada Jenis Perkerasaan Lapis

Ttipis Aspal Pasir (LATASIR) KELAS B. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammdiyah Purwokerto.

Prayoga, A.B. 2009. Pengaruh Penambahan Limbah Karet Sol Pada Parameter Marshall Campuran Aspal Beton. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Negri Malang.

Rini, T.K., Pratama, W., dan Amarwati, A. 2018. Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Terhadap Kuat Tekan Marshall Campuran Beton Aspal. *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil.* Universitas Udayana.Bali.

Soehardi, F., dan Putri L.D. 2018. Penggunaan Aspal Buton Berbutir pada Campuran Lapisan Perkerasaan AC-BC. *Jurnal Sainstek STT.* Universitas Lancang Kuning. Pekanbaru.

Soehartono. 2014. *Teknologi Aspal dan Pengunaannya*. ANDI .Yogyakarta.

Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Nova. Bandung.

Sukirman, S. 1993. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung. Sukirman, S. 1999. *Dasar-Dasar Perencaan Geometrik*. Nova. Bandung.

Standar Nasional Indonesia. 1991. Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. SNI 06-2489-1991.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agreggat Kasar. SNI 1969:2008.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agreggat Halus. SNI 1970:2008.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 2002. Spesifikasi Bahan Uji Pengisi Untuk Campuran Beraspal. SNI 03-6723-2002.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 1991. Cara Uji Penyelimutan dan Penglupasan pada campuran agregat-aspal. SNI 06-2439-1991.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 1991. Cara Uji Penyelimutan dan Penglupasan pada campuran agregat-aspal. SNI 06-2439-1991.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 1991. Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat. SNI 06-2441-1991.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 1991. Cara Uji Penyelimutan dan Penglupasan pada campuran agregat-aspal. SNI 06-2439-1991.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 1991. Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal. SNI 06-2432-1991.Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 1991. Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter. SNI 06-2432-1991.Indonesia.

Saleh, S.M., Anggraini, R., dan Aquina H. 2014. Karaketeristik Campuran Aspal Porus dengan Subtitusi Styrofoam pada Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil.* Universitas Syah Kuala. Aceh.

Thanaya, N.A., Puranto, G.R., dan Nugraha, N.S. 2016. Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks. *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil.* Universitas Udayana.Bali.

Tahir, A. 2009. Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar *Filler* Abu Terbang Batu Bara. *Jurnal SMARTEK.* Universitas Tadulako, Palu.

LAMPIRAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : SNI 2441 - 2011

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 0 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	24,64	24,11
2	Berat vicnometer + Aquadest (gr)	47,07	47,15
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	22,43	23,04
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	26,96	26,38
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	2,32	2,27
6	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	47,18	47,28
7	Berat Aquadest (6 - 4) (gr)	20,22	20,9
8	Volume Aspal (3 - 7) (gr)	2,21	2,14
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,05	1,061
10	Rata-rata BJ Aspal	1,06	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Bambang Kusharjo, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 0 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	5 °C	13.15 WIB	
	Selesai	51 °C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	I	II
1	5 °C	0 detik	0 detik		
2	10 °C	126 detik	126 detik		
3	15 °C	238 detik	238 detik		
4	20 °C	342 detik	342 detik		
5	25 °C	456 detik	456 detik		
6	30 °C	572 detik	572 detik		
7	35 °C	675 detik	675 detik		
8	40 °C	787 detik	787 detik		
9	45 °C	896 detik	896 detik		
10	50 °C	931 detik	931 detik	52°C	52°C
11	55 °C				
12	60 °C				

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 0 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	27 °C	09.40 WIB	
	Selesai	290 °C	10.20 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	320 °C	325 °C	
2	Benda uji 2			
3	Rata - rata	320 °C	325 °C	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

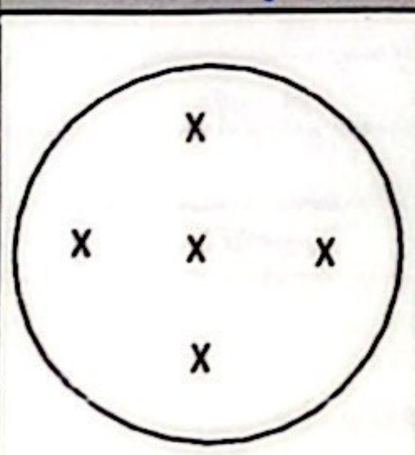
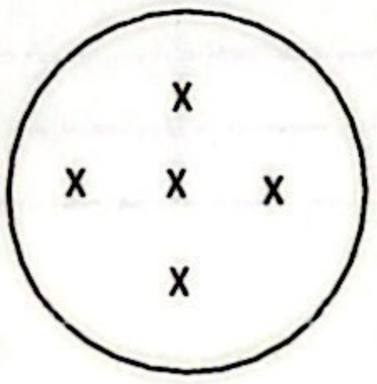
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 0 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

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

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian		Keterangan
	I (mm)	II (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	
1	65	65			
2	65	66			
3	66	65			
4	65	66			
5	66	66			
Rata2	65,4	65,6			
Rata2	65,5				

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

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

1 Contoh dari : Pertamina Cilacap
2 Jenis contoh : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 0 %
3 Diperiksa tg : Maret 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	164 cm	Tidak Putus
2	Sampel 2	164 cm	Tidak Putus
4	Rata-rata	150 cm	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipi

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 0 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Benda Uji		Keterangan
		1	2	
1	Berat erlen meyer kosong	68,880 gr	75,190 gr	
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	70,020 gr	76,520 gr	
3	Berat Aspal (2 - 1)	1,140 gr	1,330 gr	
4	Berat kertas saring bersih	0,600 gr	0,590 gr	
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,610 gr	0,600 gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,010 gr	0,010 gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	0,877 %	0,752 %	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	99,123 %	99,248 %	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,185 %		

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Ka. Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : SNI 2441 - 2011

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 2 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	24,08	23,87
2	Berat vicnometer + Aquadest (gr)	47,22	46,08
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	23,14	22,21
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	26,07	25,49
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	1,99	1,62
6	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	47,28	46,16
7	Berat Aquadest (6 - 4) (gr)	21,21	20,67
8	Volume Aspal (3 - 7) (gr)	1,93	1,54
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,03	1,052
10	Rata-rata BJ Aspal	1,042	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manajer Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Bernan Kustiap, M.Eng/IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 2 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	5 °C	13.15 WIB	
	Selesai	51 °C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	I	II
1	5 °C	0 detik	0 detik		
2	10 °C	126 detik	126 detik		
3	15 °C	238 detik	238 detik		
4	20 °C	342 detik	342 detik		
5	25 °C	456 detik	456 detik		
6	30 °C	572 detik	572 detik		
7	35 °C	675 detik	675 detik		
8	40 °C	787 detik	787 detik		
9	45 °C	896 detik	896 detik		
10	50 °C	931 detik	936 detik	52°C	53°C
11	55 °C				
12	60 °C				

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Ka. Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 2 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	27 °C	09.40 WIB	
	Selesai	290 °C	10.20 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	305 °C	310 °C	
2	Benda uji 2			
3	Rata - rata	305 °C	310 °C	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Kasam Pesilori, M.Eng. IPM. ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

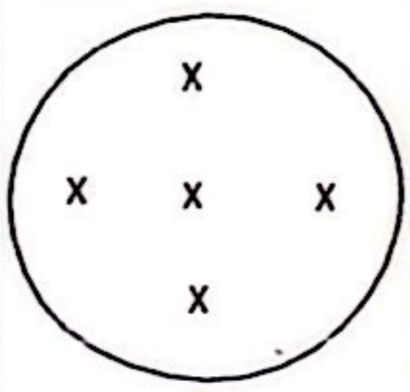
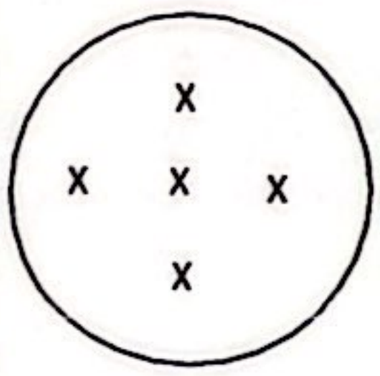
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 2 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

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

HASIL PENGAMATAN

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

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

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

1 Contoh dari : Pertamina Cilacap
2 Jenis contoh : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 2 %
3 Diperiksa tg : Maret 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	150 cm	Putus
2	Sampel 2	150 cm	Putus
4	Rata-rata	150 cm	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Perdian Kusnan, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 2 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Benda Uji		Keterangan
		1	2	
1	Berat erlen meyer kosong	75,210 gr	68,910 gr	
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	76,250 gr	70,380 gr	
3	Berat Aspal (2 - 1)	1,040 gr	1,470 gr	
4	Berat kertas saring bersih	0,560 gr	0,540 gr	
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,580 gr	0,560 gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,020 gr	0,020 gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	1,923 %	1,361 %	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	98,077 %	98,639 %	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	98,358	%	

Yogyakarta, 2024

Diketahui Oleh
Ka. Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : SNI 2441 - 2011

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 4 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	24,17	23,45
2	Berat vicnometer + Aquadest (gr)	46,97	46,6
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	22,8	23,15
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	25,75	25,04
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	1,58	1,59
6	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	47,02	46,68
7	Berat Aquadest (6 - 4) (gr)	21,27	21,64
8	Volume Aspal (3 - 7) (gr)	1,53	1,51
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,03	1,053
10	Rata-rata BJ Aspal	1,043	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Ketua Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

[redacted] ari, M.Eng, IPM, ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 4 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	5 °C	13.15 WIB	
	Selesai	55 °C	13.35 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	I	II
1	5 °C	0 detik	0 detik		
2	10 °C	126 detik	126 detik		
3	15 °C	238 detik	238 detik		
4	20 °C	342 detik	342 detik		
5	25 °C	456 detik	456 detik		
6	30 °C	572 detik	572 detik		
7	35 °C	675 detik	675 detik		
8	40 °C	787 detik	787 detik		
9	45 °C	896 detik	896 detik		
10	50 °C	931 detik	931 detik	53°C	
11	55 °C		966 detik		55°C
12	60 °C				

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Hatta
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 1200, 1201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 4 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 ^{o}C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 ^{o}C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 ^{o}C	08.35 WIB	
	Selesai	27 ^{o}C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	27 ^{o}C	09.40 WIB	
	Selesai	300 ^{o}C	10.27 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	296 ^{o}C	300 ^{o}C	
2	Benda uji 2			
3	Rata - rata	296 ^{o}C	300 ^{o}C	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Ka[illegible]ari, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

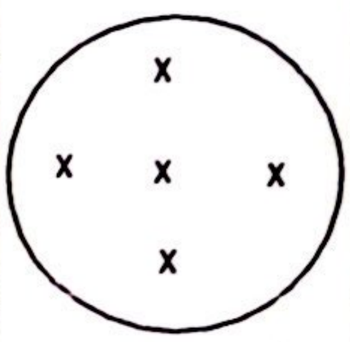
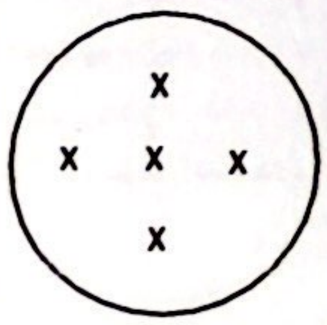
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 4 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

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

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian		Keterangan
	I (mm)	II (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	
1	58	57			
2	59	59			
3	58	58			
4	58	59			
5	57	57			
rata2	58	58			
rata2	58				

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Bambang Supriyadi, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

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

1 Contoh dari : Pertamina Cilacap
2 Jenis contoh : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 4 %
3 Diperiksa tg : Maret 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	100 cm	Putus
2	Sampel 2	100 cm	Putus
4	Rata-rata	100 cm	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Bambang Kusharjanta, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 4 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Benda Uji		Keterangan
		1	2	
1	Berat erlen meyer kosong	58,630 gr	56,200 gr	
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	59,880 gr	57,820 gr	
3	Berat Aspal (2 - 1)	1,250 gr	1,620 gr	
4	Berat kertas saring bersih	0,560 gr	0,560 gr	
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,590 gr	0,590 gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,030 gr	0,030 gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	2,400 %	1,852 %	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	97,600 %	98,148 %	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	97,874	%	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Hj. Ratna Dewi Kusumastuti, M.Eng., IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

RUJUKAN : SNI 2441 - 2011

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 6 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	24,52	23,91
2	Berat vicnometer + Aquadest (gr)	47,45	46,05
3	Berat Aquadest (2 - 1) (gr)	22,93	22,14
4	Berat vicnometer + Aspal (gr)	25,75	25,27
5	Berat Aspal (4 - 1) (gr)	1,23	1,36
6	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	47,5	46,17
7	Berat Aquadest (6 - 4) (gr)	21,75	20,9
8	Volume Aspal (3 - 7) (gr)	1,18	1,24
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,04	1,097
10	Rata-rata BJ Aspal	1,070	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

M.Eng., IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

RUJUKAN : SNI 2434 - 2011

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 6 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	5 °C	13.15 WIB	
	Selesai	58 °C	13.35 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	I	II
1	5 °C	0 detik	0 detik		
2	10 °C	126 detik	126 detik		
3	15 °C	238 detik	238 detik		
4	20 °C	342 detik	342 detik		
5	25 °C	456 detik	456 detik		
6	30 °C	572 detik	572 detik		
7	35 °C	675 detik	675 detik		
8	40 °C	787 detik	787 detik		
9	45 °C	896 detik	896 detik		
10	50 °C	931 detik	931 detik		
11	55 °C	966 detik	976 detik	55°C	58°C
12	60 °C				

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Peneliti

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

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

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 6 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
1	**Pemanasan Benda uji**			
	Mulai pemanasan	27 °C	08.20 WIB	
	Selesai pemanasan	140 °C	08.35 WIB	
2	**Didiamkan pada suhu ruang**			
	Mulai	140 °C	08.35 WIB	
	Selesai	27 °C	09.40 WIB	
3	**Diperiksa**			
	Mulai	27 °C	09.40 WIB	
	Selesai	300 °C	10.27 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar	Keterangan
1	Benda uji 1	286 °C	290 °C	
2	Benda uji 2			
3	Rata - rata	286 °C	290 °C	

Yogyakarta, 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

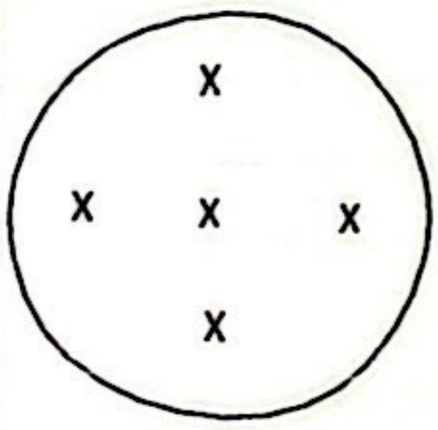
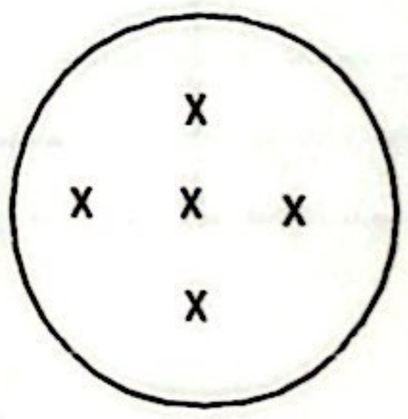
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

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

Sumber Material : Pertamina Cilacap
Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 6 %
Diuji Pada : Maret 2024

Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu	Keterangan
Pemanasan Benda uji			
Mulai pemanasan	27 °C	10.00 WIB	
Selesai pemanasan	140 °C	10.30 WIB	
Didiamkan pada suhu ruang			
Mulai	140 °C	10.30 WIB	
Selesai	27 °C	13.00 WIB	
Diperiksa			
Mulai	25 °C	13.00 WIB	
Selesai	25 °C	13.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

Benda Uji		Sket Pengujian		Keterangan
I (mm)	II (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	
54	56			
56	56			
54	55			
55	55			
55	54			
54,8	55,2			
55				

Disahkan Oleh
Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

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

Contoh dari : Pertamina Cilacap
Jenis contoh : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 6 %
Diperiksa tg : Maret 2024

Tahapan pemeriksaan

Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
Persiapan benda uji	Aspal dipanaskan	15 menit	suhu pemans ± 135^{O}C
Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	suhu ruang ± 28^{O}C
Perendaman benda uji	Direndam dalam water pada suhu 25^{O}C	60 menit	suhu water bath ± 25^{O}C
Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25^{O}C, kecepatan 5 cm per menit	20 menit	suhu alat ± 25^{O}C

Hasil pemeriksaan

Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
Sampel 1	85 cm	Putus
Sampel 2	85 cm	Putus
Rata-rata	85 cm	

Yogyakarta, 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipi

[illegible] M.Eng., IPM., ASEAN.Eng
NIK : 01 511 0101

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

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

1 Contoh dari : Pertamina Cilacap
2 Jenis contoh : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 6 %
3 Diperiksa tg : Maret 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Benda uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	85 cm	Putus
2	Sampel 2	85 cm	Putus
4	Rata-rata	85 cm	

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipi

[illegible] Kushari, M.Eng., IPM., ASEAN.Eng
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

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

1 Sumber Material : Pertamina Cilacap
2 Jenis Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Karet 6 %
3 Diuji Pada : Maret 2024

Persiapan pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

No	Pemeriksaan	Benda Uji		Keterangan
		1	2	
1	Berat erlen meyer kosong	63,660 gr	66,160 gr	
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	64,820 gr	67,400 gr	
3	Berat Aspal (2 - 1)	1,160 gr	1,240 gr	
4	Berat kertas saring bersih	0,540 gr	0,540 gr	
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,580 gr	0,590 gr	
6	Berat mineral (5 - 4)	0,040 gr	0,050 gr	
7	Prosentase mineral (6/3x100%)	3,448 %	4,032 %	
8	Aspal yang larut (100% - 7)	96,552 %	95,968 %	
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	96,260 %		

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Ahmad Mujib, 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

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

RUJUKAN : SNI 03-1969-2008

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

No.	Keterangan	Benda uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ) gr	1668,13	1652,77	1660,45
2	Berat benda uji dalam Air (BA) gr	1023,83	1022,20	1023,02
3	Berat benda uji dkering oven (BK) gr	1630,70	1617,10	1623,90
4	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(BJ - BA}$	2,531	2,565	2,548
5	Berat jenis (SSD) = $\frac{BJ}{(BJ - BA}$	2,589	2,621	2,605
6	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,687	2,718	2,703
7	Penyerapan air = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	2,295	2,206	2,251
8	Berat Jenis Efektif = (BJ Bulk + BJ Semu)/2	2,609	2,641	2,625

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. [illegible], M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

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

Rincian pemeriksaan

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

Hasil pemeriksaan

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

Yogyakarta, 2024

Disahkan Olch
Laboratorium Jurusan Teknik Sipi

[illegible], M.Eng., IPM., ASEAN.Eng
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR

AASHTO T 96 - 77 ; SNI 2417 : 2008

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

No	Jenis Gradasi		B		Keterangan
	Saringan		Benda Uji (gram)		
	Lolos	Tertahan	1	2	
1	72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")			
2	63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")			
3	50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")			
4	37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")			
5	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")			
6	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500,00	2500,00	
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500,00	2500,00	
8	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")			
9	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (4")			
10	04.75 mm (No.4)	02.36 mm (No.8)			
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000,00	5000,00	
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		3896,00	4792,00	
13	KEAUSAN 100x = $\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$		22,080	4,160	
17	Rata-rata Keausan (%)		13,12		

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Ketua Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil

Ir. Ery Hartati, M.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

RUJUKAN : SNI 1970 - 2008

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

No	Keterangan	Benda uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ) gr	500,04	500,03	
2	Berat Vicnometer + Air (B) gr	692,41	704,54	
3	Berat Vicnometer + Air + benda uji (BT) gr	1006,45	1020,05	
4	Berat benda uji kering oven (BK)	493,33	492,75	
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,653	2,671	2,662
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,689	2,710	2,699
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,752	2,780	2,766
8	Penyerapan air = $\frac{(500-BK)}{BK}\times 100\%$	1,352	1,471	1,412
9	Berat Jenis Efektif = (BJ Bulk + BJ Semu)/2	2,702	2,726	2,714

Yogyakarta, 2023

Disahkan Oleh
Penanggung Jawab Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

RUJUKAN : SNI 3423-2008

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

No.	Keterangan		Benda uji 1	Benda uji 2	Rata-rata
1	Persiapan, dan perendaman benda uji dalam larutan $CaCl_2$ selama (± 10.1 menit).	Mulai	09.25	09.30	
		Selesai	09.35	09.40	
2	Waktu pengendapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x, dan di tambah larutan $CaCl_2$)	Mulai	09.38	09.43	
		Selesai	09.50	09.55	
4	Clay reading (Pembacaan Lumpur) Inchi		3,40	3,70	3,55
5	Sand reading (Pembacaan Pasir)		3,00	3,50	3,25
6	$Sand\ Eqiuvalent = \frac{Sand\ Reading}{Clay\ Reading} \times 100\ \%$		88,24	94,59	91,41
7	Kandungan Lumpur = 100 - SE		11,76	5,41	8,59

Yogyakarta, 2024

Disahkan Oleh
Ka. Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

E. fteknik@fteuii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN MARSHALL UNTUK MENENTUKAN KAO PADA PENGGUNAAN ASPAL PEN 60/70 + 0% KARET

Tanggal Pengujian : Juni 2024
Tipe Campuran : AC-WC
Bahan Ikat : Pen 60/70

SAMPEL	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 (%)	Mess		Korelasi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kg/mm)
5A	6,830	5,263	5	1182,59	1190,83	656,48	534,35	2,2131	2,3274	10,4888	84,600	4,911	15,400	68,109	4,911	55	813,4957434	0,89	724,011	2,25	321,783
5B	6,863	5,263	5	1185,16	1189,02	653,32	535,7	2,2124	2,3274	10,4851	84,570	4,945	15,430	67,954	4,945	54	798,7049117	0,94	751,315	2,65	283,515
5C	6,887	5,263	5	1181,98	1192,83	656,59	536,24	2,2042	2,3274	10,4464	84,258	5,295	15,742	66,362	5,295	56	828,2865751	0,89	737,175	2,18	338,154
								2,2099					15,5238	67,4751	5,0503		813,4957		737,5005	2,3600	314,4839
5,5A	6,802	5,820	5,5	1180,29	1193,77	657,75	536,02	2,2020	2,3128	11,4794	83,729	4,791	16,271	70,553	4,791	60	887,4499019	0,90	796,043	3,04	261,856
5,5B	6,733	5,820	5,5	1174,18	1187,09	654,76	532,33	2,2057	2,3128	11,4991	83,873	4,628	16,127	71,305	4,628	61	902,2407336	0,91	824,949	2,14	385,490
5,5C	6,717	5,820	5,5	1176,78	1181,2	649,45	531,75	2,2130	2,3128	11,5371	84,151	4,312	15,849	72,793	4,312	59	872,6590702	0,92	801,392	2,76	290,359
								2,2069					16,0821	71,5504	4,5769		887,4499		807,4611	2,6467	312,5685
6A	6,923	6,383	6	1167,23	1183,09	653,96	529,13	2,2059	2,2983	12,5456	83,437	4,017	16,563	75,747	4,017	68	1005,776555	0,89	895,141	2,5	358,056
6B	6,690	6,383	6	1163,34	1175,79	648,84	526,95	2,2077	2,2983	12,5556	83,503	3,941	16,497	76,110	3,941	69	1020,567387	0,93	944,025	3,2	295,008
6C	6,630	6,383	6	1166,14	1176,86	649,95	526,91	2,2132	2,2983	12,5867	83,711	3,703	16,289	77,270	3,703	68	1005,776555	0,94	942,916	3	314,305
								2,2096					16,4496	76,3753	3,8869		1010,7068		927,3605	2,9000	322,4565
6,5A	6,257	6,952	6,5	1165,51	1175,9	650,45	525,45	2,2181	2,2839	13,6661	83,452	2,882	16,548	82,583	2,882	60	887,4499019	1,02	908,009	2,75	330,185
6,5B	6,107	6,952	6,5	1165,76	1182,14	652,23	529,91	2,1999	2,2839	13,5540	82,767	3,679	17,233	78,652	3,679	58	857,8682385	1,07	914,523	2,94	311,062
6,5C	6,490	6,952	6,5	1167,72	1184,31	653,80	530,51	2,2011	2,2839	13,5614	82,812	3,626	17,188	78,903	3,626	59	872,6590702	0,97	842,116	3,15	267,338
								2,2005					17,2103	78,7771	3,3958		865,2637		878,3196	3,0450	289,2004
7A	5,773	7,527	7	1153,18	1166,27	641,96	524,31	2,1994	2,2698	14,5933	82,306	3,101	17,694	82,475	3,101	50	739,5415849	1,15	853,554	3,5	243,873
7B	5,830	7,527	7	1155,44	1165,26	639,17	526,09	2,1963	2,2698	14,5725	82,188	3,239	17,812	81,813	3,239	49	724,7507532	1,15	835,879	3,3	253,297
7C	5,630	7,527	7	1149,75	1165,83	643,38	522,45	2,2007	2,2698	14,6017	82,353	3,045	17,647	82,744	3,045	48	709,9599215	1,22	868,813	3,35	259,347
								2,1979					17,7176	82,3442	3,1285		724,7508		852,7490	3,3833	252,1722

Disahkan Oleh
Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

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

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

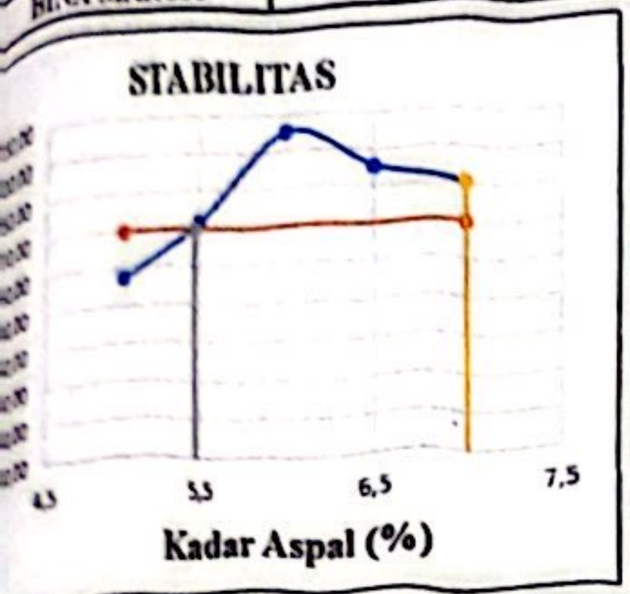
Dipindai dengan CamScanner

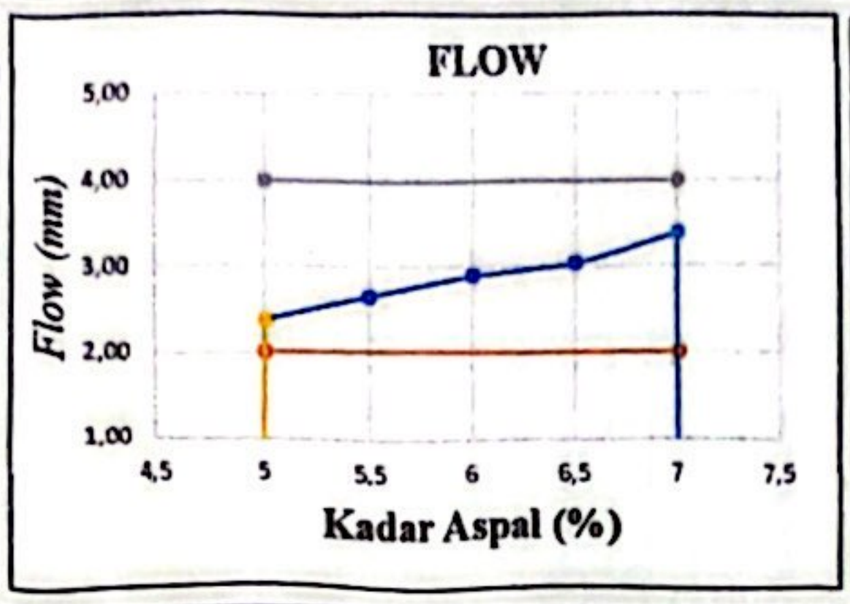
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

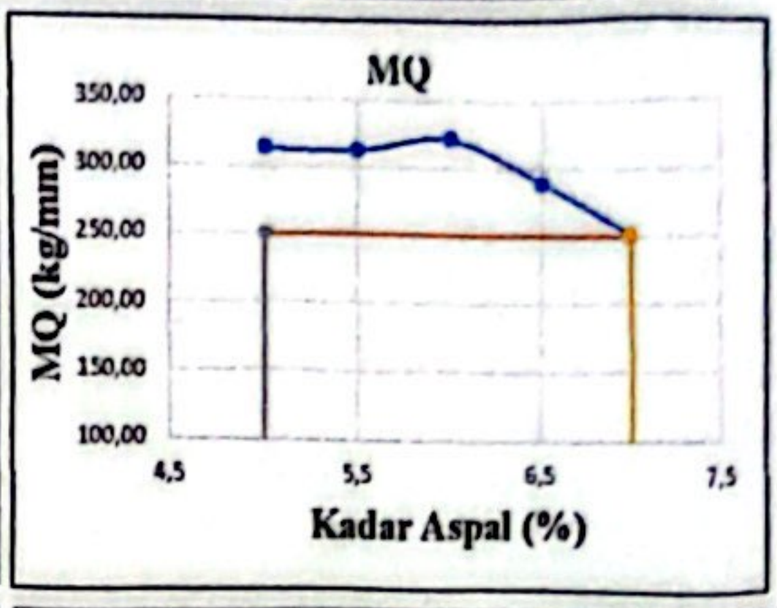
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

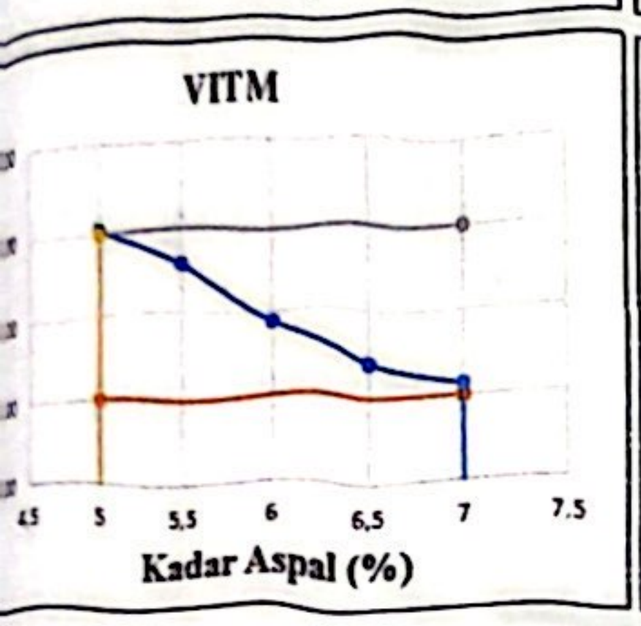
Kalibrasi Aspal Pen 60/70

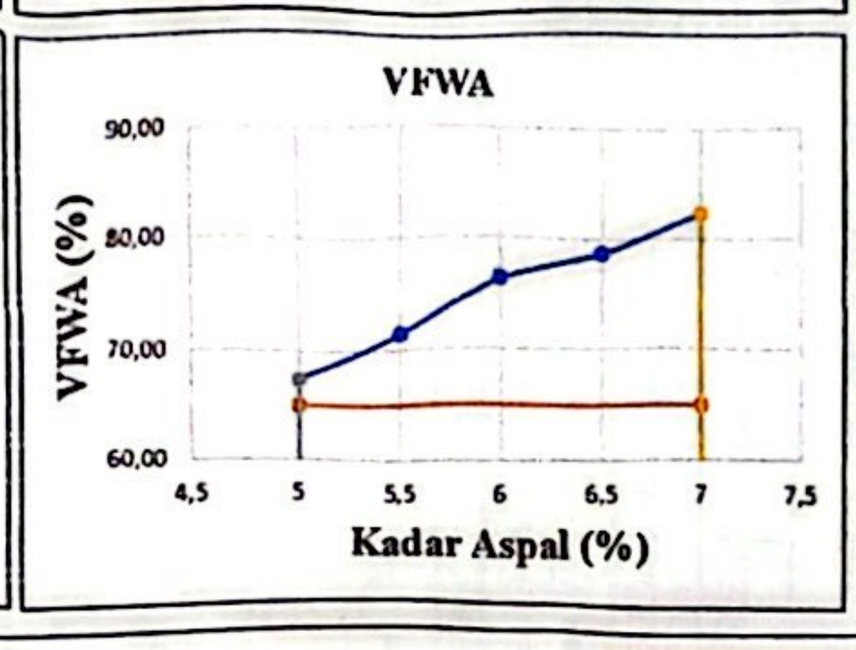
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	737,50	2,36	314,48	5,05	67,48	15,52	2,210
5,5	807,46	2,65	312,57	4,58	71,55	16,08	2,207
6	927,36	2,90	322,46	3,89	76,38	16,45	2,210
6,5	878,32	3,05	289,20	3,40	78,78	17,21	2,201
7	852,75	3,38	252,17	3,13	82,34	17,72	2,198
BINA MARGA	800	2-4	>250	3-5	>65	>15	>2

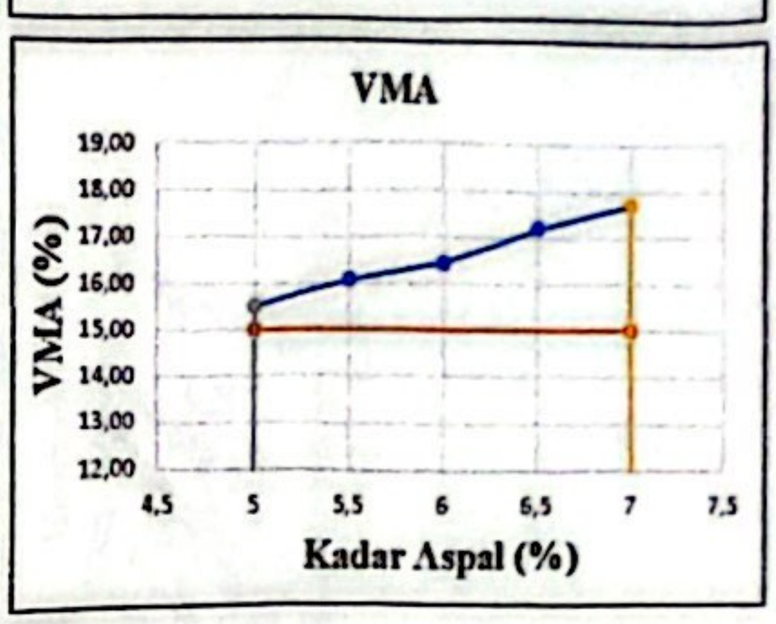


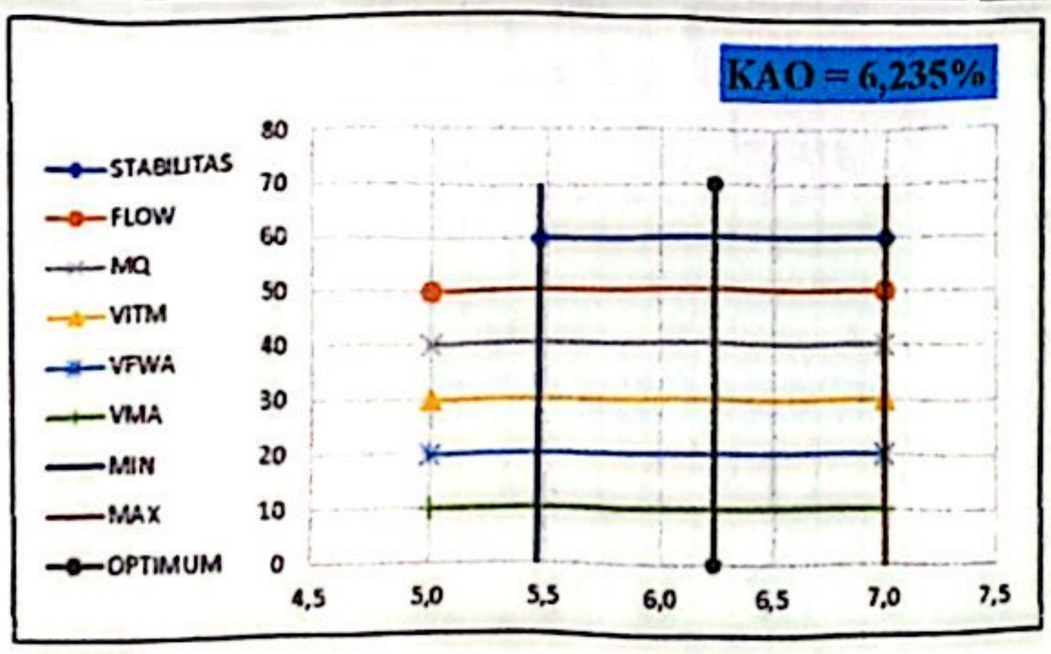












Diperiksa Oleh
Manajer Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Bernardus Yoga Pratama, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 51 1010

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

HASIL PENGUJIAN MARSHALL UNTUK MENENTUKAN KAO PADA PENGGUNAAN ASPAL PEN 60/70 + 2% KARET

Tanggal Pengujian : Juni 2024
Tipe Campuran : AC-WC
Bahan Ikat : Pen 60/70

SAMPEL	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 (%)	VTIM (%)	Mens		Korelasi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kg/mm)
5A	6,143	5,263	5	1183,16	1193,21	660,49	532,72	2,2210	2,3274	10,5260	84,900	4,574	15,100	69,708	4,574	64	946,6132287	1,05	998,283	2,66	375,294
5B	6,280	5,263	5	1174,55	1186,53	658,79	527,74	2,2256	2,3274	10,5480	85,077	4,375	14,923	70,684	4,375	61	902,2407336	1,02	918,030	2,82	325,543
5C	6,380	5,263	5	1183,95	1195,73	662,46	533,27	2,2202	2,3274	10,5221	84,869	4,609	15,131	69,540	4,609	63	931,822397	0,99	924,834	2,35	393,546
								2,2223					15,0513	69,9771	4,5193		926,8921		947,0487	2,6100	364,7943
5,5A	6,170	5,820	5,5	1175,12	1188,7	656,89	531,81	2,2097	2,3128	11,5196	84,023	4,458	15,977	72,099	4,458	71	1050,149051	1,05	1098,718	2,95	372,447
5,5B	6,260	5,820	5,5	1173,66	1183,78	653,46	530,32	2,2131	2,3128	11,5376	84,154	4,308	15,846	72,811	4,308	68	1005,776555	1,02	1028,407	3,16	325,445
5,5C	6,257	5,820	5,5	1183,18	1193,46	659,14	534,32	2,2144	2,3128	11,5441	84,202	4,254	15,798	73,071	4,254	70	1035,358219	1,02	1059,517	2,88	367,888
								2,2124					15,8740	72,6602	4,3402		1030,4279		1062,2138	2,9967	355,2599
6A	5,973	6,383	6	1170,29	1183,81	652,55	531,26	2,2029	2,2983	12,5281	83,321	4,151	16,679	75,112	4,151	71	1050,149051	1,11	1163,259	3,12	372,839
6B	6,303	6,383	6	1170,47	1180,72	650,77	529,95	2,2086	2,2983	12,5610	83,540	3,899	16,460	76,310	3,899	73	1079,730714	1,01	1092,328	3,3	331,008
6C	6,137	6,383	6	1171,53	1181,57	649,43	532,14	2,2015	2,2983	12,5206	83,271	4,208	16,729	74,844	4,208	74	1094,521546	1,06	1156,544	3,25	355,860
								2,2022					16,6229	75,4219	4,0863		1074,8004		1137,3770	3,2233	353,2359
6,5A	6,683	6,952	6,5	1160,11	1174,69	647,54	527,15	2,2007	2,2839	13,5589	82,797	3,644	17,203	78,818	3,644	72	1064,939882	0,93	986,844	3,48	283,576
6,5B	6,590	6,952	6,5	1161,35	1180,47	652,11	528,36	2,1980	2,2839	13,5424	82,696	3,762	17,304	78,260	3,762	74	1094,521546	0,95	1034,323	3,69	280,304
6,5C	6,443	6,952	6,5	1166,37	1173,85	644,70	529,15	2,2042	2,2839	13,5806	82,929	3,490	17,071	79,555	3,490	76	1124,103209	0,98	1097,874	3,52	311,896
								2,2011					17,1875	78,9076	3,6260		1109,3124		1066,0985	3,6050	296,1002
7A	6,567	7,527	7	1148,11	1154,81	631,92	522,89	2,1957	2,2698	14,5686	82,166	3,265	17,834	81,692	3,265	72	1064,939882	0,95	1011,027	3,92	257,915
7B	6,477	7,527	7	1158,75	1168,83	638,66	530,17	2,1856	2,2698	14,5017	81,789	3,709	18,211	79,633	3,709	72	1064,939882	0,97	1031,217	3,85	267,849
7C	6,427	7,527	7	1154,42	1161,12	634,84	526,28	2,1935	2,2698	14,5543	82,086	3,360	17,914	81,245	3,360	73	1079,730714	0,98	1059,036	3,65	290,147
								2,1907					17,9861	80,8568	3,4445		1069,8702		1033,7600	3,8067	271,9702

Yogyakarta, Juni 2024

Disahkan Oleh
Ketua Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Dwijoko Kuncoro, M.Eng., IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 0194[illegible]0101

Mengetahui
Kelab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilabagi
NIM : 18 511 042

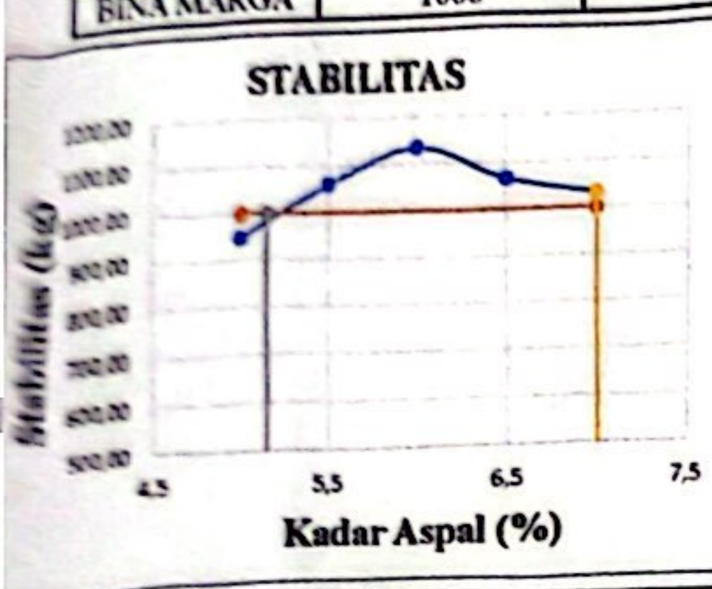
Dipindai dengan CamScanner

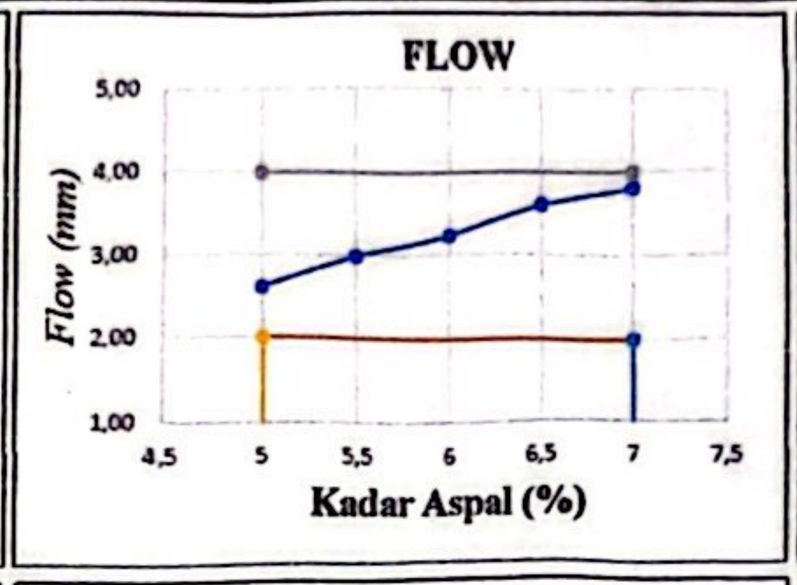
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

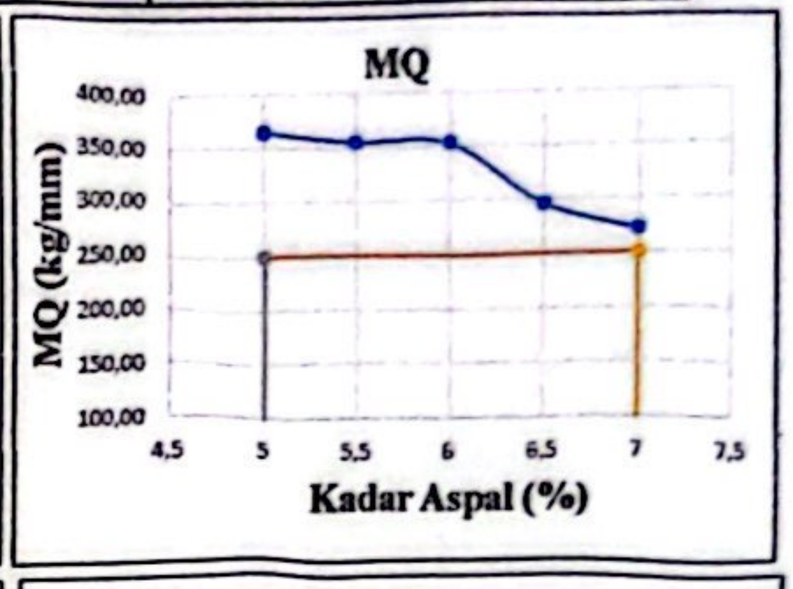
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

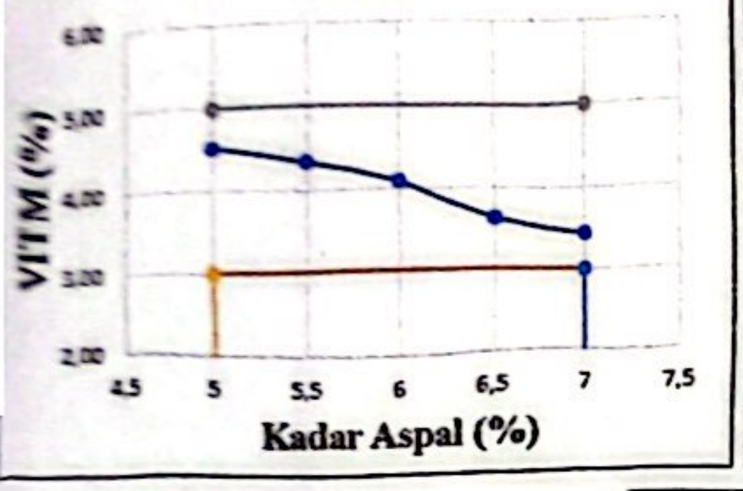
Modifikasi Aspal Pen 60/70

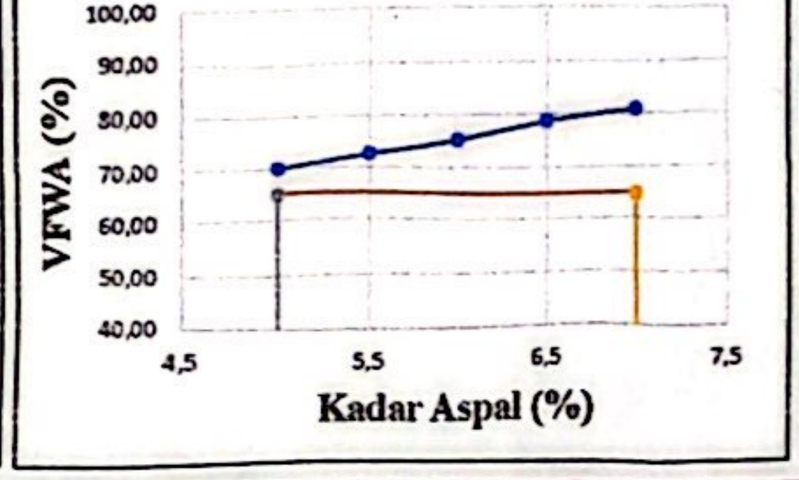
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	947,05	2,61	364,79	4,52	69,98	15,05	2,222
5,5	1062,21	3,00	355,26	4,34	72,66	15,87	2,212
6	1137,38	3,22	353,24	4,09	75,42	16,62	2,202
6,5	1066,10	3,61	296,10	3,63	78,91	17,19	2,201
7	1033,76	3,81	271,97	3,44	80,86	17,99	2,191
BINA MARGA	1000	2-4	>250	3-5	>65	>15	>2

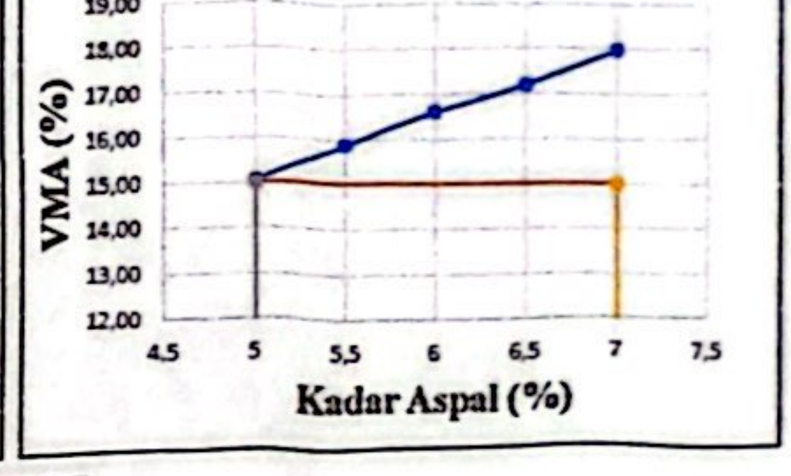


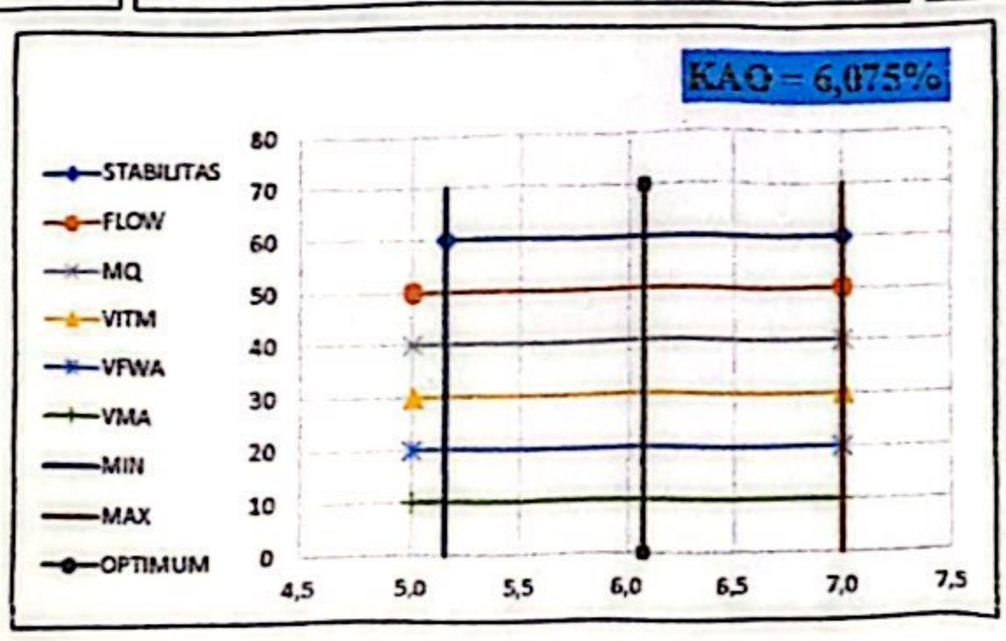












Disahkan Oleh
Kepala Laboratorium/Jurusan Teknik Sipil

[illegible], M.Eng., P.M., ASEAN.Eng.
NIK. 015 11 0101

Mengetahui
Kaprodi Jalan Raya

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

Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahagi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN MARSHALL UNTUK MENENTUKAN KAO PADA PENGGUNAAN ASPAL PEN 60/70 + 4% KARET

Tanggal Pengujian : Juni 2024
Tipe Campuran : AC-WC
Bahan Ikat : Pen 60/70

SAMPEL	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 (%)	Mean		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kg/mm)
5A	7,033	5,263	5	1178,41	1189,77	659,72	530,05	2,2232	2,3274	10,5365	84,985	4,479	15,015	70,173	4,479	73	1079,730714	0,87	942,245	2,7	348,980
5B	7,107	5,263	5	1183,51	1193,05	660,11	532,94	2,2207	2,3274	10,5247	84,890	4,585	15,110	69,654	4,585	74	1094,521546	0,84	923,047	2,63	350,968
5C	6,937	5,263	5	1184,53	1194,2	662,72	531,48	2,2287	2,3274	10,5627	85,196	4,241	14,804	71,353	4,241	72	1064,939882	0,89	947,796	2,45	386,856
								2,2242					14,9763	70,3930	4,4349		1079,7307		937,6960	2,5933	362,2679
5,5A	6,927	5,820	5,5	1171,94	1178,8	649,89	528,91	2,2158	2,3128	11,5514	84,255	4,194	15,745	73,364	4,194	78	1153,684872	0,89	1026,780	2,94	349,245
5,5B	6,863	5,820	5,5	1180,86	1190,59	656,90	533,69	2,2126	2,3128	11,5351	84,136	4,329	15,864	72,710	4,329	77	1138,894041	0,89	1013,616	3,2	316,755
5,5C	7,017	5,820	5,5	1174,32	1183,49	654,27	529,22	2,2190	2,3128	11,5681	84,376	4,056	15,624	74,042	4,056	79	1168,475704	0,88	1027,480	3,1	331,445
								2,2158					15,7445	73,3720	4,1930		1153,6849		1022,6250	3,0800	332,4816
6A	6,943	6,383	6	1169,01	1180,97	652,42	528,55	2,2117	2,2983	12,5786	83,656	3,765	16,344	76,963	3,765	83	1227,639031	0,89	1092,599	3,47	314,870
6B	6,810	6,383	6	1174,17	1183,83	651,35	532,48	2,2051	2,2983	12,5408	83,405	4,054	16,595	75,572	4,054	82	1212,848199	0,90	1085,499	3,25	334,000
6C	6,723	6,383	6	1155,00	1165,21	641,80	523,41	2,2067	2,2983	12,5499	83,465	3,985	16,535	75,901	3,985	80	1183,266536	0,92	1084,661	3,31	327,692
								2,2092					16,4910	76,1450	3,9345		1207,9179		1087,5863	3,3433	325,5206
6,5A	6,877	6,952	6,5	1169,64	1183,05	652,80	530,25	2,2058	2,2839	13,5904	82,989	3,420	17,011	79,893	3,420	78	1153,684872	0,89	1026,780	3,65	281,309
6,5B	6,787	6,952	6,5	1180,62	1191,52	654,56	536,96	2,1987	2,2839	13,5466	82,722	3,732	17,278	78,401	3,732	76	1124,103209	0,90	1012,630	3,83	264,394
6,5C	6,593	6,952	6,5	1157,97	1169,72	646,38	523,34	2,2127	2,2839	13,6325	83,246	3,121	16,754	81,369	3,121	77	1138,894041	0,94	1075,543	3,58	300,431
								2,2057					17,0162	79,8850	3,4267		1131,4986		1044,0864	3,7050	282,4126
7A	6,763	7,527	7	1175,41	1187,59	653,31	534,28	2,2000	2,2698	14,5971	82,327	3,076	17,673	82,595	3,076	78	1153,684872	0,91	1046,008	4,15	252,050
7B	6,707	7,527	7	1162,68	1171,07	641,44	529,63	2,1953	2,2698	14,5658	82,150	3,284	17,850	81,602	3,284	76	1124,103209	0,92	1035,112	3,65	283,592
7C	6,800	7,527	7	1171,86	1183,84	649,69	534,15	2,1939	2,2698	14,5565	82,098	3,345	17,902	81,314	3,345	80	1183,266536	0,90	1061,982	3,85	275,839
								2,1976					17,8081	81,8371	3,2350		1153,6849		1047,7003	3,8833	270,4939

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Bambang Kustiari, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 05 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahagi
NIM : 18 511 042

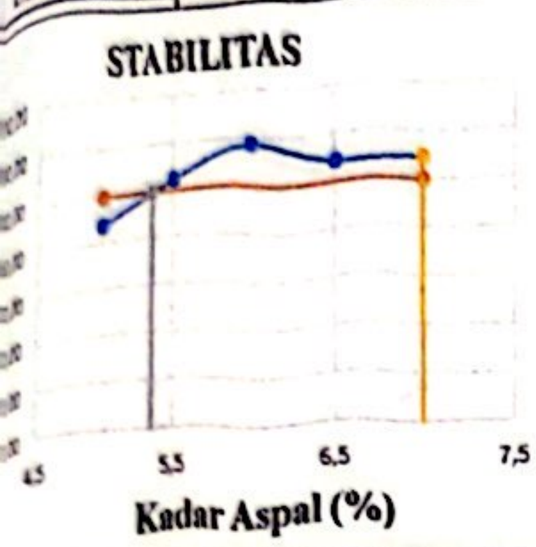
Dipindai dengan CamScanner

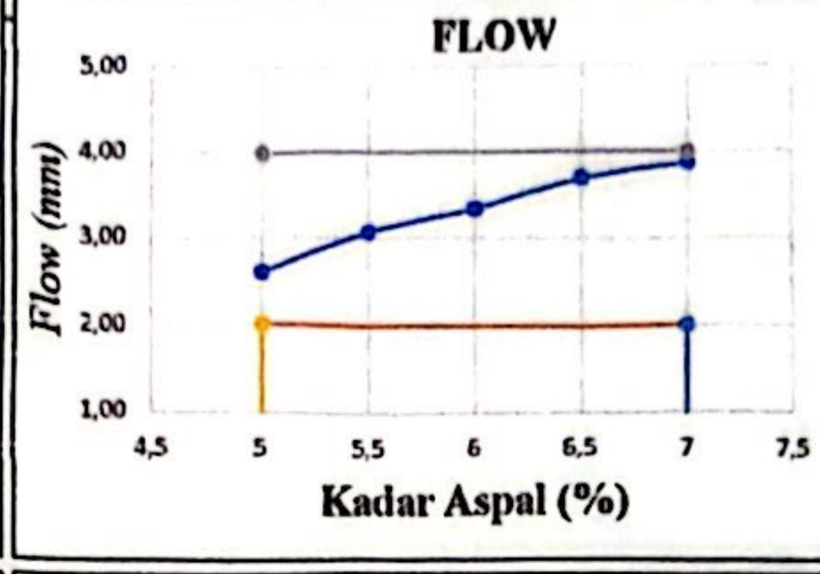
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

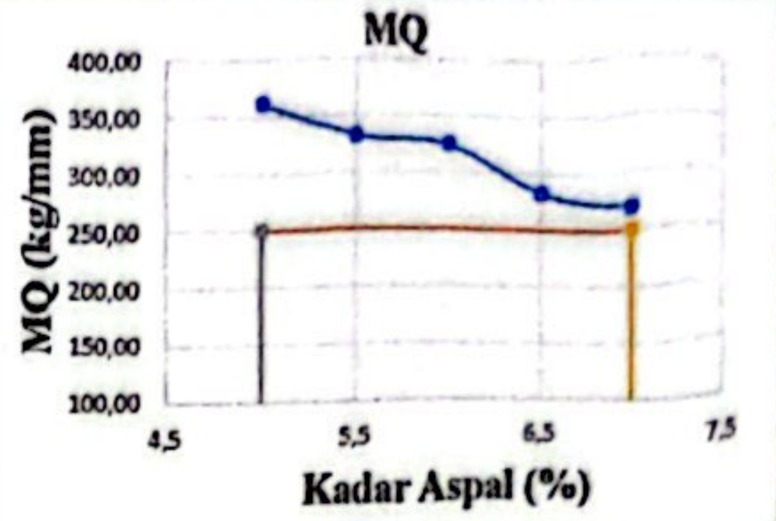
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

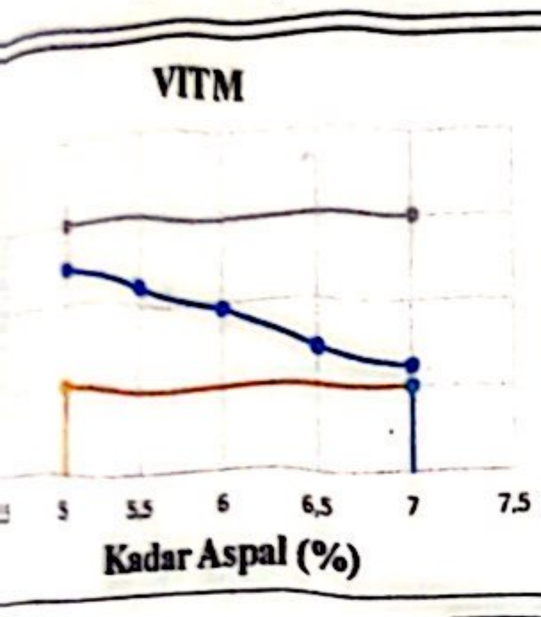
Kadar Aspal Pen 60/70

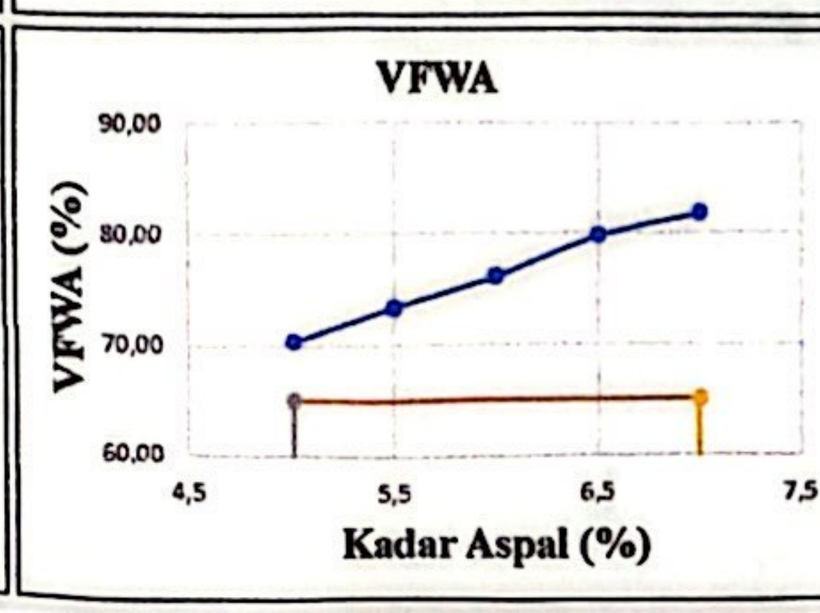
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	937,70	2,59	362,27	4,43	70,39	14,98	2,224
5,5	1022,62	3,08	332,48	4,19	73,37	15,74	2,216
6	1087,59	3,34	325,52	3,93	76,15	16,49	2,209
6,5	1044,09	3,71	282,41	3,43	79,88	17,02	2,206
7	1047,70	3,88	270,49	3,24	81,84	17,81	2,198
BINA MARGA	1000	2-4	>250	3-5	>65	>15	>2

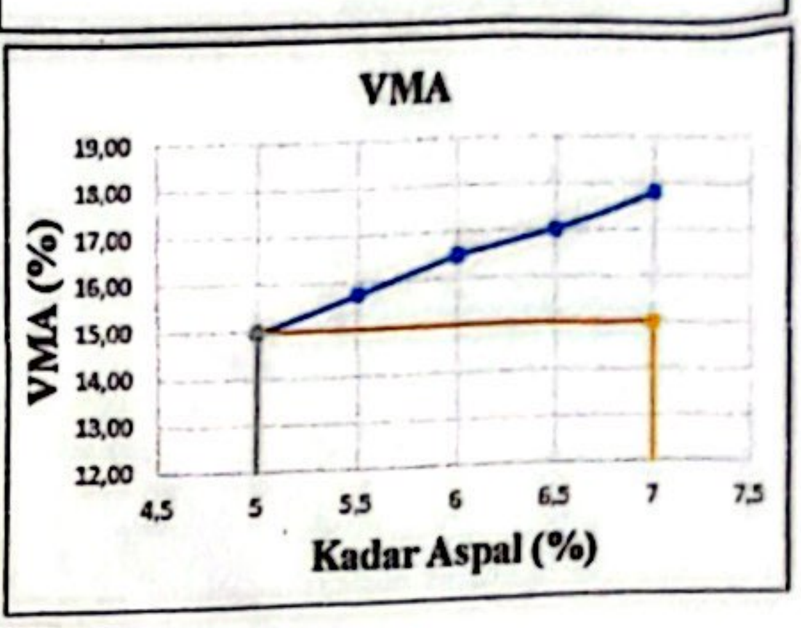


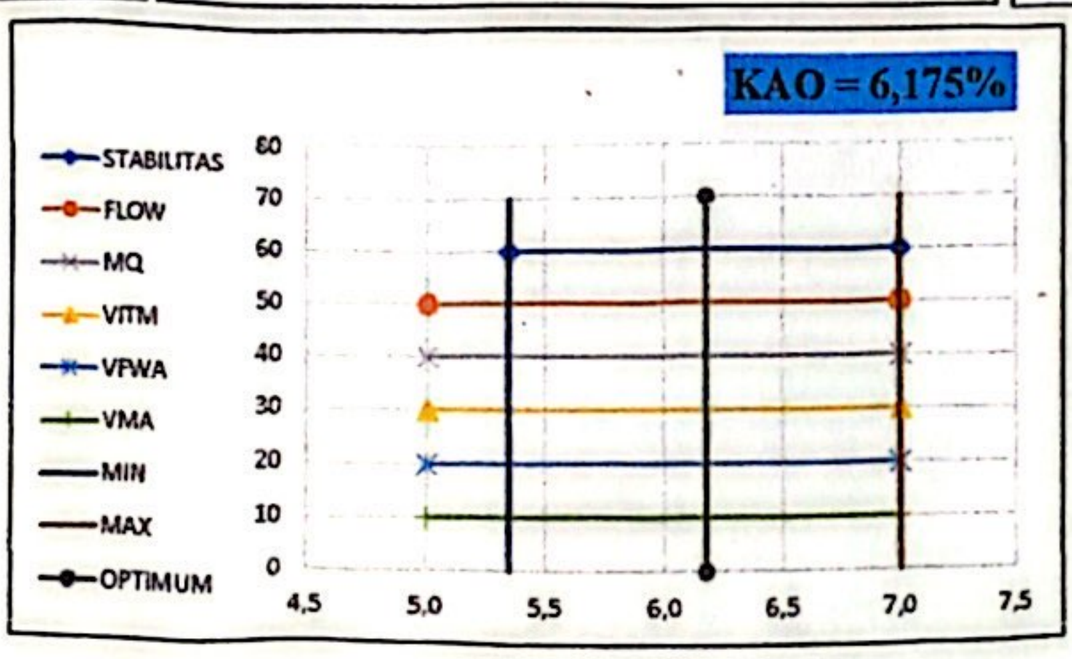












Diketahui Oleh
Ketua Jurusan Teknik Sipil

[illegible], ST., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
NIK : 21 511 [illegible]

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

HASIL PENGUJIAN MARSHALL UNTUK MENENTUKAN KAO PADA PENGGUNAAN ASPAL PEN 60/70 + 6% KARET

Tanggal Pengujian : Juni 2024
Tipe Campuran : AC-WC
Bahan Ikat : Pen 60/70

SAMPEL	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 (%)	Mens		Korelasi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kg/mm)
5A	6,983	5,263	5	1181,16	1190,67	659,52	531,15	2,2238	2,3274	10,5392	85,007	4,454	14,993	70,294	4,454	72	1064,939882	0,87	927,829	2,63	352,787
5B	6,873	5,263	5	1176,99	1185,31	657,36	527,95	2,2294	2,3274	10,5657	85,220	4,214	14,780	71,487	4,214	74	1094,521546	0,86	944,937	2,55	370,564
5C	7,037	5,263	5	1170,75	1180,39	655,18	525,21	2,2291	2,3274	10,5645	85,211	4,225	14,789	71,433	4,225	71	1050,149051	0,86	904,441	2,65	341,298
								2,2274					14,8542	71,0711	4,2977		1069,8702		925,7356	2,6100	354,8829
5,5A	6,863	5,820	5,5	1166,81	1182,33	656,43	525,9	2,2187	2,3128	11,5666	84,366	4,067	15,634	73,984	4,067	77	1138,894041	0,88	1004,125	3,19	314,773
5,5B	6,847	5,820	5,5	1169,22	1180,26	653,79	526,47	2,2209	2,3128	11,5780	84,449	3,973	15,551	74,450	3,973	78	1153,684872	0,89	1021,973	3,21	318,372
5,5C	6,820	5,820	5,5	1168,00	1180,64	654,30	526,34	2,2191	2,3128	11,5688	84,381	4,050	15,619	74,071	4,050	75	1109,312377	0,90	1000,461	3,17	315,603
								2,2196					15,6013	74,1683	4,0302		1133,9638		1008,8528	3,1900	316,2490
6A	6,683	6,383	6	1170,77	1181,13	652,84	528,29	2,2162	2,2983	12,6037	83,823	3,573	16,177	77,914	3,573	78	1153,684872	0,89	1026,780	3,45	297,617
6B	6,977	6,383	6	1170,19	1177,25	649,85	527,4	2,2188	2,2983	12,6187	83,923	3,458	16,077	78,491	3,458	77	1138,894041	0,89	1013,616	3,51	288,779
6C	6,710	6,383	6	1169,54	1178,25	651,23	527,02	2,2192	2,2983	12,6208	83,937	3,442	16,063	78,572	3,442	79	1168,475704	0,92	1074,998	3,47	309,798
								2,2177					16,1053	78,3253	3,4909		1153,6849		1038,4643	3,4767	298,7314
6,5A	6,873	6,952	6,5	1173,22	1187,06	653,62	533,44	2,1993	2,2839	13,5505	82,745	3,704	17,255	78,533	3,704	78	1153,684872	0,89	1026,780	3,85	266,696
6,5B	7,033	6,952	6,5	1172,87	1188,81	656,42	532,39	2,2030	2,2839	13,5732	82,884	3,543	17,116	79,301	3,543	79	1168,475704	0,87	1019,690	3,81	267,635
6,5C	6,993	6,952	6,5	1171,06	1181,10	651,46	529,64	2,2110	2,2839	13,6226	83,186	3,192	16,814	81,018	3,192	79	1168,475704	0,87	1015,844	3,45	294,447
								2,2070					16,9652	80,1592	3,3673		1168,4757		1017,7667	3,6300	281,0413
7A	6,620	7,527	7	1156,55	1167,28	645,92	521,36	2,2183	2,2698	14,7188	83,013	2,268	16,987	86,650	2,268	73	1079,730714	0,94	1014,272	3,8	266,914
7B	6,533	7,527	7	1152,97	1174,01	644,60	529,41	2,1778	2,2698	14,4501	81,498	4,052	18,502	78,101	4,052	71	1050,149051	0,95	1002,017	3,73	268,637
7C	6,683	7,527	7	1159,22	1174,25	644,40	529,85	2,1878	2,2698	14,5164	81,872	3,612	18,128	80,076	3,612	72	1064,939882	0,93	987,732	3,82	258,569
								2,1981					17,8722	81,6089	3,3104		1064,9399		1001,3403	3,7833	264,7065

Disahkan Oleh
Manajer Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Sri Amin, Kushari, M.Eng. (PPL/ASPAL.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

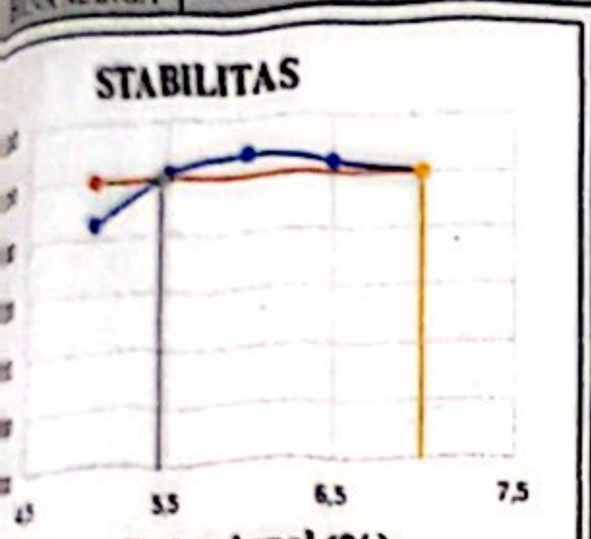
Dipindai dengan CamScanner

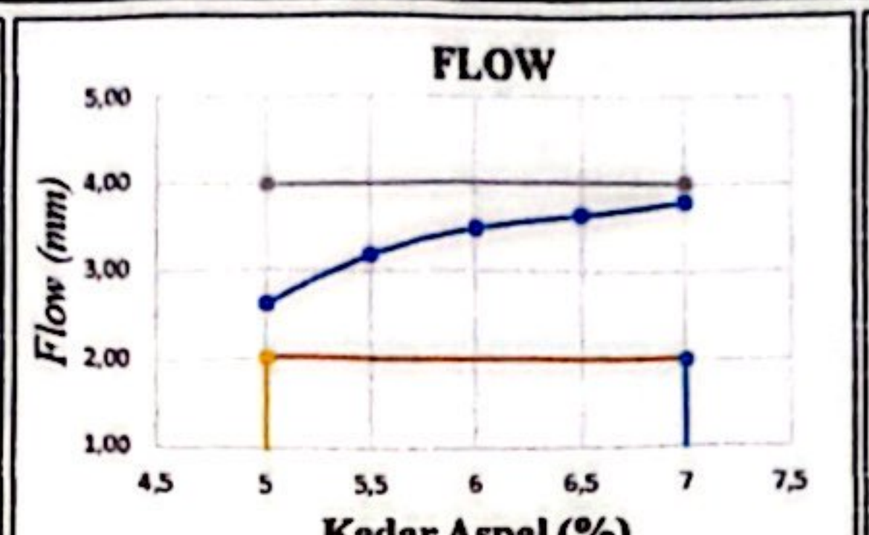
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

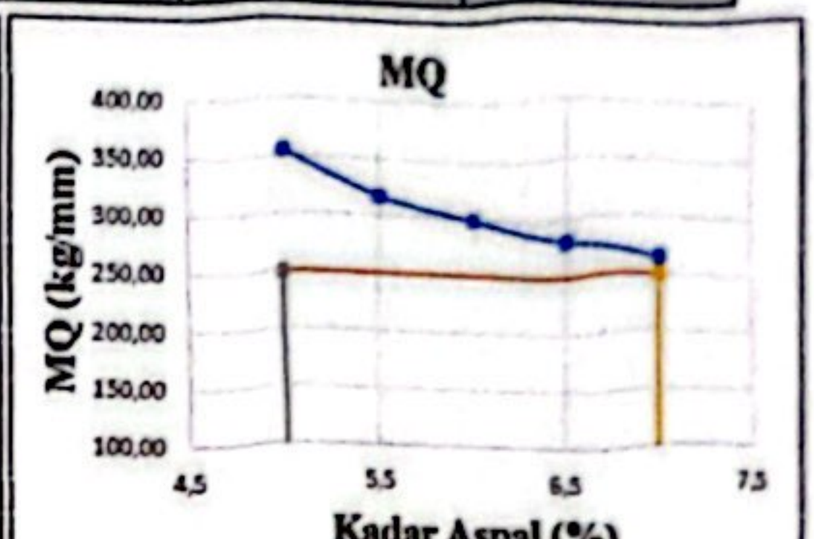
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

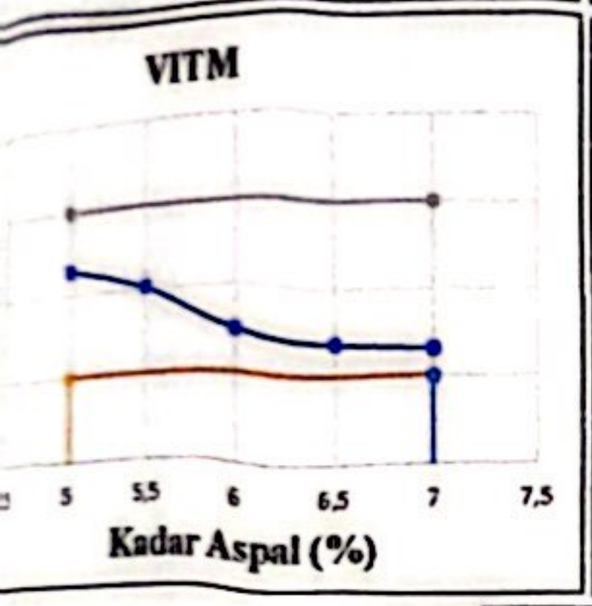
Karakteristik Aspal Pen 60/70

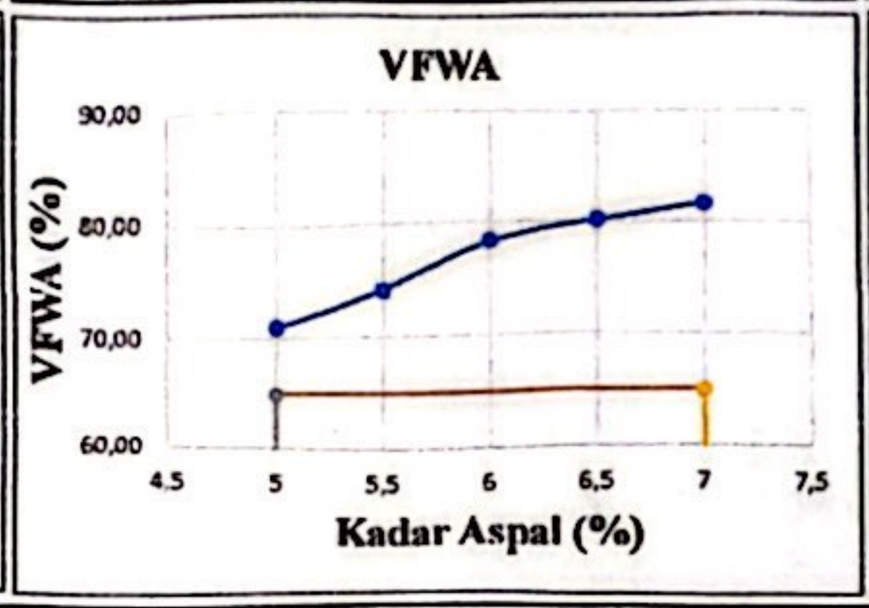
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	925,74	2,61	354,88	4,30	71,07	14,85	2,227
5,5	1008,85	3,19	316,25	4,03	74,17	15,60	2,220
6	1038,46	3,48	298,73	3,49	78,33	16,11	2,218
6,5	1017,77	3,63	281,04	3,37	80,16	16,97	2,207
7	1001,34	3,78	264,71	3,31	81,61	17,87	2,198
BINA MARGA	1000	2-4	>250	3-5	>65	>15	>2

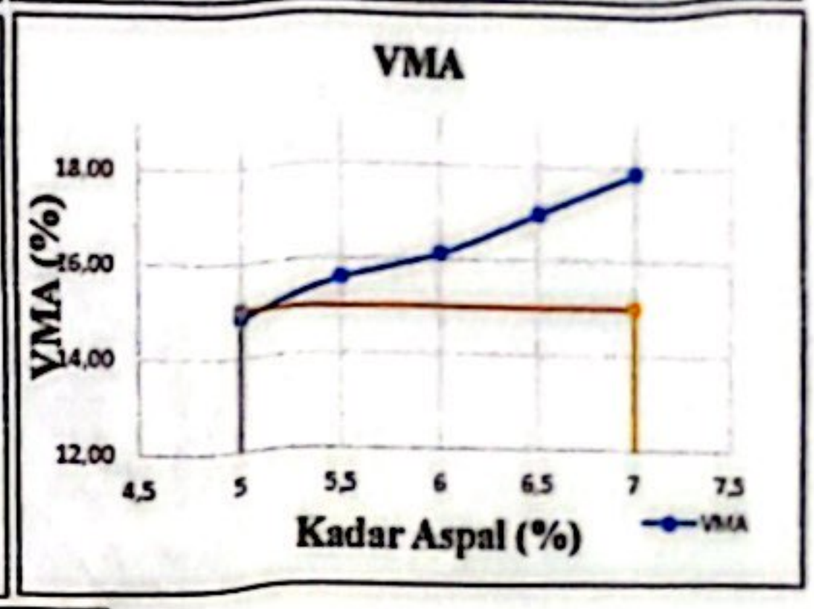


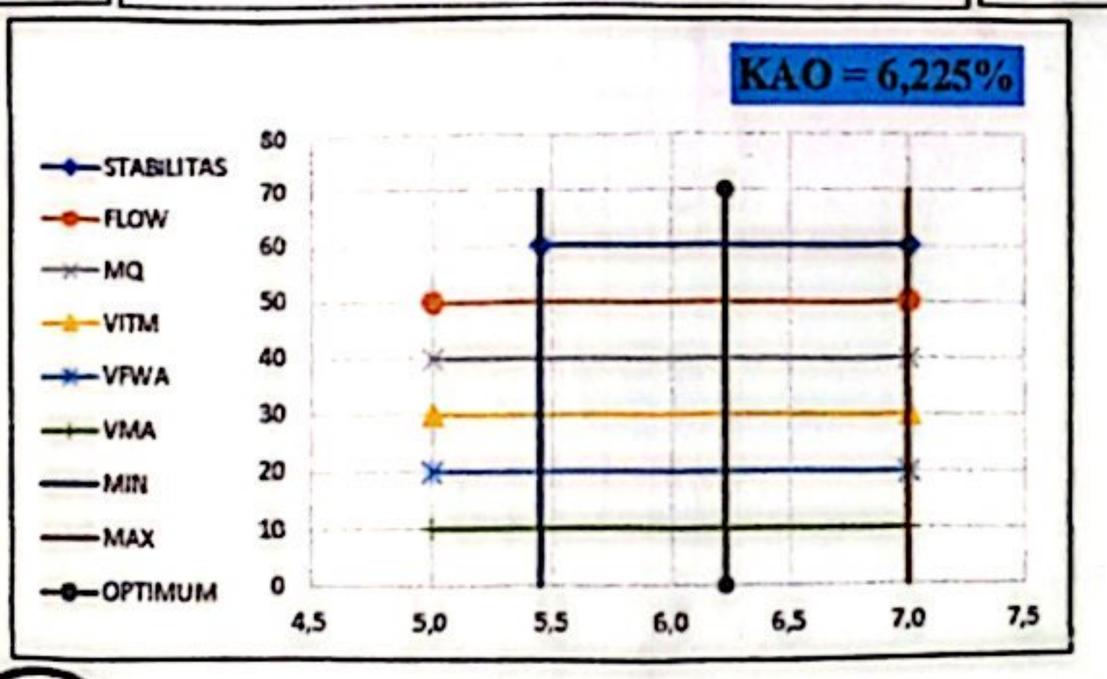












Diperiksa Oleh
Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

[illegible] 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, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahagi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

HASIL PENGUJIAN MARSHALL RUBBER

Tanggal Pengujian : Juni 2024
Tipe Campuran : AC-WC
Bahan Ikat : Pen 60/70

SAMPEL	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G *Density*	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VITM (%)	O Mens	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (cm)	T MQ (Kg/mm)
0%	6,670	6,650	6,235	1186,64	1197,09	655,76	541,33	2,1921	2,2915	12,9551	82,706	4,339	17,294	74,910	4,339	69	1020,567387	0,93	951,041	3,45	275,664
0%	6,710	6,650	6,235	1182,72	1189,48	650,60	538,88	2,1948	2,2915	12,9710	82,807	4,222	17,193	75,445	4,222	68	1005,776555	0,91	912,742	3,65	250,066
0%	6,700	6,650	6,235	1182,53	1192,56	652,41	540,15	2,1893	2,2915	12,9384	82,599	4,462	17,401	74,357	4,462	70	1035,358219	0,93	962,020	3,35	287,170
								2,1920					17,2958	74,9041	4,3409		1020,5674		956,5308	3,4833	281,4172
2%	6,710	6,468	6,075	1172,71	1183,45	650,92	532,53	2,2021	2,2961	12,6806	83,227	4,092	16,773	75,603	4,092	82	1212,848199	0,91	1100,660	3,85	285,886
2%	6,730	6,468	6,075	1173,45	1181,68	649,52	532,16	2,2051	2,2961	12,6974	83,338	3,965	16,662	76,205	3,965	79	1168,475704	0,93	1087,656	3,75	290,042
2%	6,710	6,468	6,075	1174,02	1184,45	652,21	532,24	2,2058	2,2961	12,7017	83,366	3,933	16,634	76,359	3,933	81	1198,057368	0,92	1099,218	3,8	289,268
								2,2043					16,6897	76,0558	3,9964		1193,1271		1095,8445	3,8000	288,3984
4%	6,780	6,581	6,175	1171,21	1180,68	650,51	530,17	2,2091	2,2932	12,9302	83,402	3,668	16,598	77,902	3,668	80	1183,266536	0,91	1071,842	3,3	324,801
4%	6,930	6,581	6,175	1171,10	1185,1	656,05	529,05	2,2136	2,2932	12,9563	83,571	3,473	16,429	78,861	3,473	79	1168,475704	0,89	1039,943	3,45	301,433
4%	6,890	6,581	6,175	1173,64	1186,57	655,86	530,71	2,2115	2,2932	12,9438	83,490	3,566	16,510	78,400	3,566	81	1198,057368	0,89	1066,271	3,25	328,083
								2,2103					16,5124	78,3880	3,5689		1183,2665		1059,3522	3,3333	318,1057
6%	6,990	6,638	6,225	1174,95	1187,19	657,40	529,79	2,2178	2,2918	13,0859	83,684	3,230	16,316	80,202	3,230	80	1183,266536	0,86	1019,976	2,9	351,716
6%	6,700	6,638	6,225	1174,08	1184,86	655,52	529,34	2,2180	2,2918	13,0873	83,693	3,220	16,307	80,255	3,220	78	1153,684872	0,90	1043,123	2,8	372,544
6%	6,770	6,638	6,225	1172,98	1182,74	653,94	528,8	2,2182	2,2918	13,0884	83,700	3,212	16,300	80,296	3,212	75	1109,312377	0,93	1032,354	3,05	338,477
								2,2181					16,3036	80,2758	3,2158		1131,4986		1037,7386	2,9250	355,5104

Disahkan Oleh
Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Bambang Riyanto, M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0411

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

Rekapitulasi Aspal Pen 60/70

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	737,50	2,36	314,48	5,05	67,48	15,52	2,210
5,5	807,46	2,65	312,57	4,58	71,55	16,08	2,207
6	927,36	2,90	322,46	3,89	76,38	16,45	2,210
6,5	878,32	3,05	289,20	3,40	78,78	17,21	2,201
7	852,75	3,38	252,17	3,13	82,34	17,72	2,198

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	947,049	2,610	364,794	4,519	69,977	15,051	2,222
5,5	1062,214	2,997	355,260	4,340	72,660	15,874	2,212
6	1137,377	3,223	353,236	4,086	75,422	16,623	2,202
6,5	1066,098	3,605	296,100	3,626	78,908	17,187	2,201
7	1033,760	3,807	271,970	3,445	80,857	17,986	2,191

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	937,696	2,593	362,268	4,435	70,393	14,976	2,224
5,5	1022,625	3,080	332,482	4,193	73,372	15,744	2,216
6	1087,586	3,343	325,521	3,935	76,145	16,491	2,209
6,5	1044,086	3,705	282,413	3,427	79,885	17,016	2,206
7	1047,700	3,883	270,494	3,235	81,837	17,808	2,198

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	925,736	2,610	354,883	4,298	71,071	14,854	2,227
5,5	1008,853	3,190	316,249	4,030	74,168	15,601	2,220
6	1038,464	3,477	298,731	3,491	78,325	16,105	2,218
6,5	1017,767	3,630	281,041	3,367	80,159	16,965	2,207
7	1001,340	3,783	264,707	3,310	81,609	17,872	2,198

Yogyakarta, Juni 2024

Disahkan Oleh
Ka. Lab. Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

Ir. Bunyamin Ilyas, M.Eng., IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

Peneliti

Raka Haikal Adilahaqi
NIM : 18 511 042

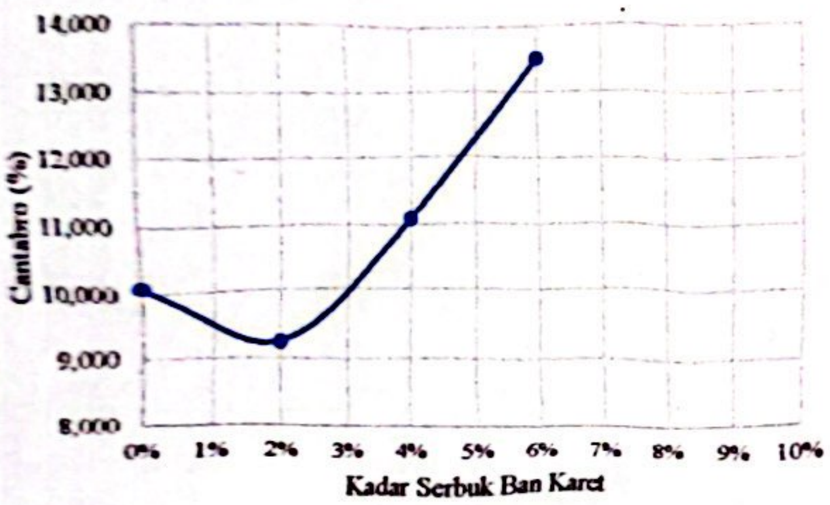
Dipindai dengan CamScanner

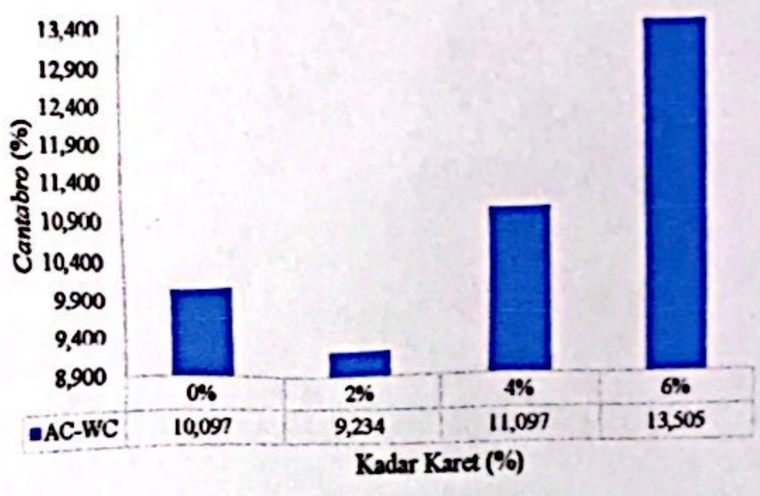
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

HASIL PENGIUJIAN *CANTABRO LOSS*

Sampel		Berat Benda Uji (gr)		Berat sebelum di abrasi	Kehilangan Berat (L)	Rata-Rata
		M1	M1	M1-M2	%	%
Crum Rubber 0%	1	1164,930	1045,440	119,490	10,257	10,097
	2	1184,160	1065,980	118,180	9,980	
	3	1170,280	1052,630	117,650	10,053	
Crum Rubber 2%	1	1163,600	1055,120	108,480	9,323	9,234
	2	1164,800	1080,510	84,290	7,236	
	3	1178,940	1047,580	131,360	11,142	
Crum Rubber 4%	1	1170,120	1027,860	142,260	12,158	11,097
	2	1176,740	1050,480	126,260	10,730	
	3	1186,520	1063,080	123,440	10,404	
Crum Rubber 6%	1	1188,880	1035,030	153,850	12,941	13,505
	2	1190,590	1027,910	162,680	13,664	
	3	1190,490	1024,890	165,600	13,910	





Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Drahmawati Hasyari, M.Eng., IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

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

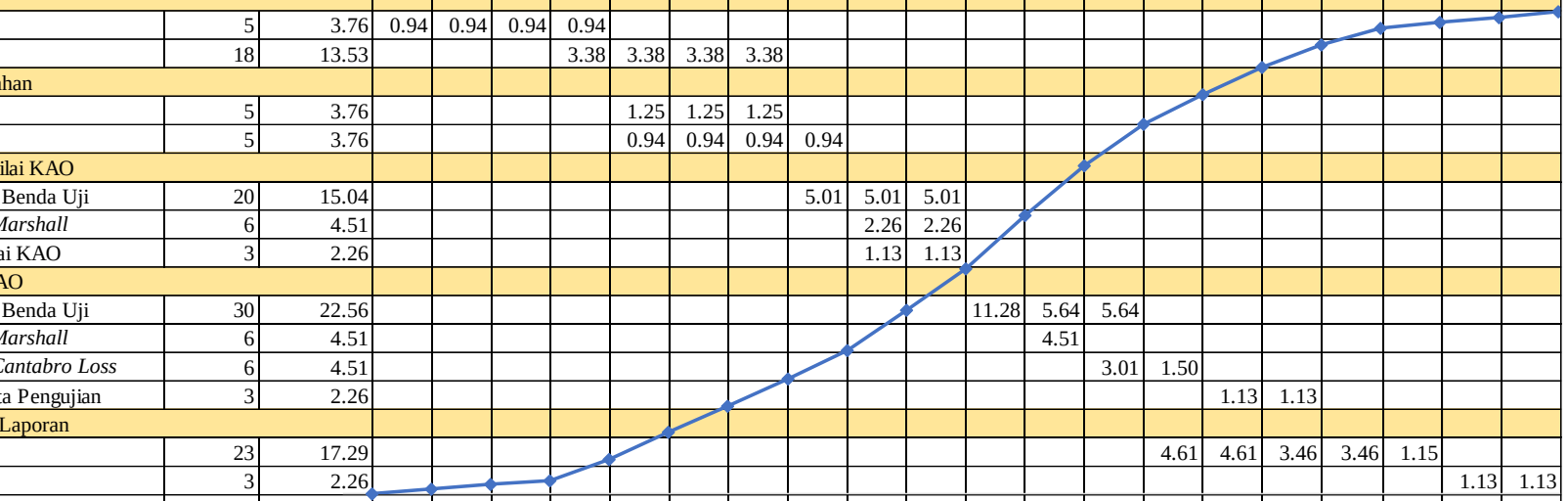
Yogyakarta, Juni 2024
Peneliti

Raka Haikal Adilahagi
NIM : 18 511 042

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 41 Time Schedule Tugas Akhir

BULAN KE			1				2				3				4				5			
MINGGU KE			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Kegiatan	Jam	Bobot (%)																				
Persiapan																						
Alat	5	3.76	0.94	0.94	0.94	0.94																
Bahan	18	13.53				3.38	3.38	3.38	3.38													
Pengujian Bahan																						
Agregat	5	3.76					1.25	1.25	1.25													
Aspal	5	3.76					0.94	0.94	0.94	0.94												
Penentuan Nilai KAO																						
Pembuatan Benda Uji	20	15.04								5.01	5.01	5.01										
Pengujian *Marshall*	6	4.51									2.26	2.26										
Analisis Nilai KAO	3	2.26									1.13	1.13										
Pengujian KAO																						
Pembuatan Benda Uji	30	22.56											11.28	5.64	5.64							
Pengujian *Marshall*	6	4.51												4.51								
Pengujian *Cantabro Loss*	6	4.51													3.01	1.50						
Analisis Data Pengujian	3	2.26															1.13	1.13				
Penyusunan Laporan																						
Laporan	23	17.29														4.61	4.61	3.46	3.46	1.15		
Lampiran	3	2.26																			1.13	1.13
Jumlah	133	100	0.94	0.94	0.94	4.32	5.58	5.58	5.58	5.95	8.40	8.40	11.28	10.15	8.65	6.12	5.74	4.59	3.46	1.15	1.13	1.13
Kumulatif		-	0.94	1.88	2.82	7.14	12.72	18.30	23.87	29.82	38.22	46.62	57.89	68.05	76.69	82.81	88.55	93.13	96.59	97.74	98.87	100.0



Lampiran 42 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 0% Karet

1. Stabilitas Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 0%

ANOVA

Stabilitas

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	64946.456	4	16236.614	26.375	.000
Within Groups	6156.050	10	615.605		
Total	71102.506	14			

2. Flow Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 0%

ANOVA

Flow

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.733	4	.433	4.737	.021
Within Groups	.915	10	.091		
Total	2.648	14			

3. VITM Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 0%

ANOVA

VITM

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.719	4	1.930	28.382	.000
Within Groups	.680	10	.068		
Total	8.399	14			

Lampiran 43 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 0% Karet

4. VFWA Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 0%

ANOVA

VFWA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	444.763	4	111.191	70.006	.000
Within Groups	15.883	10	1.588		
Total	460.647	14			

5. VMA Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 0%

ANOVA

VMA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.516	4	2.129	41.615	.000
Within Groups	.512	10	.051		
Total	9.028	14			

6. MQ Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 0%

ANOVA

MQ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9490.806	4	2372.702	1.666	.233
Within Groups	14239.735	10	1423.973		
Total	23730.541	14			

Lampiran 44 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 0% dan 2% Karet

7. Density Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 0%

ANOVA

Density

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	4	.000	1.601	.249
Within Groups	.000	10	.000		
Total	.001	14			

8. Stabilitas Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 2%

ANOVA

Stabilitas 2%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	55722.188	4	13930.547	8.253	.003
Within Groups	16878.988	10	1687.899		
Total	72601.176	14			

9. Flow Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 2%

ANOVA

Flow 2%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.646	4	.662	27.788	.000
Within Groups	.238	10	.024		
Total	2.884	14			

Lampiran 45 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 2% Karet

10. VITM Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 2%

ANOVA

VITM 2%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.510	4	.628	24.639	.000
Within Groups	.255	10	.025		
Total	2.765	14			

11. VFWA Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 2%

ANOVA

VFWA 2%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	235.980	4	58.995	103.885	.000
Within Groups	5.679	10	.568		
Total	241.659	14			

12. VMA Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 2%

ANOVA

VMA 2%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15.551	4	3.888	205.015	.000
Within Groups	.190	10	.019		
Total	15.741	14			

Lampiran 46 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 2% dan 4% Karet

13. MQ Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 2%

ANOVA

MQ 2%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21518.723	4	5379.681	9.188	.002
Within Groups	5855.160	10	585.516		
Total	27373.883	14			

14. Density Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 2%

ANOVA

Density 2%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.002	4	.000	30.292	.000
Within Groups	.000	10	.000		
Total	.002	14			

15. Stabilitas Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 4%

ANOVA

Stabilitas 4%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	36664.202	4	9166.051	30.138	.000
Within Groups	3041.384	10	304.138		
Total	39705.587	14			

Lampiran 47 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 4% Karet

16. Flow Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 4%

ANOVA

Flow 4%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.114	4	.778	30.712	.000
Within Groups	.253	10	.025		
Total	3.367	14			

17. VITM Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 4%

ANOVA

VITM 4%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.078	4	.769	20.724	.000
Within Groups	.371	10	.037		
Total	3.449	14			

18. VFWA Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 4%

ANOVA

VFWA 4%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	261.048	4	65.262	74.446	.000
Within Groups	8.766	10	.877		
Total	269.815	14			

Lampiran 48 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 4% Karet

19. VMA Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 4%

ANOVA

VMA 4%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.476	4	3.619	129.763	.000
Within Groups	.279	10	.028		
Total	14.754	14			

20. MQ Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 4%

ANOVA

MQ 4%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17149.237	4	4287.309	15.210	.000
Within Groups	2818.731	10	281.873		
Total	19967.968	14			

21. Density Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 4%

ANOVA

Density 4%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	4	.000	17.043	.000
Within Groups	.000	10	.000		
Total	.002	14			

Lampiran 49 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 6% Karet

22. Stabilitas Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 6%

ANOVA

Stabilitas 6%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22504.902	4	5626.226	15.652	.000
Within Groups	3594.543	10	359.454		
Total	26099.446	14			

23. Flow Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 6%

ANOVA

Flow 6%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.705	4	.676	61.600	.000
Within Groups	.110	10	.011		
Total	2.815	14			

24. VITM Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 6%

ANOVA

VITM 6%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.124	4	.531	2.770	.087
Within Groups	1.917	10	.192		
Total	4.040	14			

Lampiran 50 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 6% Karet

25. VFWA Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 6%

ANOVA

VFWA 6%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	219.028	4	54.757	12.280	.001
Within Groups	44.591	10	4.459		
Total	263.619	14			

26. VMA Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 6%

ANOVA

VMA 6%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.006	4	4.251	30.623	.000
Within Groups	1.388	10	.139		
Total	18.394	14			

27. MQ Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 6%

ANOVA

MQ 6%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15190.666	4	3797.666	31.146	.000
Within Groups	1219.298	10	121.930		
Total	16409.964	14			

Lampiran 51 Hasil Uji *Anova Marshall* Untuk Menentukan KAO Aspal Pen 60/70 + 6% Karet

28. Density Campuran *AC-WC* terhadap variasi kadar karet 6%

ANOVA

Density 6%

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.002	4	.001	5.190	.016
Within Groups	.001	10	.000		
Total	.003	14			

Lampiran 52 Hasil Uji *Anova Marshall Rubber*

29. Stabilitas Campuran *AC-WC* terhadap *Marshall Rubber*

ANOVA

Stabilitas

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	38807.549	3	12935.850	45.209	.000
Within Groups	2289.090	8	286.136		
Total	41096.638	11			

30. Flow Campuran *AC-WC* terhadap *Marshall Rubber*

ANOVA

Flow

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.199	3	.733	10.597	.004
Within Groups	.553	8	.069		
Total	2.752	11			

31. VITM Campuran *AC-WC* terhadap *Marshall Rubber*

ANOVA

VITM

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.157	3	.719	92.274	.000
Within Groups	.062	8	.008		
Total	2.219	11			

Lampiran 53 Hasil Uji *Anova Marshall Rubber*

32. VFWA Campuran *AC-WC* terhadap *Marshall Rubber*

ANOVA

VFWA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51.423	3	17.141	99.608	.000
Within Groups	1.377	8	.172		
Total	52.800	11			

33. VMA Campuran *AC-WC* terhadap *Marshall Rubber*

ANOVA

VMA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.632	3	.544	93.185	.000
Within Groups	.047	8	.006		
Total	1.679	11			

34. MQ Campuran *AC-WC* terhadap *Marshall Rubber*

ANOVA

MQ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	38267.308	3	12755.769	5.764	.021
Within Groups	17703.936	8	2212.992		
Total	55971.244	11			

Lampiran 54 Hasil Uji *Anova Marshall Rubber*

35. Density Campuran *AC-WC* terhadap *Marshall Rubber*

ANOVA

Density

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	3	.000	90.225	.000
Within Groups	.000	8	.000		
Total	.001	11			

36. Cantabro Loss Campuran *AC-WC* terhadap *Marshall Rubber*

ANOVA

Cantabro

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28.229	3	9.410	7.124	.012
Within Groups	10.566	8	1.321		
Total	38.795	11			