SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *POLYETHILENE TEREPHTHALATE* (PET) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL TERHADAP KINERJA *HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE* (HRS-WC)



disusun oleh :

Juliantoro
0721024

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2014

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *POLYETHILENE TEREPHTHALATE* (PET) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL TERHADAP KINERJA *HOT ROLLED SHEETWEARING COURSE*(HRS-WC)

Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh:

JULIANTORO

07.21.024

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Togi H.Nainggolan, MS	**Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT**

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

(Ir, A. Agus Santosa, MT.)

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *POLYETHILENE TEREPHTHALATE* (PET) SEBAGAI BAHAN SUBTITUSI ASPAL TERHADAP KINERJA *HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE* (HRS-WC)

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang

Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Jum'at

Tanggal : 24 Januari 2014

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

DisusunOleh :

JULIANTORO

07.21.024

Disahkan Oleh:

Ketua	Sekretaris
Ir. A. Agus Santosa, MT	**Lila Ayu Ratna Winanda ST, MT**

Anggota Penguji:

Penguji I	Penguji II
Ir. Agus Prajitno, MT	**Ir. Bambang Wedyantadji, MT**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	:	**JULIANTORO**
NIM	:	**07.21.024**
Jurusan	:	**Teknik Sipil**
Fakultas	:	**Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir / Skripsi saya yang berjudul :

"PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *POLYETHILENE TEREPHTHALATE* (PET) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL TERHADAP KINERJA *HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE* (HRS-WC)"

Adalah hasil karya sendiri, dan bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain, kecuali yang disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, Februari 2014

Yang membuat pernyataan,

METERAI TEMPEL 8869CAAF000086833 ENAM RIBU RUPIAH 6000 DJP

JULIANTORO

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya untuk kami, sehingga Skripsi yang berjudul **"Pengaruh Penambahan Serpihan Plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) Sebagai Bahan Substitusi Aspal Terhadap Kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC)"** ini dapat terselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang.

Oleh karena itu tak lupa kiranya penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr.Ir. Kustamar, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Ibu Lila Ayu Ratna W., ST, MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Koordinator Bidang Struktur.
6. Bapak Ir. Togi H.Nainggolan, MS selaku Dosen Pembimbing I.
7. Bapak Drs. Kamidjo Rahardjo., ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
8. Kedua orang tua, dan Semua Keluarga tercinta, terima kasih atas segala dukungan material dan doanya.
9. Mas Machfud dan Rinda yang telah turut membantu pelaksanaan penelitian di Laboratorium Praktikum Bahan jalan ITN Malang.
10. Rekan-rekan Teknik sipil yang telah turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penyusun menyadari Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya jika masih banyak terdapat kekurangan di dalamnya. Untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan, diakhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermamfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2014

Penulis

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *TEREPHTHALATE* (PET) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL TERHADAP KINERJA *HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE* (HRS-WC). Oleh : Juliantoro,0721024, Program studi teknik sipil S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.Dosen : (I) Ir. Togi H.Nainggolan, MS., (II) Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT.

Campuran dengan pengikat aspal sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat volumenya. Banyak penelitian dan percobaan yang telah dilakukan untuk menaikan mutu campuran beraspal, salah satunya dengan menambahkan plastik (polimer).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course*, mengetahui kelayakan dari segi kekuatannya serta mengetahui prosentase optimum serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET). Agregat kasar yang digunakan berasal dari Krisik, Wlingi, agregat halus dari Lumajang, filler menggunakan semen gresik dan aspal yang digunakan adalah aspal pertamina pen 60/70.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk benda eksperimen guna kemudian dianalisis secara statistik, dipakai untuk menguji hipotesis, sehingga didapatkan suatu kesimpulan akhir.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan subtitusi aspal berpengaruh terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC) dimana hasil uji Fisher diperoleh Fhitung > Ftabel. Plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) layak digunakan sebagai bahan subtitusi aspal dengan parameter stabilitas yang meningkat sebesar 15,71% pada kondisi kadar subtitusi serpihan plastik optimum sebesar 1.41% dari berat aspal yang digunakan.

Kata kunci : Subtitusi Aspal dengan Plastik *Polyethilene Terephthalate*.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

KATA PENGANTAR

ABSTRAK

DAFTAR ISI..... i

DAFTAR TABEL..... vi

DAFTAR GRAFIK..... xiii

DAFTAR GAMBAR..... xvi

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang..... 1

1.2. Perumusan Masalah..... 3

1.3. Tujuan Penelitian..... 4

1.4. Batasan Masalah..... 4

1.5. Manfaat Penelitian..... 5

1.6. Hipotesis Penelitian..... 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 9

2.1. Perkerasan Jalan..... 9

2.2. Durabilitas..... 13

2.2.1. Metode Uji Durabilitas..... 13

2.2.2. Indeks Durabilitas (Keawetan)..... 14

2.3. Lapisan Perkerasan..... 16

2.3.1. Material Campuran Aspal Beton..... 18

2.4. Metode Perencanaan Campuran..... 24

2.4.1. Metode Marshall..... 24

2.4.2. Rancangan Campuran Agregat Dengan Metode Grafis. 26

2.4.2. Kadar Aspal Total Dalam Campuran..... 29

2.5. Parameter Marshall..... 30

2.5.1. Pemeriksaan Nilai Stabilitas dan Flow..... 30

2.5.2. Volume Pori Benda Uji (VIM)..... 32

2.5.3. Volume Antar Agregat dalam Benda Uji (VMA)..... 33

2.5.4. Kousien Marshall..... 34

2.6. Pengujian Interval Kepercaaan..... 34

2.7. Pengujian Hipotesis..... 36

2.8. Pengujian Regresi..... 38

2.9. Tes Perendaman (Immersion Testing)..... 40

2.10.Penelitian Terdahulu..... 40

BAB III METODE PENELITIAN..... 43

3.1. Pelaksanaan Penelitian..... 43

3.2. Rancangan Penelitian..... 43

3.2.1. Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal..... 43

3.2.2. Pembuatan Campuran Aspal Dengan Subtitusi SerpihanPlastik*PolyethileneTerephthalate*(PET). 44

3.3. Populasi Sampel..... 44

3.4. Pengumpulan Data..... 48

3.5. Bahan-Bahan yang Digunakan..... 48

3.6. Pengujian Agregat dan Aspal..... 48

3.6.1. Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan... 49

3.6.2. Pengujian Indeks Kepipihan..... 53

3.6.3. Penentuan Angka Angularitas 57

3.6.4. Pengujian Berat Isi Agregat 60

3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar 63

3.6.6. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus..... 67

3.6.7. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar..... 71

3.6.8.Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen 76

3.6.9. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar 81

3.6.10.Pemeriksaan Titik Lembek Aspal dan Ter..... 84

3.6.11.Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen 87

3.6.12.Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter 89

3.6.13. Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal 92

3.6.14.Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis 94

3.6.15.Pembuatan Sampel dan Pengujian Sampel 95

3.7 Bagan Alir Penelitian..... 101

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA KADAR ASPAL OPTIMUM..... 103

4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat..... 103

4.1.1. Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan. 103

4.1.2. Pengujian Indeks Kepipihan 104

4.1.3. Penentuan Angka Angularitas 105

4.1.4. Pengujian Berat Isi Agregat 106

4.1.5. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar 107

4.1.6. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 111

4.1.7. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 113

4.1.8. Pengujian Keausan Agregat dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles 114

4.1.Hasil Pemeriksaan Aspal 116

4.1.1. Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen 116

4.1.2. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar 117

4.1.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal dan Ter 118

4.1.4. Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen 119

4.1.5. Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter 120

4.1.6. Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal 121

4.2.Perencanaan Komposisi Campuran 122

4.2.1. Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis... 122

4.2.2. Komposisi Campuran untuk Variasi Aspal 125

4.2.3. Perhitungan Berat Agregat 125

4.3.Marshall Test 128

4.3.1. Hasil Pengujian 128

4.3.2. Data Hasil Pengujian Marshall 129

4.4.Pengujian Interval Kepercayaan 144

4.4.1. Perhitungan Indeks perendaman Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) 156

4.4.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) 156

V. ANALISA ASPAL SUBTITUSI PLASTIK PET DAN PEMBAHASAN 164

5.1. Marshall Test 164

5.1.1. Data Hasil Pengujian Marshall 164

5.2. Pengujian Interval Kepercayaan 181

5.2.1. Perhitungan Indeks perendaman 192

5.2.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) 193

5.3. Pembahasan 206

5.3.1. Pengujian Hipotesis 206

5.3.2. Analisis Regresi 209

5.3.3. Pembahasan 212

VI. KESIMPULAN DAN SARAN 223

6.1. Kesimpulan 223

6.2. Saran 223

DAFTAR PUSTAKA 225

LAMPIRAN 226

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Sifat Campuran Beton Aspal Lataston WC (HRS-WC)..... 17

Tabel 2.2. Spesifikasi Agregat Untuk Beton Aspal..... 19

Tabel 2.3. Persyaratan Gradasi Agregat Campuran Berbagai Jenis Beton Aspal..... 20

Tabel 2.4. Sifat Aspal Untuk Campuran Beton Aspal..... 24

Tabel 2.5. Angka Koreksi Akibat Variasi Ketinggian Benda Uji..... 32

Tabel 3.1. Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum..... 45

Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji dengan Subtitusi Serpihan Plastik PP..... 46

Tabel 3.3. Ukuran Agregat Standar dan Non Standar yang Dapat Digunakan dengan Dasar Ukuran Saringan dari British Standard 50

Tabel 3.4. Berat Minimum Benda Uji..... 54

Tabel 3.5. Data untuk Menentukan Indeks Kepipihan..... 55

Tabel 3.6. Data untuk Menentukan Angka Angularitas..... 58

Tabel 3.7. Data Silinder untuk Berat Isi..... 61

Tabel 3.8. Daftar Saringan yang Digunakan untuk Analisa..... 64

Tabel 3.9. Berat Minimum Benda Uji Agregat Halus..... 64

Tabel 3.10. Berat Minimum Benda Uji Agregat Kasar..... 65

Tabel 3.11. Daftar Berat dan Gradasi Benda Uji..... 75

Tabel 3.12. Ukuran Cawan Penetrasi..... 77

Tabel 3.13. Toleransi untuk Hasil Penetrasi..... 80

Tabel 3.14. Toleransi untuk Hasil Titik Nyala dan Titik Bakar..... 84

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan..... 103

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index) 104

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Angka Angularitas (Angularity Number)..... 105

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Berat Isi Agregat..... 106

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar..... 108

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang 109

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus..... 110

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus 111

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar 113

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Keausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles 114

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Sebelum Kehilangan Berat..... 116

Tabel 4.12. Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Setelah Kehilangan Berat..... 116

Tabel 4.13. Hasil Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar 117

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Sebelum Kehilangan Berat 118

Tabel 4.15. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Setelah Kehilangan Berat. 118

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat 119

Tabel 4.17. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat..... 119

Tabel 4.18. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal 120

Tabel 4.19. Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal..... 121

Tabel 4.20. Rekapitulasi Pengujian Agregat..... 122

Tabel 4.21. Rekapitulasi Pengujian Aspal..... 122

Tabel 4.22. Gradasi Agregat..... 127

Tabel 4.23. Perhitungan Berat Agregat Setiap Variasi Kadar Aspal..... 127

Tabel 4.24. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar

Aspal 6% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C 134

Tabel 4.25. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C 135

Tabel 4.26. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C 136

Tabel 4.27. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C 137

Tabel 4.28. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 8% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C 138

Tabel 4.29. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C 139

Tabel 4.30. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C 140

Tabel 4.31. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C 141

Tabel 4.32. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C 142

Tabel 4.33. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 8% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C 143

Tabel 4.34. Data Stabilitas(Perendaman 30 menit)..... 144

Tabel 4.35. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 Menit). 146

Tabel 4.36. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)..... 146

Tabel 4.37. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 Menit)..... 147

Tabel 4.38. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)..... 147

Tabel 4.39. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 Menit)..... 148

Tabel 4.40. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)..... 148

Tabel 4.41.Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 Menit)..... 149

Tabel 4.42. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)..... 149

Tabel 4.43.Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)..... 150

Tabel 4.44. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)..... 150

Tabel 4.45.Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam).... 151

Tabel 4.46. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24jam)..... 151

Tabel 4.47.Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam)..... 152

Tabel 4.48. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24jam)..... 152

Tabel 4.49.Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam)..... 153

Tabel 4.50. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24jam)..... 153

Tabel 4.51.Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam)..... 154

Tabel 4.52. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24jam)..... 154

Tabel 4.53.Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)..... 155

Tabel 4.54. Validasi Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)..... 155

Tabel 4.55. Data Indeks Perendaman..... 156

Tabel 5.1. Prosentase Subtitusi Plastik dan Berat Jenis Aspal Dengan Subtitusi Plastik..... 165

Tabel 5.2. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 0% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C..... 170

Tabel 5.3. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 1,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C..... 171

Tabel 5.4. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 2% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C..... 172

Tabel 5.5. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 2,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C..... 173

Tabel 5.6. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 3% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C..... 174

Tabel 5.7. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 3,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C..... 175

Tabel 5.8. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 0% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C..... 176

Tabel 5.9. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 1,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C..... 177

Tabel 5.10. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 2% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C..... 178

Tabel 5.11. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 2,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C..... 179

Tabel 5.12. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik

PET 3% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C 180

Tabel 5.13. Perhitungan Marshall TestHRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 3,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C 181

Tabel 5.14. Data Stabilitas (Perendaman 30 menit) 182

Tabel 5.15.Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit). 184

Tabel 5.16. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit) 184

Tabel 5.17.Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit) 185

Tabel 5.18. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit) 185

Tabel 5.19.Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit) 186

Tabel 5.20. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit) 186

Tabel 5.21.Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit) 187

Tabel 5.22. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit) 187

Tabel 5.23.Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 30 menit) 188

Tabel 5.24. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit) 188

Tabel 5.25.Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam) 189

Tabel 5.26. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam) 189

Tabel 5.27.Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam) 190

Tabel 5.28. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam) 190

Tabel 5.29.Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam) 191

Tabel 5.30. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)..... 191

Tabel 5.31.Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam)..... 192

Tabel 5.32. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)..... 192

Tabel 5.33.Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)..... 193

Tabel 5.34. Validasi Data Marshall Quotient (Perendaman 24jam)..... 193

Tabel 5.35. Data Indeks Perendaman..... 194

Tabel 5.36. Data Stabilitas Dengan Variasi Subtitusi Kadar Plastik *Polyethilene Terephthalate* (30menit)..... 208

Tabel 5.37. Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas..... 209

Tabel 5.38. Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan..... 211

Tabel 5.39. Daftar Nilai Stabilitas Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi 212

DAFTAR GRAFIK

Halaman

Grafik2.1. Contoh Rancangan Campuran Agregat Dengan Metode Grafis. 28

Grafik 2.2. Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas..... 31

Grafik 2.3. Hubungan antara kadar aspal dengan kelelehan (flow)..... 31

Grafik 2.4. Hubungan antara kadar aspal dengan VIM%..... 33

Grafik 2.5. Hubungan antara kadar aspal dengan VMA..... 33

Grafik 2.6. Hubungan antara kadar aspal dengan MQ..... 34

Grafik 4.1. Pencampuran 3 Fraksi agregat dengan metode Rotchluchs tipe A. 125

Grafik 4.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)..... 158

Grafik 4.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)..... 158

Grafik 4.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow(Perendaman 30 menit)..... 159

Grafik 4.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 24 jam)..... 159

Grafik 4.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 30 menit)..... 160

Grafik 4.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 24 jam)..... 160

Grafik 4.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 30 menit)..... 161

Grafik 4.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 24 jam)..... 161

Grafik 4.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)..... 162

Grafik 4.11.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)..... 162

Grafik 4.12.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP)..... 163

Grafik 4.13. Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum..... 163

Grafik 5.1. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)..... 196

Grafik 5.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)..... 196

Grafik 5.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Flow (Perendaman 30 menit)..... 197

Grafik 5.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Flow (Perendaman 24 jam)..... 197

Grafik 5.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan VIM (Perendaman 30 menit)..... 198

Grafik 5.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan VIM (Perendaman 24 jam)..... 198

Grafik 5.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan VMA (Perendaman 30 menit)..... 199

Grafik 5.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan VMA (Perendaman 24 jam)..... 199

Grafik 5.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Marshall Quontient (Perendaman 30 menit)..... 200

Grafik 5.10.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Marshall Quontient (Perendaman 24 jam)..... 200

Grafik 5.11.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Indeks Perendaman (IP)..... 201

Grafik 5.12. Diagram Batang Hubungan Kadar Plastik Dengan Parameter Marshall..... 202

Grafik 5.13. Nilai Optimum Stabilitas (Perendaman 24 jam)..... 203

Grafik 5.14.Nilai Optimum Stabilitas (Perendaman 30 menit)..... 204

Grafik 5.15.Nilai Optimum Flow (Perendaman 24 jam)..... 204

Grafik 5.16.Nilai Optimum Flow (Perendaman 30 menit)..... 205

Grafik 5.17.Nilai Optimum VIM (Perendaman 24 jam)..... 206

Grafik 5.18.Nilai Optimum VIM (Perendaman 30 menit)..... 206

Grafik 5.19.Nilai Optimum VMA (Perendaman 24 jam)..... 207

Grafik 5.20.Nilai Optimum VMA (Perendaman 30 menit)..... 208

Grafik 5.21.Nilai Optimum Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)..... 208

Grafik 5.22.Nilai Optimum Marshall Quotient (Perendaman 30 menit).... 209

Grafik 5.23.Nilai Optimum IP..... 210

Grafik 5.24. Hubungan Antara Subtitusi Plastik *Polyethilene Terephthalate* DenganStabilitas..... 217

Grafik 5.25.Hubungan Antara Subtitusi Plastik DenganFlow..... 219

Grafik 5.26.Hubungan Antara Kadar Subtitusi Plastik Dengan VIM..... 221

Grafik 5.27.Hubungan Antara Kadar Subtitusi Plastik Dengan VMA..... 222

Grafik 5.28.Hubungan Antara Kadar Subtitusi Plastik Dengan MQ..... 224

Grafik 5.29.Hubungan Antara Kadar Subtitusi Plastik Dengan IP..... 226

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Susunan Lapisan Perkerasan Jalan..... 17

Gambar2.2. Plastik Jenis *Polypropylene*..... 21

Gambar 3.1. Bentuk benda uji..... 45

Gambar 3.2. Detail Mesin Impact Aggregate..... 49

Gambar 3.3. Alat Pengukur Kepipihan..... 53

Gambar 3.4. Aparatus Pemeriksaan Berat Isi Agregat..... 61

Gambar 3.5. Aparatus Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar..... 66

Gambar 3.6. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus..... 68

Gambar 3.7. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar..... 72

Gambar 3.8. Alat Penetrasi..... 79

Gambar 3.9. Alat Pemgujian Titik Nyala Dan Titik Bakar..... 82

Gambar 3.10. Pemeriksaan Titik Lembek..... 86

Gambar3.11. Mesin Pengukur dan Cetakan Daktilitas..... 87

Gambar 3.12. Pemeriksaan Berat Jenis dan Ter..... 90

Gambar 3.13. Aparatus Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal. 92

Gambar 3.14. Agregat Kasar, Sedang, Halus Serta Bahan Filler..... 95

Gambar 3.15. Penimbangan Agregat Kasar, Sedang, Halus Serta Filler.... 96

Gambar 3.16. Pemanasan dan Pengukuran Suhu Aspal..... 96

Gambar 3.17. Pemanasan Agregat, Penambahan Aspal dan Pencampuran Agregat dengan Aspal..... 97

Gambar 3.18. Pencetakan Sampel dan Penumbukan Sampel..... 98

Gambar 3.19. Pendinginan dan Pengukuran Sampel..... 98

Gambar 3.20. Penimbangan Berat Sampel dan Perendaman Sampel..... 99

Gambar 3.21. Penimbangan Berat Sampel Dalam Air dan SSD..... 99

Gambar 3.22. Perendaman Sampel Dalam Waterbath dengan Suhu 60°C.. 100

Gambar 3.23. Pengujian Sampel dengan Alat Tes Marshall..... 100

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN
MALANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Konstruksi perkerasan jalan berkembang dengan sejarah umat manusia. Jalan yang diperkeras pertama kali ditemukan di Mesopotamia, konstruksi perkerasan jalan berkembang pesat pada zaman keemasan Romawi. Dan terus berkembang hingga bangsa eropa menemukan sistem-sistem konstruksi perkerasan jalan yang sebagian sampai saat ini masih umum digunakan di Indonesia maupun dinegara-negara lain didunia. Perkerasan jalan dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat telah ditemukan pertama kali dibabylon pada 625 tahun sebelum Masehi.

Teknologi konstruksi perkerasan dengan menggunkan aspal sebagai bahan pengikat maju pesat pada tahun 1920 hingga sekarang. Penggunaannya pun di Indonesia dari tahun ke tahun makin meningkat volumenya. Hal ini disebabkan campuran beraspal mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relatif lebih murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca.

Menurut Tjitjik Waslah Suroso *(Jurnal Pusat Penelitian Dan Pengembangan Jalan Dan Jembatan "Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Poly Ethilen) Cara Basah Dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal, untuk menaikkan mutu campuran beraspal"2008)*,salah

satunya dengan menambahkan plastik yang dalam istilah kimianya disebut polimer. Umumnya plastik berbentuk pelet sehingga untuk mencampur dengan aspal diperlukan tambahan alat. Peralatan ini tidak selalu tersedia disetiap kota atau Unit Pencampur Aspal. Oleh karena itu perlu dicari solusinya yaitu bagaimana menambahkan polimer tanpa tambahan peralatan. Penambahan polimer untuk menaikkan mutu campuran beraspal ada dua cara, yaitu cara basah (wet process) dimana plastik ditambahkan kedalam aspal panas dan dicampur hingga homogen dan cara kering dimana plastik ditambahkan kedalam agregat panas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan pengaruh kedua cara pencampuran plastik mutu rendah jenis LDPE terhadap kinerja campuran beraspal pada kadar aspal optimum, yang sama dengan kadar aspal optimum hasil pengujian Marshall aspal pen 60 sebagai pembanding (balnko), sedangkan kadar plastik adalah 3,5% terhadap berat aspal yang diambil dari hasil pengujian variasi kadar plastik terhadap mutu aspal yang telah dimodifikasi dengan plastik (cara basah). Pada cara kering plastik dengan kadar sama dengan cara basah ditambahkan kedalam agregat panas (pada temperatur campuran) dan diaduk selama 30-45 detik. Dari hasil yang diperoleh di laboratorium menunjukkan cara kering menghasilkan karakteristik Marshall, Stabilitas Dinamis dan Resilien Modulus lebih besar dari aspal pen 60, namun lebih rendah dari cara basah. Dari segi ekonomi cara kering diperkirakan lebih murah karena waktu pencampuran lebih cepat, tidak memerlukan alat pengaduk (mixer) dan lebih mudah di handle dari pada cara basah.

Berdasarkan Zulfiani.AR (*Jurnal Tugas Akhir "Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) Terhadap Pengaruh Plastik Sebagai Bahan*

Subtitusi Aspal" 2012), penambahan serpihan plastik pada aspal beton (AC-WC) dengan menggunakan aspal minyak penetrasi 60/70 dapat menghemat penggunaan aspal sebesar 2,5% terhadap berat aspal. Selain itu penambahan serpihan sampah plastik dapat meningkatkan stabilitas, menurunkan nilai Flow, meningkatkan nilai Marshal Quotient (MQ), menurunkan nilai VIM, menurunkan nilai VMA, dan meningkatkan nilai VFB.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini memfokuskan terhadap pengaruh penambahan serpihan *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka perlu dibuat suatu perumusan masalah. Adapun perumusan masalah adalah sebagai berikut:

a. Apakah Penambahan serpihan *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal berpengaruh terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC)?.
b. Apakah penambahan serpihan plastic *Polyethilene Terephthalate* (PET) layak digunakan sebagai bahan substitusi aspal ditinjau dari segi kekuatannya?
c. Berapa kadar optimum penambahan serpihan *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Mengetahui pengaruh penambahan serpihan plastik *Polypropylene Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course*.
b. Untuk mengetahui kelayakan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal ditinjau dari segi kekuatannya.
c. Mengetahui prosentase optimum serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas penelitian ini agar lebih mengarah kepada pembahasannya, maka perlu adanya batasan-batasan masalah antara lain:

a. Penelitian ini membahas pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course*.
b. Penelitian ini menganalisa kelayakan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal ditinjau dari segi kekuatannya.
c. Penelitian ini menganalisa prosentase optimum serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

a. Untuk peneliti

- Memberikan informasi dasar untuk penelitian selanjutnya.

b. Manfaat praktis

- Memberikan informasi tentang pengaruh dan kadar optimum penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course.*

1.6 Hipotesis Penelitian

a. Hipotesis Nol (Ho)

Tidak ada perbedaan nilai karakteristik Marshall karena pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course.*

b. Hipotesis Alternatif (Ha)

Ada perbedaan nilai karakteristik Marshall karena pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course*, dengan perincian sebagai berikut :

1. $Ho = \mu1 = \mu2 = \mu3 = \mu4$

Ha = $\mu 1 \neq \mu 2 \neq \mu 3 \neq \mu 4$

μ = Parameter Marshall

$\mu 1$ = pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) 1,5%.

$\mu 2$ = pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) 2,0%.

$\mu 3$ = pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) 2,5%.

$\mu 4$ = pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) 3,0%

$\mu 5$ = pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) 3,5%

2. Ho = $\mu 1 = \mu 2$

   Ha = $\mu 1 \neq \mu 2$

   1 = Penambahan serpihan plastik sebagai bahan substitusi.

   2 = Tanpa penambahan serpihan plastik sebagai bahan substitusi.

   μ = Parameter Marshall.

   Ho_1 = Tidak ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 1 hari.

Ha_1 = Ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 1 hari.

Ho_2 = Tidak ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 3 hari.

Ha_2 = Ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 3 hari.

Ho_3 = Tidak ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 5 hari.

Ha_3 = Ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 5 hari.

Ho_4 = Tidak ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 7 hari.

Ha_4 = Ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 7 hari.

Dari uraian diatas diajukan hipotesis sebagai berikut : Ada pengaruh perbedaan nilai karakteristik Marshall karena pengaruh penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. Lapisan paling atas disebut juga sebagai lapisan permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapisan pondasi, yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan.

Material utama pembentuk lapisan perkerasan jalan adalah agregat yaitu 90-95% dari berat campuran perkerasan. Daya dukung lapisan perkerasan ditentukan dari sifat butir-butir agregat, dan gradasi agregatnya. Bahan pengikat seperti aspal dan semen dipergunakan sebagai bahan pengikat agregat agar terbentuk perkerasan kedap air.

Perkerasan dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat disebut perkerasan lentur, dan perkerasan dengan mempergunakan semen sebagai bahan pengikat disebut perkerasan kaku. Lapisan perkerasan menggabungkan perkerasan kaku dan perkerasan lentur dinamakan perkerasan komposit.

Untuk mendapatkan perkerasan jalan yang memenuhi mutu yang diharapkan, maka perlu pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan agregat. Disamping itu, pengetahuan tentang sifat bahan pengikat seperti aspal dan semen menjadi dasar untuk merancang campuran sesuai jenis perkerasan yang diinginkan. Kendali mutu proses pelaksanaan perkerasan merupakan hal yang tak terpisahkan untuk dapat mencapai mutu yang diharapkan*(Silvia Sukirman, 2003 : hal xvi)*.

Di Indonesia umumnya digunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Dalam memenuhi kriteria campuran perkerasan lentur yang baik, maka dalam merancang campuran perkerasan lentur perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut, yaitu : stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, *fatique resistance*, *skid resistance*, impermeabilitas, dan *workability*.

a. Stabilitas

   Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

b. Durabilitas

Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, beton aspal akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya manahan keausan semakin baik. Tetapi semakin tebal selimut aspal, maka semakin mudah terjadi *bleeding* yang mengakibatkan jalan semakin licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara didalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun.

c. Fleksibilitas

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk mmenyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas

dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

d. *Fatique Resistance*

Fatique resistance (ketahanan terhadap kelelahan) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

e. *Skid Resistance*

Skid resistance (kekesatan/tahanan geser) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

f. Impermeabilitas

Impermeabilitas (kedap air) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan

pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

g. *Workability*

Workability (mudah dilaksanakan) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempangaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika kesukaran dalam pelaksanaan.

2.2. Durabilitas

Semua jenis lapisan perkersan aspal akan berubah menurut waktu sebagai akibat adanya pengaruh cuaca, beban lalu lintas dan bahan-bahan yang dapat mempengaruhi perubahan struktur aspal. Derajat dan efek perubahan yang terjadi pada lapisan perkerasan itu sangat bervariasi, tergantung pada jenis perkerasan, tipe perkersan dan jenis aspal.

2.2.2. Metode Uji Durabilitas

Uji durabilitas direncanakan untuk melakukan pengujian terhadap pengaruh subtitusi plastik dengan memperhatikan tingkah laku pada material perkerasan dengan campuran terkontrol. Percobaan yang menyeluruh pada

meterial yang dicampur akan memperlihatkan kinerja yang terjadi pada Lataston, dengan membandingkan hasil lapangan pengujian dapat dinyatakan valid.

2.2.3 Indeks Durabilitas (Keawetan)

Metode yang paling praktis dan sering digunakan untuk mengevaluasi potensi keawetan campuran beraspal adalah dengan melakukan perendaman benda uji pada air dengan suhu dan waktu tertentu Metode standar (Uji Perendaman Marshall), benda uji yang diuji Marshall setelah direndam selama 1 hari didalam bak perendaman pada suhu 60^0 C. beberapa peneliti melakukan penelitian tingkat keawetan dengan melakukan pengujian dengan durasi perendaman yang lebih lama. CRAUS, dkk (1981) menyatakan bahwa kriteria perendaman 1 hari tidak selalu mencerminkan sifat keawetan dari campuran setelah beberapa waktu masa perendaman. Untuk itu diusulkan bahwa indeks keawetan harus memenuhi beberapa kriteria seperti cukup rasional, menggambarkan ketahanan dan potensi keawetan untuk suatu rentang masa perendaman dan dapat memberikan gambaran perbedaan perubahan dalam rentang masa perendaman dalam suatu kurva keawetan. Dalam penelitian tersebut dikenalkan juga dua macam indeks keawetan, yaitu indeks keawetan pertama dan indeks keawetan kedua yang diharapkan dapat memenuhi kriteria tersebut.

a. Indeks keawetan pertama

   Indeks ini didefinisikan sebagai jumlah dari kelandaian-kelandaian secara berurutan dari kurva keawetan. Indeks (r) ini dihitung berdasarkan rumus

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

2.3. Lapisan Perkerasan

Kontruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Konstruksi perkerasan terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (Surface Course), merupakan lapisan yang terletak paling atas. Jenis lapis permukaan yang umum dipergunakan di indonesia antara lain: Laston, Lataston, Latasir, Lapisan perata, dan SMA (Split Mastic Aspalt). Lapisan Tipis Aspal Beton (Lataston), adalah beton aspal bergradasi senjang. Laston dikenal juga dengan nama HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya, lataston mempunyai 2 macam yaitu:

a) Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet- Wearing Course*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.

b) Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-*Base* (*Hot Rolled Sheet - Base*). Tebal nominal minimum HRS-*Base* adalah 3,5 cm.

2. Lapisan pondasi atas (Base Course), merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Fungsi dari lapisan ini adalah sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkannya ke lapaisan dibawahnya, sebagai lapisan peresapan untuk pondasi bawah, dan bantalan terhadap lapis permukaan. Material yang digunakan harus memenuhi persyaratan CBR > 50% dan PI < 4%. Contoh bahan yang dapat digunakan antara lain agregat

(batu pecah) bergradasi baik, pondasi macadam, pondasi telford, dan stabilisasi agregat dengan semen, kapur atau aspal.

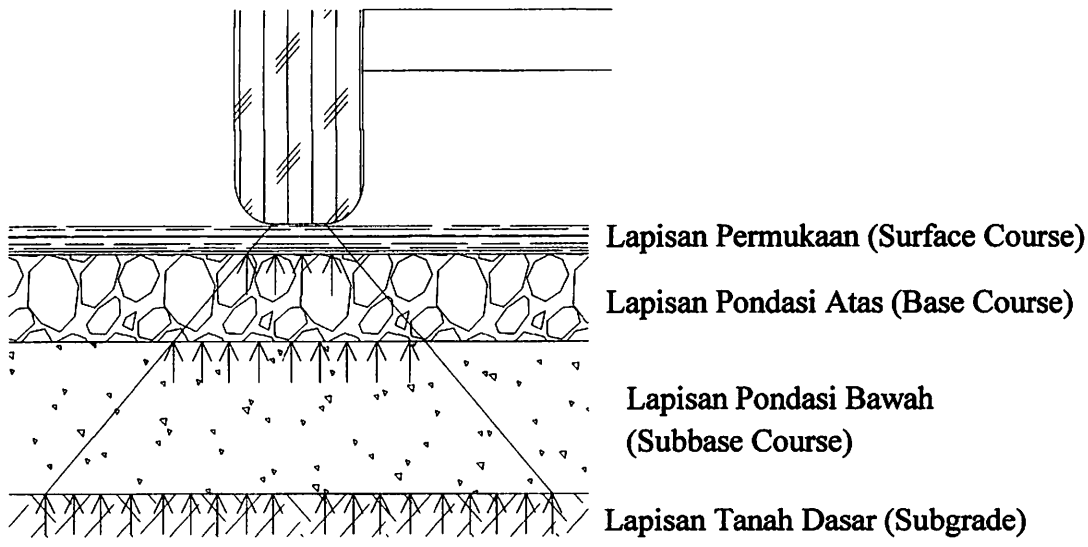
Tabel 2.1 Sifat campuran beton aspal AC,HRS, SS

Sifat Campuran			Laston (AC)			Lataston (HRS)		Latasir (SS)	
			WC	BC	Base	WC	Base	Kelas A	Kelas B
Penyerapan aspal		maks	1,2 untuk lalu lintas (LL) ≥ 1.000.000.000.ESA 1,7 untuk lalu lintas (LL) < 1.000.000.000.ESA					2,0	
Jumlah Tumbukan /bidang			75		112[1]	75		50	
VIM[4] (%)	LL ≥ 1 juta ESA	min	4,9			-		Tidak digunakan untuk LL berat	
		maks	5,9			-			
	0,5 ≤ ESA < 1 juta ESA	min	3,9			4,0			
		maks	4,9			6,0			
	LL < 0,5 ESA	min	3,0			3,0			
		maks	5,0			6,0			
VMA(%)		min	15	14	13	18	17	20	
VFA (%)	LL ≥ 1 juta ESA	min	65	63	60	65		Tidak digunakan untuk LL berat	
	0,5 ≤ ESA < 1 juta ESA	min	68						
	LL < 0,5 ESA	min	75		73	75			
Stabilitas marshall (kg)		min	800		1800[1]	800		200	
		maks	-		-	-		850	
Kelelehan (mm)		min	2		2[1]	2		2	
		maks	-		-	-		3	
Kuotien Marshall (kg/mm)		min	200		200	200		80	
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60° C[3]		min	85% untuk lalu lintas (LL) ≥ 1.000.000.000.ESA						
			80% untuk lalu lintas (LL) < 1.000.000.000.ESA						
IM(%) pada [2,3] kepadatan membal (*refusal*)	LL ≥ 1 juta ESA	min	2,5			-		Tidak digunakan untuk LL berat	
		maks							
	0,5 ≤ ESA < 1 juta ESA	min	2						
		maks							
	LL < 0,5 ESA	min	1						
		maks							

Sumber : Beton Aspal Campuran Panas, Silvia Sukirman

3. Lapisan pondasi bawah (Subbase Course), merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi dari lapisan ini adalah sebagai bagian perkerasan yang menyebarkan gaya lintang ke tanah dasar serta sebagai lapis peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi. Material yang digunakan harus memenuhi persyaratan CBR > 20% dan PI < 10%. Contoh lapisan perkerasan yang dapat digunakan antara lain agregat (sirtu) bergradasi baik, stabilisasi agregat dengan semen atau kapur, dan stabilisasi tanah dengan kapur atau semen.
4. Lapisan tanah dasar (Subgrade), merupakan lapisan tanah setebal 50-100 cm diatas mana akan diletakkan lapisan pondasi bawah.

Gambar 2.1 Susunan Lapisan Perkerasan Jalan



2.3.1. Material Campuran Aspal Beton

Material yang digunakan untuk pencampuran aspal beton, antara lain:

1. Agregat Kasar

   Bentuk dari agregat sangat berpengaruh pada kemudahan campuran dipadatkan dan juga ketahanan terhadap stabilitas dan deformasi. Agregat dengan bentuk bulat akan memudahkan dalam pemadatan akan tetapi secara umum campuranya memiliki kestabilan yang rendah. Oleh sebab itu penggunaan agregat bulat ini dihindari untuk jenis perkersan yang memiliki beban lalu lintas yang berat.

   Agregat untuk lapisan permukaan harus memiliki ketahanan terhadap abrasi, pengujian terhadap abrasi ini dilakukan test Los Angeles Abrassion. Untuk lapisan permukaan sebaiknya memiliki tingkat abrasi lebih kecil dari 40%.Syarat spesifikasi untuk agregat kasar seperti pada tabel 2.2 dan tabel 2.3

2. Agregat Halus

   Syarat umum ditetapkan sebagai material yag lolos saringan no.7 atau no.8 (ASTM) dan tertahan pada saringan no.200. materialnya bisa berasal dari alam seperti pasir atau hasil olahan pabrik seperti pasir atau hasil olahan pabrik seperti pecahan batu, slag atau grovel. Secara mekanis agregat halus sangat berpengaruh pada tingkat kestabilan dan ketahanan terhadap deformasi material, sehingga agregat halus harus memenuhi syarat-syarat antara lain partikel agregat halus mempunyai

tekstur kasar, bersih, tajam, bebas dari lempung dan material yang tidak diinginkan.Syarat spesifikasi untuk agregat halus seperti pada tabel 2.2 dan tabel 2.3

Tabel 2.2 Spesifikasi Agregat Untuk Beton Aspal

Jenis pemeriksaan		Satuan	Syarat minimum		Metode pemeriksaan	
			Fraksi agregat kasar	Fraksi agregat halus	SNI	AASHTO/ ASTM
Ukuran butir (% lolos saringan N.8)		%	0	100		
Abrasi dengan mesin Los Angeles		%	Maks 40		SNI 03-2417-1991	T 96-87
Soundness terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat		%	Maks 12		SNI 03-3407-1994	T 104-86
Kelekatan agregat terhadap aspal (*stripping*)		%	Min 95		SNI 03-2439-1991	T 182-84
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)	Lalulintas $<10^6$ ESA	%	85/80*	Min 40%		
	Lalulintas $>10^6$ ESA	%	95/90*	Min 45%		
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥10 cm)	Lalulintas $<10^6$ ESA	%	60/50*	Min 40%		
	Lalulintas $>10^6$ ESA	%	80/75*	Min 40%		
Indeks kepipihan agregat		%	maks 10			ASTM D-4791
Absorbsi air		%	maks 3	maks 3	SNI 03-1969-1990 SNI 03-1970-1990	
Berat jenis semu		-	min 2,5	min 2,5	SNI 03-1969-1990 SNI 03-1970-1990	T 84 dan T 85-88
Partikel lolos saringan No. 200		%		maks 8	SNI-M-02-1994-03	T 11-90
Nilai *sand equivalent*		%		maks 40		T 104-86
AIV		%	Maks 30			
Kesenjangan		%	Maks 12	Maks 12		

Sumber : Beton Aspal Campuran Panas, Silvia Sukirman

Tabel 2.3 Persyaratan Gradasi Agregat Campuran Berbagai Jenis Beton Aspal.

Ukuran Saringan		% berat lolos						
		laston (AC)			Lataston (HRS)		Latasir	
No	Bukaan mm	AC-WC	AC-BC	AC-Base	HRS-WC	HRS-Base	Kelas A	Kelas B
1 1/2"	37,5			100				
1"	25		100	90-100				
3/4"	19	100	90-100	maks 90	100	100	100	100
1/2"	12,5	90-100	maks 90		90-100	90-100		
3/8"	9,5	maks 90			75-85	65-100	90-100	
No. 8	2,36	28-58	23-39	19-45	50-72	35-55		75-100
No. 16	1,18							
No. 30	0,6				35-60	15-35		
No. 200	0,075	4-10	4-8	3-7	6-12	2-9	10-15	8-13
Daerah Larangan								
No. 4	4,75	-	-	39,5				
No. 8	2,36	39,1	34,6	26,8-30,8				
No. 16	1,18	25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1				
No. 30	0,6	19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6				
No. 200	0,075	15,5	13,7	11,4				

Sumber : Beton Aspal Campuran Panas, Silvia Sukirman

3. Material filler

Menurut Silvia Sukirman (2003:112) bahan pengisi (*filler*) dapat menggunakan debu batu kapur, semen portland, abu terbang, abu tanur semen atau material non plastis lainya. Adapun persyaratan menjadi bahan pengisi adalah bagian yang lolos saringan No. 200 sama atau lebih banyak dari 75% terhadap beratnya. Adapun fungsi dari bahan pengisi ini adalah mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada dalam agregat itu sendiri.

4. Plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET)

Polyethylene Terephthalate (PETE atau PET), juga dikenal sebagai plastik #1, merupakan plastik yang paling umum digunakan di seluruh dunia. Tidak mengherankan, ini juga merupakan plastik yang paling banyak didaur-ulang. *Polyethylene terephthalate* (PET) merupakan resin polyester yang tahan lama, kuat, ringan dan bersifat termoplastis (direkatkan melalui panas). PET dapat ditemukan pada botol air, botol soda, botol jus, botol minyak goreng, kemasan makanan, dan botol dressing salad. PET berciri jernih, kadang berwarna hijau seperti gambar dibawah ini :



mulai mengalami pelunakan, PET memiliki nilai sebesar 80° celcius (Standar: ASTM D1525B). ***Density*** **(Berat Jenis)** merupakan ukuran kepadatan molekul dalam material, sehingga terkait berat dan volume produk. Pada dasarnya semakin tinggi berat jenis suatu material maka berat benda semakin tinggi untuk ukuran volume yang sama. Cara pengukuran berat jenis adalah dengan mengukur perbandingan antara berat dan volume suatu benda. PET memiliki berat jenis sebesar 1560 kg/m^3 (Standar: ASTM D792 dan D1505).

5. Aspal

Aspal adalah campuaran yang terdiri dari mineral dan bitumen yang berwarna coklat hingga hitam, keras hingga cair, mempunyai sifat lekat yang baik, mempunyai sifat berlemak dan tidak larut dalam air. Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, untuk aspal beton umumnya hanya 4%-7% berdasarkan berat. Salah satu komponen penyusunan aspal (resin), menyebabkan bahan ini memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, yaitu:

- Memiliki sifat adhesi
- Memiliki kekedapan terhadap air yang tinggi
- Tahan terhadap pengaruh asam, basa dan cuaca

Dengan memiliki sifat-sifat yang dimiliki aspal tersebut, maka material aspal dalam campuran aspal semen berperan sebagai bahan pelumas saat pemadatan dan dapat menjalankan fungsi utama aspal

yaitu mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat beban lalu lintas (water proofing, protect terhadap erosi) selama umur layanan serta mengisi rongga antar agregat itu sendiri. Sifat-sifat penting aspal (sifat teknis) yang diuji karena erat hubungannya dengan konstruksi perkersan jalan antara lain:

- Tingkat kekerasan (penetrasi) aspal, jenis konstruksi perkersan yang direncanakan dan kepadatan lalulintas.
- Titik lembek, berkaiatan dengan proses pencampuran, penghamparan dan pemadatan (aspal dengan lembek yamng lebih tinggi, kurang peka terhadap suhu dan lebih baik untuk bahan pengikat konstruksi perkerasan)
- Titik nyala, berkaitan dengan batas pemanasan yang diijinkan tanpa menimbulkan bahaya kebakaran (keselamatan kerja)
- Kehilangan berat akibat pemanasan, berkaiatan denagn pencegahan terhadap kerapuhan aspal (kestabilan mutu aspal setelah pemanasan)
- Daktilitas, berkaitan dengan elastisitas dan peletakan aspal
- Daya larut, berkaitan dengan kemurnian aspal yang berdampak pada pelekatan aspal
- Viskositas, berkaitan dengan penentuan suhu pencampuran dan pemadatan.

Tabel 2.4 Sifat aspal untuk campuran beton aspal

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat			
		Pen 60		Pen 80	
		min	Maks	min	Maks
Penetrasi 25°C, 5 det	0,1 mm	60	79	80	99
Titik Lembek	°C	48	58	46	54
Titik nyala	°C	200	-	225	-
Kehilangan berat 163°C, 5 jam	% berat	-	0,4	-	-
Kelarutan dlm CCl_4	% berat	99	-	99	-
Daktilitas 25°C, 5cm/menit	Cm	100	-	100	-
Penetrasi setelah kehilangan berat	% terhadap asli	75	-	75	-
Penetrasi aspal hasil ekstraksi benda uji	% terhadap asli	55	-	55	-
Daktilitas aspal hasil ekstraksi benda uji	Cm	40	-	40	-
berat jenis 25°C	-	1	-	1	-

Sumber : Beton Aspal Campuran Panas, Silvia Sukirman

2.4. Metode Perencanaan Campuran

Rancangan campuran bertujuan untuk mendapatkan resep campuran aspal beton dari material yang terdapat di lokasi sehingga dihasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran yang ditetapkan. Saat ini, metode rancangan campuran yang paling banyak dipergunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan menggunakan alat Marshall.

2.4.1. Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip

dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelehan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow, dan perhitungan sifat volumetric benda uji.

Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Jumlah benda uji yang disiapkan.
2. Persiapan agregat yang akan digunakan.
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pemadatan benda uji.
6. Persiapan untuk pengujian Marshall.

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran

dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105-110°C. Setelah dikeringkan agregat dipisah-pisahkan sesuai fraksi ukurannya dengan mempergunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperature pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar 170 ± 20 centistokes, dan temperatur pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar 280 ± 30 centistokes. Karena tidak diadakan pengujian viskositas kinematik aspal maka secara umum ditentukan suhu pencampuran berkisar antara 145 °C-155 °C, sedangkan suhu pemadatan antara 110 °C-135 °C.

2.4.2. Rancangan Campuran Agregat Dengan Metode Grafis

Secara grafis merancang proporsi campuran untuk agregat dilakukan dengan metode Rothluchs.

Langkah-langkah perancangan proporsi campuran adalah sebagai berikut:

1. Buat empat persegi panjang berukuran 10 x 20 cm, atau ukuran lain dengan perbandingan 1 : 2
2. Sumbu datar digunakan untuk menunjukkan ukuran saringan, sumbu tegak digunakan untuk menunjukkan persen lolos saringan
3. Garis diagonal dari empat persegi panjang menjadi garis gradasi tengah untuk spesifikasi agregat campuran yang diinginkan
4. Berdasarkan persen lolos saringan setiap ukuran saringan dari gradasi tengah ditentukan garis-garis yang menunjukkan lokasi setiap ukuran

saringan. Jadi skala untuk sumbu horizontal ditentukan dari gradasi tengah spesifikasi agregat campuran

5. Gambar garis gradasi agregat dari masing-masing fraksi yang akan di campur.

Untuk menentukan proporsi masing-masing fraksi agregat terdapat 2 macam cara setelah langkah kelima dilakukan, yaitu :

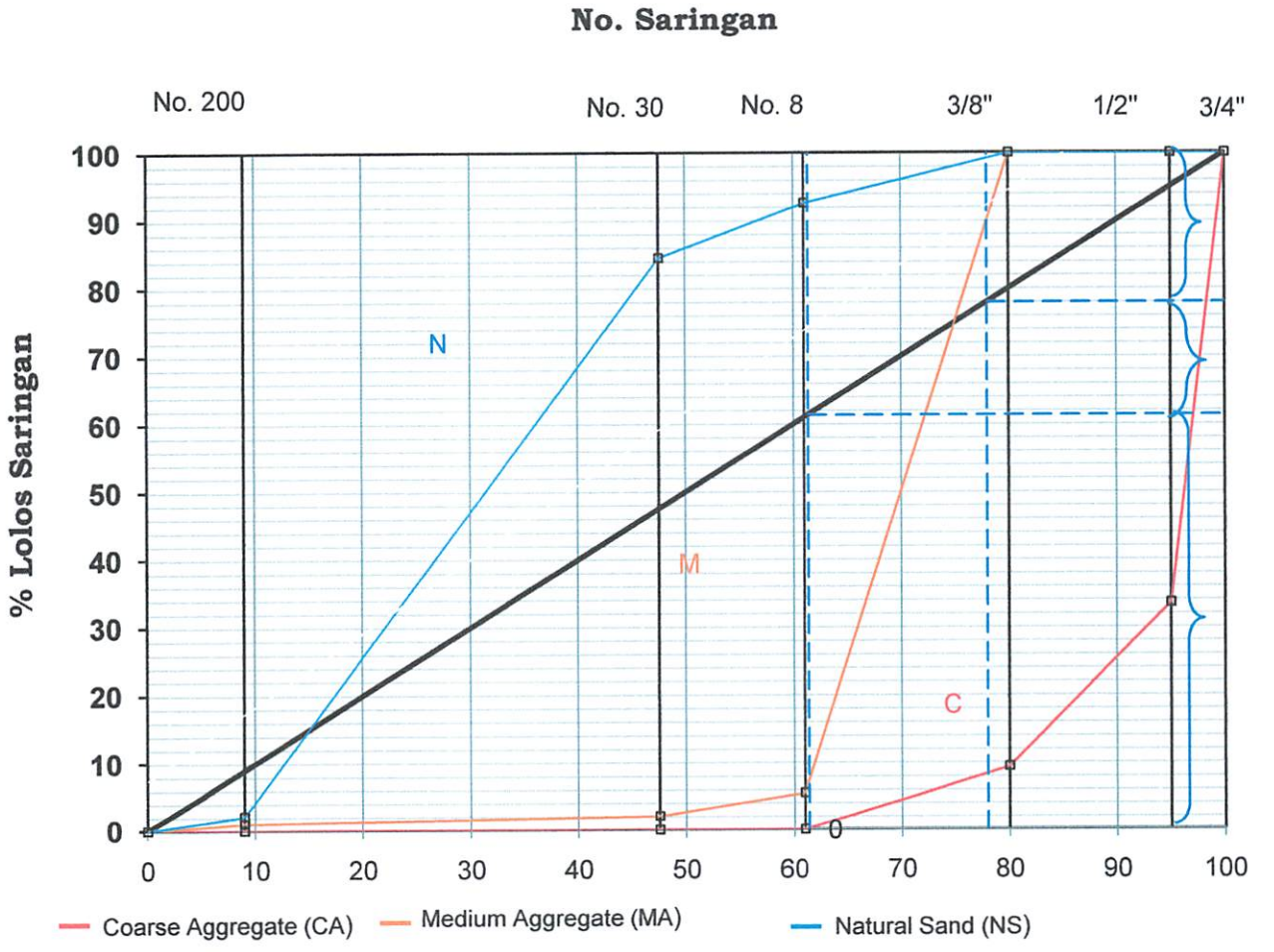
Cara pertama :

1. Proporsi dari agregat kasar ditentukan dengan menarik garis vertical sehingga jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat kasar = jarak dari tepi atas ke garis gradasi agregat sedang. Nilai proporsi agregat kasar ditunjukkan oleh besarnya persen lolos yang diperoleh dari perpotongan garis vertikal tersebut dengan tepi atas.
2. Proporsi dari agregat halus, ditentukan dengan menarik garis vertical sehingga jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat halus = jarak dari tepi atas ke garis gradasi agregat kasar ditambah dengan jarak dari tepi bawah ke garis gradasi agregat sedang.
3. Nilai proporsi agregat halus ditunjukkan oleh besarnya persen lolos

Proporsi agregat sedang adalah 100% dikurangi proporsi agregat kasar

Cara kedua :

1. Tarik garis lurus untuk lengkung gradai masing-masing fraksi, sehingga luas daerah bagian kiri dan bagian kanan yang dibentuk oleh garis tersebut dengan lengkung gradasi fraksi agregatnya kurang lebih sama.
2. Hubungkan titik awal dan akhir dari garis-garis butir 1 secara berurutan. Perpotongan garis pada butir 2 ini dengan garis lengkung gradasi tengah spesifikasi campuran menentukan besarnya proporsi masing-masing



2.4.3. Kadar Aspal Total Dalam Campuran

Kadar aspal total dalam pencampuran aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat yang mengisi pori antar agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk kedalam pori masing-masing butir agregat.

Kadar aspal campuran ditetapkan dalam spesifikasi sifat campuran, maka untuk rancangan campuran di laboratorium dipergunakan kadar aspal tengah / ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah rentang kadar aspal dalam spesifikasi

Kadar aspal tengah/deal dapat pula ditentukan dengan mempergunakan rumus sebagai berikut:

Dengan menggunakan Spesifikasi Depkimpraswil 2002 didapat rumus

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

Filler = Fraksi bahan pengisi = Persen berat material yang lolos saringan no. 200 terhadap berat total.

K = Konstanta

= 0,5 – 1,0 untuk laston

= 2,0 – 3,0 untuk lataston

Jika kadar aspal tengah a% maka digunakan variasi (a-1)%, (a-0,5)%, a%, (a+0,5)% dan (a+1)%.

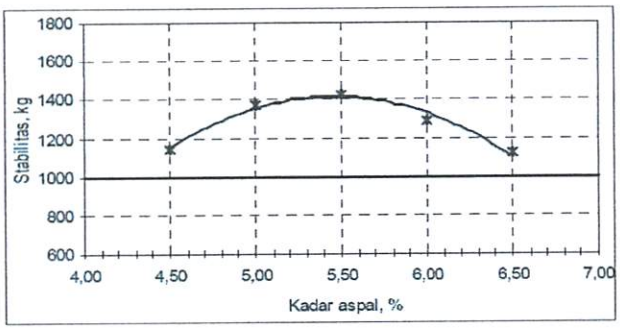
2.5. Parameter Marshall

2.5.1. Pemeriksaan Nilai Stabilitas dan *Flow*

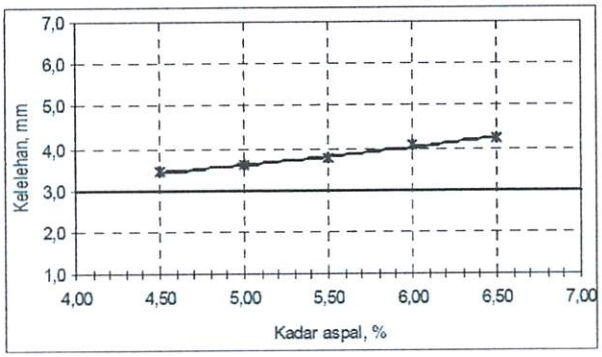
Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban, dan *flowmeter* mengukur besarnya deformasi yang terjadai akibat beban.

Untuk mendapatkan temperatur benda uji sesuai dengan temperatur terpanas di lapangan, maka sebelum dilakukan pemeriksaan benda uji dipanaskan terlebih dahulu selama 30 menit dan 24 jam dengan temperatur 60°C di dalam *water bath*. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan benda uji pada alat Marshall, dan beban diberikan kepada benda uji dengan kecepatan 51mm/menit. Beban pada saat terjadi keruntuhan dibaca pada arloji pengukur dari *proving ring*, deformasi yang terjadi pada saat itu merupakan nilai *flow* yang dapat dibaca pada *flowmeter*. Nilai stabilitas merupakan nilai arloji pengukur dikalikan dengan nilai kalibrasi *proving ring*, dan dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji.

Grafik 2.1 Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas



Grafik 2.2 Hubungan antara kadar aspal dengan kelelehan (*Flow*)



Tabel 2.5 Angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji.

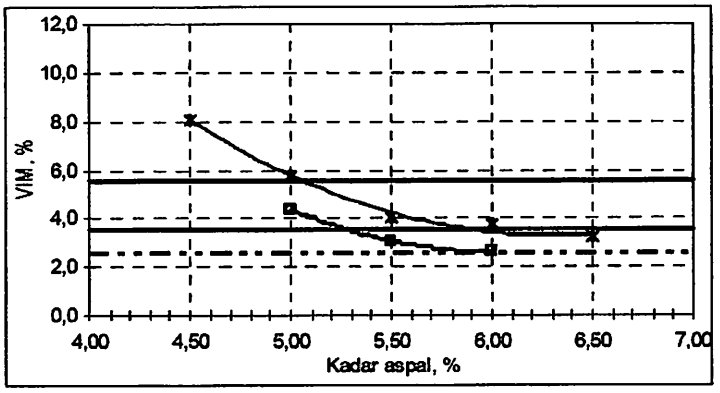
VOLUME BENDA UJI (cm^3)	TEBAL BENDA UJI (mm)	FAKTOR KOREKSI	VOLUME BENDA UJI (cm^3)	TEBAL BENDA UJI (mm)	FAKTOR KOREKSI
200 – 213	25,4	5,56	406 – 420	50,8	1,47
214 – 225	27,0	5,00	421 – 431	52,4	1,39
226 – 237	28,6	4,55	432 – 443	54,0	1,32
238 – 250	30,2	4,17	444 – 456	55,6	1,25
251 – 264	31,8	3,85	457 – 470	57,2	1,19
265 – 276	33,3	3,57	471 – 482	58,7	1,14
277 – 289	34,9	3,33	483 – 495	60,3	1,09
290 – 301	35,5	3,03	496 – 508	61,9	1,04
302 – 316	38,1	2,78	509 – 522	63,5	1,00
317 – 328	39,7	2,50	523 – 535	65,1	0,96
329 – 340	41,3	2,27	536 – 546	66,7	0,93
341 – 353	42,9	2,08	547 – 559	68,3	0,89
354 – 367	44,4	1,92	560 – 573	69,9	0,86
368 – 379	46,0	1,79	574 – 585	71,4	0,83
380 – 392	47,6	1,67	586 – 598	73,0	0,81
393 – 405	49,2	1,56	599 – 610	74,6	0,78
			611 – 625	76,2	0,76

2.5.2. Volume Pori dalam Benda Uji (VIM)

Banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat (VIM) adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam prosentase terhadap volume beton aspal padat.

$$VIM = 100-(100 \times \frac{Berat\ isi}{BJ\ maksimum\ teoritis})$$

Grafik 2.3 Hubungan antara kadar aspal dengan VIM%.

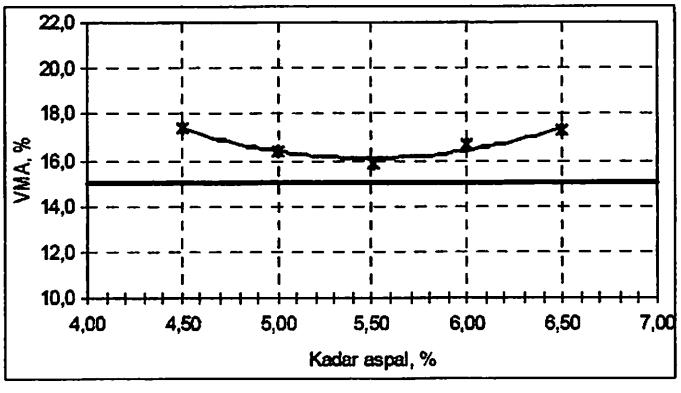


2.5.3. Volume antar Agregat dalam Benda Uji (VMA)

Banyaknya pori-pori antara butir agregat didalam beton aspal padat, yang terisi oleh aspal, dinyatakan sebagai VMA.

$$VMA = (100- \frac{Berat\ isi\ beton\ aspal\ padat}{Berat\ jenis\ agregat\ pembentuk\ beton\ aspal} x \frac{100}{100+kadar\ aspal\%} x100)$$

Grafik 2.4 Hubungan kadar aspal dengan VMA

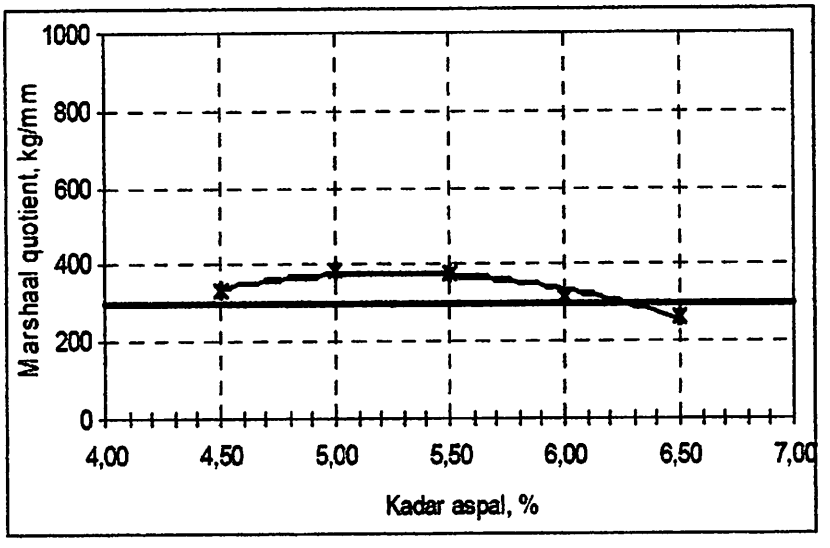


2.5.4. Kousien Marshall

Kousien Marshall (MQ) adalah ratio antara nilai stabilitas dan kelelehan (*Flow*).

$$MQ = \frac{Nilai\ stabilitas\ dengan\ koreksi\ benda\ uji}{Flow}$$

Grafik 2.5 Hubungan antara kadar aspal dengan MQ



2.6. Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga salah satunya adalah nilai yang diduga. Dengan melakukan estimasi interval maka hasil pendugaan kita akan lebih objektif. Kita juga dapat menyatakan berapa besar tingkat kepercayaan kita, bahwa interval yang terbentuk mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu sosial, interval kepercayaan yang sering digunakan adalah 90%, 95%, atau 99%. Pada dasarnya

seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan.

Pertimbangan adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian itu semakin menjadi tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan alpha sebesar 5% (100-95). Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan

Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter ditingkat populasi akan berada pada interval ± Z standard error dari rata-rata populasi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Dalam pengujian ini, digunakan interval koefisien 95% hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data- data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data yang valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Dalam pengujian interval kepercayaan menggunakan rumus :

$$X = \frac{Jumlah\ Stabilitas}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n-1} - \frac{(\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

Rumus interval kepercayaan :

$$x-\left(t_{\alpha/2}x\frac{s}{\sqrt{n}}\right)<\mu<x+\left(t_{\alpha/2}x\frac{s}{\sqrt{n}}\right)$$

2.7. Pengujian Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta-fakta yang membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta-fakta empiris yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

a. Memberikan tujuan yang tegas bagi peneliti.
b. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
c. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut :

1. Hipotesis nihil (Ho) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.

2. Hipotesis alternatif (Ha) : yaitu hipotesis yang menyamakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara oprasional dapat ditulis : Ho : $\mu 1 \neq \mu 2 \neq \mu 3 \neq \mu 4 \neq \mu 5$.

Dalam merumuskan suatu hipotesis penelitian ada beberapa macam cara yang dapat digunakan, antara lain:

a. Distribusi Fisher (F)

Memperbandingkan dua varian, uji harga rata-rata tidak mencukupi (deviasinya sangat besar, sehingga nilai rata-rata sulit dijadikan ukuran) oleh karena itu digunakan uji varian yang mengikuti distribusi F.

Pada penelitian ini digunakan distribusi F, karena uji F banyak digunakan untuk uji hipotesis yang berdasarkan hasil pengamatan lebih dari 2 buah sampel. Uji F digunakan untuk mengetahui pengaruh variable bebas terhadap variable terikat secara simultan. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari distribusi F yaitu :

a) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\Sigma Y^2 = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{ni} Y_{ij}^2$$

b) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^{k} n_i}$$

c) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^{k} n_i}\right) - R_y$$

d) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

$$KT_{(antar\ perlakuan)} = \frac{P_y}{n-1}$$

$$KT_{(kekeliruan)} = \frac{E_y}{k(n-1)}$$

Nilai F dapat dicari dengan rumus :

$$F_{hitung} = \frac{KT\,(antar\ perlakuan)}{KT\,(kekeliruan)}$$

2.8. Pengujian Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya

dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variabel.

Analisa regresi merupakan salah satu analisa yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variable terhadap variable lain. Dalam analisis regresi, variable yang mempengaruhi disebut Independent Variable (Variabel bebas) dan variable yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variable terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variable bebas dan satu variable terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika variable bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

Dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$, persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$JK(b|a) = \left(b\left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c\left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right)$$

$$JK(E) = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$R^2 = \frac{JK(b|a)}{JK(E)}$$

2.9. Tes Perendaman (Immersion Testing)

Terdapat beberapa tes yang bisa dipakai untuk mengukur kualitas adhesi antara aspal dan agregat akibat pengaruh air walaupun pada kenyataanya hanya memberikan pengaruh yang sedikit informasi tentang unjuk kerja dilapangan. Hal ini disebabkan karena tes perendaman dilakukan pada kondisi yang terkontrol.

Immersion mechanical test merupakan salah satu tes yang bisa dipakai untuk mengukur kualitas adhesi dalam penelitian ini. Tes ini meliputi pengukuran terhadap perubahan pada sifat mekanik dari suatu campuran aspal yang dipadatkan setelah perendaman dengan air. Rasio dari sifat mekanik setelah perendaman dibandingkan sebelum perendaman secara tidak langsung mengukur tingkat striping. Sifat mekanik yang bisa diukur termasuk kekuatan geser (shear strenght) , kekuatan tekan (Compresive strenght). Tes ini lebih dikenal dengan sebutan Marshall Immersion test dimana stabilitas marshall setelah dan sebelum perendaman dikenal sebagai retained stability dan disajikan dalam bentuk prosentase.

2.10. Penelitian terdahulu

Dari hasil penelitian Tjitjik wasinah Suroso (*Media Komunikasi Teknik Sipil, tahun 2008*) dengan judul Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (*Low* Densitu *Poly Etilen*) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal, menyebutkan bahwa dari hasil pengujian campuran beraspal baik karakteristik Marshall (lebih tinggi 22,5%), Stabilitas Dinamis (lebih tinggi 250%) , kecepatan deformasi (24% lebih rendah), modulus resilien di

laboratorium menunjukkan bahwa campuran aspal plus plastik mutu rendah jenis LDPE cara kering maupun cara basah lebih baik dari aspal konvensional seperti ditunjukkan dari nilai density, Stabilitas Marshall, MQ, VFB lebih besar dari campuran beraspal dengan aspal konvensional. Kecepatan Deformasi lebih kecil (35 %) dari campuran beraspal dengan aspal pen 60 (aspal konvensional) untuk itu disarankan dapat dicoba pada perkerasan dengan lalu lintas padat dan berat. Namun kinerja pencampuran cara basah lebih baik dari cara kering Stabilitas duinamis campuran basah (lebih tinggi 7.1%), kecepatan deformasi campuran cara basah 20 % lebih rendah dari campuran cara kering hal ini kemungkinan disebabkan pada campuran secara basah plastik yang ditambahkan seluruhnya dapat bercampur dengan aspal. Hal ini kemungkinan tidak seluruh plastik bercampur dengan agregat (sebagian menempel ke wadah tempat pencampuran sehingga kadar plastik yang ditambahkan pada cara kering lebih rendah dari cara basah). Keuntungan pencampuran plastik cara kering diperkirakan mempunyai nilai ekonomis lebih murah dari campuran basah karena tidak memerlukan peralatan khusus (alat pengaduk) seperti yang diperlukan apabila menggunakan pencampuran cara basah.

Zulfiani. AR (Jurnal Tugas Akhir, 2012) dalam penelitiannya mengenai Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) Terhadap Pengaruh Plastik Sebagai Bahan Subtitusi Aspal, serpih plastik dapat larut didalam aspal penetrasi 60/70 pada suhu 154°C berdasarkan dari data yang didapat dari pengujian. Subtitusi serpih plastik terhadap aspal penetrasi 60/70 dapat menghemat penggunaan aspal sebesar 2,5% terhadap berat aspal yang digunakan dalam

laboratorium menunjukkan bahwa campuran aspal plus plastik mutu rendah lebih
LDPE cara kering maupun cara basah lebih baik dari aspal konvensional seperti
ditunjukkan dari nilai density. Stabilitas Marshall, MQ, VFB lebih besar dari
campuran konvensional dengan aspal konvensional. Kecepatan Deformasi lebih kecil
(3,5 mm dari campuran konvensional dengan aspal pen 60 (aspal konvensional) untuk
itu disarankan dapat dicoba pada perkerasan dengan lalu lintas padat dan berat.
Namun kinerja pencampuran cara basah lebih baik dari cara kering Stabilitas
dinamis campuran basah ± lebih tinggi 7,1 % kecepatan deformasi campuran
cara basah 20 % lebih rendah dari campuran cara kering hal ini kemungkinan
disebabkan pada campuran secara basah plastik yang dicampurkan selumpuh
dapat bercampur dengan aspal. Hal ini kemungkinan tidak sebanyak plastik
bercampur dengan aspal pada cara kering sehingga rendah temperatur pencampuran
sehingga kadar plastik yang ditambahkan pada cara kering lebih rendah dari cara
basah). Kemungkinan pencampuran plastik cara kering dipercayakan mempunyai
nilai ekonomis lebih rendah dari campuran basah karena tidak memerlukan
peralatan khusus (alat pengaduk) seperti yang dipersiapkan apabila mengunakan
pencampuran cara basah.

Aditiani, AR (Jurnal Teknik Sipil 2013) dalam penelitiannya mengenai
Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) Terhadap Pengaruh Plastik
Sebagai Bahan Substitusi Aspal sorpih plastik dapat lunak dilakukan aspal pencampuran
60/70 pada suhu 154°C berdasarkan dari data yang didapat dari pengujian.
Substitusi sorpih plastik terhadap aspal pencampuran 60/70 dapat mengakibatkan
pengurangan aspal sebesar 2,5% terhadap berat aspal yang digunakan dalam

campuran aspal beton AC-WC. Subtitusi serpih plastik terhadap aspal penetrasi 60/70 dapat memberikan pengaruh terhadap karakteristik campuran aspal beton AC-WC pada konsentrasi maksimum 2,5% terhadap berat aspal yaitu:

a) Meningkatkan stabilitas campuran yaitu meningkatkan kemampuan campuran aspal beton AC-WC untuk memikul beban lalu lintas sampai terjadi kelelehan plastis.

b) Menurunkan nilai Flow campuran yakni mengurangi kelenturan namun pengurangan itu masih tetap dalam ambang spesifikasi pada kadar plastik 2,5% terhadap berat aspal.

c) Meningkatkan nilali Marshall Quotient (MQ). Keberadaan plastik kedalam campuran AC-WC, dapat meningkatkan kemampuan konstruksi jalan dalam menerima beban, namun konstruksi tersebut masih fleksibel dan lentur.

d) Menurunkan nilai VIM (memperkecil pori pada campuran), lebih meningkatkan keawetan pada konstruksi jalan tanpa terjadi deformasi plastis (bleeding).

e) Menurunkan nilai VMA (rongga diantara agregat), sehingga konstruksi jalan dapat lebih awet.

f) Meningkatkan nilai VFB (rongga terisi aspal), meningkatkan kadar aspal efektif yang akan menyelimuti material dan menentukan kinerja campuran dalam suatu konstruksi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Jalan Raya Institut Teknologi Nasional Malang jalan Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang dimulai tanggal 03 Juni 2013.

3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini dibagi dalam dua tahap yaitu:

a. Studi pustaka, bertujuan mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk dirumuskan hipotesis penelitian.
b. Studi eksperimen, dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga diperoleh kesimpulan akhir.

Penelitian ini meliputi :

3.2.1. Komposisi Campuran untuk Variasi Aspal

Variasi kadar aspal berdasarkan Depkimpraswil 2002 dengan menggunakan rumus :

$P = 0{,}035(\%CA) + 0{,}045(\%FA) + 0{,}18(\%filler) + K$

Dengan :

P = Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA = Fraksi agregat kasar = Persen berat material yang tertahan saringan no. 8 terhadap total campuran

FA = Fraksi agregat halus = Persen berat material yang lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200 terhadap berat total pencampuran

Filler = Fraksi bahan pengisi = Persen berat material yang lolos saringan no. 200 terhadap berat total.

K = Konstanta (2,0-3,0)

3.2.2. Pembuatan Campuran Aspal dengan Substitusi Serpihan Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)

a. Perhitungan prosentase agregat kasar dan agregat halus dengan kadar aspal optimum.

b. Substitusi serpihan plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET) 0%; 1,5%; 2,0%; 2,5%; 3,0% dan 3,5% terhadap berat dari kadar aspal optimum.

c. Pencampuran agregat kasar, agregat halus, dan aspal dengan substitusi serpihan plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET).

d. Pengujian campuran aspal menggunakan metode Marshall dengan langkah-langkah sebagai berikut:

   i. Pengukuran benda uji meliputi diameter dan tinggi benda uji.

   ii. Penimbangan benda uji.

   iii. Perendaman dalam air dengan suhu ruang selama 24 jam.

   iv. Penimbangan berat dalam air serta dalam kondisi SSD.

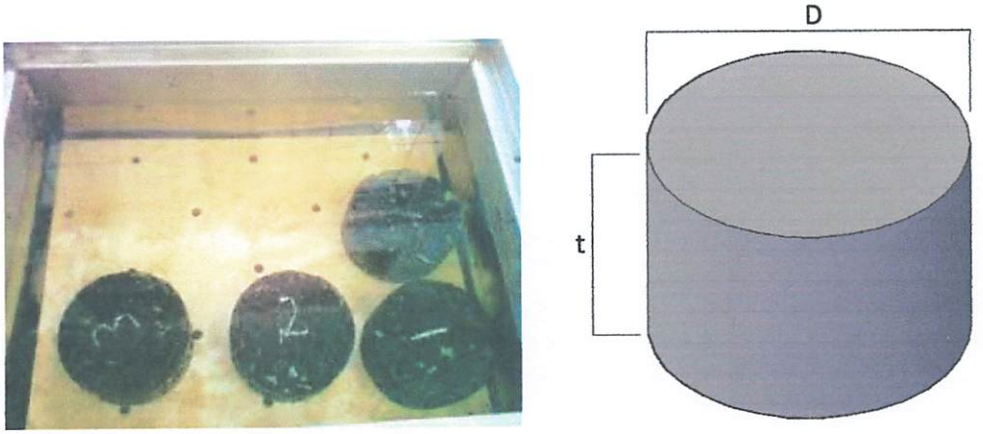
v. Perendaman dalam waterbath dengan suhu 60 ^{0}C.

vi. Pengujian benda uji dengan alat Marshall dan diperoleh nilai stabilitas serta flow.

3.3. Populasi Sampel

Dalam suatu penelitian, populasi sampel sangat penting untuk tingkat ketelitian dalam pengujian. Untuk penelitian ini direncanakan jumlah sampel sebagai berikut :

Gambar 3.1. Bentuk benda uji.



Tabel 3.1 Jumlah benda uji untuk mencari Kadar Aspal Optimum.

Kadar Aspal	Perlakuan	Jumlah Benda Uji
6%	Direndam di Waterbath dengan suhu 60°C selama 30 menit	10 Buah
6,5%		10 Buah
7%		10 Buah
7,5%		10 Buah
8%		10 Buah
Total Benda Uji		**50 Buah**

Kadar Aspal	Perlakuan	Jumlah Benda Uji
6%	Direndam di Waterbath dengan suhu 60°C selama 24 jam	10 Buah
6,5%		10 Buah
7%		10 Buah
7,5%		10 Buah
8%		10 Buah
Total Benda Uji		**50 Buah**

Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji dengan Subtitusi Serpihan Plastik HDPE.

Kadar Aspal Optimum	Perlakuan	Waktu	Jumlah Benda Uji
	Campuran dengan subtitusi serpihan plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET) 0%	30 menit	10 Buah
		24 jam	10 Buah
Total Benda Uji			**20Buah**

Kadar Aspal Optimum	Perlakuan	Waktu	Jumlah Benda Uji
	Campuran dengan subtitusi serpihan plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET) 1,5%	30 menit	10 Buah
		24 jam	10 Buah
Total Benda Uji			**20Buah**

Standar Aspal	Perlakuan	Jumlah Benda Uji
0%	Perendaman di Waterbath dengan suhu 60°C selama 24 jam	10 Buah
6,5%		10 Buah
7%		10 Buah
7,5%		10 Buah
8%		10 Buah
Total Benda Uji		50 Buah

Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji dengan Substitusi Serpihan Plastik HDPE

Standar Aspal Optimum	Perlakuan	Waktu	Jumlah Benda Uji
	Campuran dengan substitusi serpihan plastik Polypropylene Terpolimerisasi (PP) 10%	30 menit	10 Buah
		24 jam	10 Buah
Total Benda Uji			20Buah

Standar Aspal Optimum	Perlakuan	Waktu	Jumlah Benda Uji
	Campuran dengan substitusi serpihan plastik Polypropylene Terpolimerisasi (PP) 12,5%	30 menit	10 Buah
		24 jam	10 Buah
Total Benda Uji			20Buah

Kadar Aspal Optimum	Perlakuan	Waktu	Jumlah Benda Uji
	Campuran dengan subtitusi serpihan plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET) 2%	30 menit	10 Buah
		24 jam	10 Buah
Total Benda Uji			**20Buah**

Kadar Aspal Optimum	Perlakuan	Waktu	Jumlah Benda Uji
	Campuran dengan subtitusi serpihan plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET) 2,5%	30 menit	10 Buah
		24 jam	10 Buah
Total Benda Uji			**20Buah**

Kadar Aspal Optimum	Perlakuan	Waktu	Jumlah Benda Uji
	Campuran dengan subtitusi serpihan plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET) 3%	30 menit	10 Buah
		24 jam	10 Buah
Total Benda Uji			**20Buah**

Kadar Aspal Optimum	Perlakuan	Waktu	Jumlah Benda Uji
	Campuran dengan subtitusi serpihan plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET) 3,5%	30 menit	10 Buah
		24 jam	10 Buah
Total Benda Uji			**20Buah**

3.4. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dari pengujian agregat, pengujian campuran agregat, dan pengujian stabilitas benda uji dengan alat Marshall.

3.5. Bahan-Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Aspal penetrasi 60/70 pertamina.
b. Agregat kasar diambil dari tempat pemecahan batu di Madyopuro yang diperoleh dari daerah Krisik, Wlingi.
c. Agregat halus menggunakan pasir dari Lumajang.
d. Plastik limbah *Polyetylene Terephthalate* (PET).
e. Semen Gresik PPC 104-005-080228 sebagai filler.
f. Air untuk perendaman benda uji.

3.6. Pengujian Agregat dan Aspal

3.6.1. Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (Aggregate Impact Value) (BS 812 : Part 3 : 1975)

3.6.1.1.Maksud

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengukur kekuatan relatif agregat terhadap beban kejut (*impact*) yang dinyatakan dengan Aggregate Impact Value (AIV).

3.6.1.2. Peralatan

a. Alat yang digunakan adalah mesin impact agregat seperti yang ditunjukkan dengan detail pada gambar 3.1.

Gambar 3.2. Detail Mesin Impact Aggregate



1. Berat total mesin tidak lebih dari 60 kg dan tidak kurang dari 40 kg. Dasar mesin terbuat dari baja dengan diameter 300 mm dan memiliki berat antara 22 sampai 30 kg.
2. *Cylindrical Steel Cup* memiliki diameter dalam 102 mm dan kedalaman 50 mm. Ketebalan cup tidak kurang dari 5 mm.

3.6. Pengujian Agregat dan Aspal

3.6.1. Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan

(Aggregate Impact Value) (SNI 03-4142 : Part 3 : 1979)

3.6.1.1.Maksud

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap beban kejut (impact) yang dinyatakan dengan Aggregate Impact Value (AIV).

3.6.1.2. Peralatan

a. Alat yang digunakan adalah mesin impact agregat seperti yang ditunjukkan dengan detail pada gambar 3.1.

Gambar 3.2. Detail Mesin Impact Aggregate

1. Isilah total benda uji tidak lebih dari 60 kg dan tidak kurang dari 40 kg. Pisah mesin terbuat dari baja dengan diameter 300 mm dan memiliki berat antara 22 sampai 30 kg.
2. Cylindrical Steel Cup memiliki diameter dalam 102 mm dan kedalaman 50 mm. Ketebalan cup tidak kurang dari 5 mm.

3. Palu baja yang digunakan memiliki berat antara 13,5 – 13,2 kg dengan bagian bawah (bidang kontak) merupakan lingkaran dan datar. Diameter bidang kontak 100 mm dan ketebalan 50 mm, dengan *chamfer* 1,5 mm. Palu diatur sedemikian rupa hingga dapat bergerak naik turun dengan mudah tanpa gesekan berarti. Palu baja bergerak jatuh bebas dengan tinggi jatuh 380 ± 5 mm, diukur dari bidang kontak palu sampai permukaan benda uji dalam cup.
4. Alat pengunci palu dapat diatur sedemikian rupa untuk memudahkan penggantian benda uji dan pemasangan cup.

b. Timbangan dengan kapasitas minimal 3 kg dan dengan ketelitian minimal 0,1 gram.

c. Saringan dengan diameter # 13,2 mm; 9,5 mm; 2,36 mm (British Standard). Untuk ukuran agregat non-standar dapat dilihat pada tabel 4.1. di bawah ini.

Tabel 3.3. Ukuran agregat standar dan non standar yang dapat digunakan dengan dasar ukuran saringan dari British Standard

	Ukuran lolos		Saringan tertahan		Saringan pemisah	
Non – Standar	28	Mm	19,1	mm	5	mm
	19,1	Mm	13,2	mm	3,35	mm
Standar	13,2	Mm	9,5	mm	2,36	mm
Non – Standar	9,5	Mm	6,3	mm	1,7	mm
	6,3	Mm	5	mm	1,18	mm
	5	Mm	3,35	mm	850	µm
	3,35	Mm	2,36	mm	600	µm
Catatan : Agregat dengan ukuran lebih besar dari 13,2 mm kurang cocok dilakukan Impact Test.						

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

3. Pada baja yang digunakan memiliki berat antara 13,5 – 13,2 kg dengan berjalan lurus (bukan) konveksi merupakan lingkaran dan diameter bidang kontak 100 mm dan kelebihan 50 mm. dengan ukuran 1,5 mm. Pada diameter sederhana rupa hingga dapat berguna naik turun dengan mudah tanpa gerakan normal. Pada baja berguna jenis beban dengan tinggi jarak 500 ± 5 mm. diukur dari bidang kontak pada sumpal permukaan berada uji dalam cup.

4. Alat pengaruh pada dapat dalam sederhana rupa untuk memudahkan penggunaan berada uji dan pemasangan cup.

b. Timbangan dengan kapasitas minimal 3 kg dan dengan ketelitian minimal 0,1 gram.

c. Sudutgan dengan diameter = 13,2 mm; 9,5 mm; 2,36 mm (British Standard). Untuk ukuran agregat non-standar dapat dilihat pada tabel 4.1. di bawah ini:

Tabel 3.3. Ukuran agregat standar dan non standar yang dapat digunakan dengan ukuran saringan standar dari British Standard

	Ukuran lolos		Saringan tertahan		Saringan pemisah	
Non – Standar	28	Min	19,1	mm	5	mm
	19,1	Min	13,2	mm	3,35	mm
Standar	13,2	Min	9,5	mm	2,36	mm
Non – Standar	9,5	Min	6,3	mm	1,7	mm
	6,3	Min	5	mm	1,18	mm
	5	Min	2,36	mm	850	µm
	2,36	Min	2,36	mm	600	µm

Catatan : Agregat dengan ukuran lebih besar dari 37,5 mm barang cacat dikecualikan dengan 10%.

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Ags'a FTSP, ITN.

Ni'ah ing

3.6.1.3. Benda Uji

a. Benda uji yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan # 13,2 mm dan tertahan saringan # 9,5 mm pada British Standard. Untuk setiap pengujian dibuat dua benda uji.

b. Benda uji harus dalam keadaan kering permukaan. Pengeringan dengan oven dilakukan tidak lebih dari 4 jam dengan suhu 110 °C. Suhu benda uji harus dalam kondisi suhu ruang (25 °C) pada saat dilakukan pengujian. Jumlah benda uji diatur sedemikian rupa sehingga tidak melebihi tinggi up (50 mm). Benda uji dimasukkan ke dalam cup dengan agak dipadatkan (ditekan dengan tangan).

c. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram dan dinyatakan sebagai berat A.

3.6.1.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Letakkan mesin impact agregat pada plat datar, lantai atau balok beton dan atur palu pada penguncinya.

b. Letakkan cup yang telah berisi benda uji pada tempatnya. Pastikan posisi cup sudah baik dan kuat sehingga tidak bergeser akibat pukulan palu.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

3.6.1.3. Benda Uji

a. Benda uji yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan # 12,2 mm dan tertahan saringan # 9,5 mm sesuai British Standard. Untuk setiap pengujian dibuat dua benda uji.

b. Benda uji harus dalam keadaan kering permukaan. Pengeringan dengan oven dilakukan tidak lebih dari 4 jam dengan suhu 110 °C. Suhu benda uji harus dalam kondisi suhu ruang (25 °C) pada saat dilakukan pengujian. Jumlah benda uji diatur sedemikian rupa sehingga tidak melebihi tinggi up (50 mm). Benda uji dimasukkan ke dalam cup dengan arah dijepitkan (dikelem dengan tangan).

c. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram dan dinyatakan sebagai berat A.

3.6.1.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Letakkan mesin impact agregat pada alat dasar, lantai atau balok beton dan atur pada pengunci.

b. Letakkan cup yang telah berisi benda uji pada tempatnya. Posisikan posisi cup sudah baik dan kuat sehingga tidak bergeser akibat pukulan palu.

c. Atur ketinggian palu sedemikian rupa sehingga jarak antara bidang kontak palu dengan permukaan benda uji 380 ± 5 mm.

d. Lepaskan pengunci palu dan biarkan palu jatuh bebas ke benda uji. Angkat palu pada posisi semula dan lepaskan kembali (jatuh bebas). Tumbukan dilakukan sebanyak 15 kali dengan tenggang waktu antar tumbukan tidak lebih dari 1 detik.

e. Setelah selesai pisahkan benda uji dengan saringan # 2,36 mm British Standar selama satu menit dan timbang berat yang lolos dan tertahan sebagai B dan C. Jika selisih (B + C) dengan A lebih besar dari 1 gram, pengujian harus diulang.

3.6.1.5. Perhitungan

$$AIV = \frac{B}{A} x\,100\,\%$$

dimana :

AIV = Aggregate Impact Value (%)

A = Berat awal benda uji

B = Berat lolos saringan # 2,36 mm (gr)

3.6.2. Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index)(Bs 812 : Part 1 : 1975)

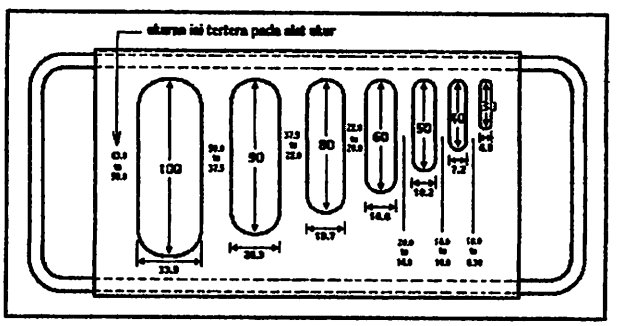
3.6.2.1. Maksud

Tujuan dari percobaan ini untuk menyeragamkan cara memperoleh indeks kepipihan atau prosentase berat agregat kasar atau pipih yang masih dapat digunakan (sebagai bahan perkerasan pada jalan raya.

3.6.2.2. Peralatan

a. Alat pengukur tebal kepipihan terbuat dari logam, dengan bentuk dan ukuran seperti pada gambar 4.2.

Gambar 3.3. Alat Pengukur Kepipihan



b. Saringan menurut British Standard dengan diameter 450 mm atau 300 mm dengan ukuran saringan 63,0 mm; 50,0 mm; 37,5 mm; 28,0 mm; 19,10 mm; 13,2 mm; 9,5 mm dan 6,30 mm lengkap dengan penutup wadah (pan).

c. Timbangan dengan kapasitas yang sesuai dengan ukuran contoh yang akan diuji dengan ketelitian sampai 1% dari berat benda yang diuji.

d. Alat pemisah benda uji dengan ukuran yang sesuai dengan partikel terbesar atau sekop penyodok benda uji yang bersih, baki logam yang digunakan untuk kuatering.
e. Baki dengan ukuran yang sesuai dapat dimasukkan ke dalam oven untuk memanaskan tanpa menimbulkan kerusakan atau mengubah berat benda uji.
f. Oven dengan ventilasi dan dapat dikontrol dengan thermometer untuk mempertahankan suhu pada (110 ±5)°C.
g. Alat pengguncang saringan bila diperlukan.

3.6.2.3. Benda Uji

Pengambilan benda uji dilakukan sesuai dengan ketentuan cara-cara pengambilan yang berlaku. Jumlah benda uji yang diambil harus sesuai dengan ukuran nominal bahan dan mengikuti ketentuan pada tabel 3.2 di bawah ini (yaitu dilakukan penyortiran agregat yang lolos saringan ukuran 63,0 mm dan tertahan saringan ukuran 6,30 mm).

Tabel 3.4. Berat minimum benda uji

Ukuran saringan nominal (mm)	Berat minimum setelah penyortiran (kg)
63	50
50	35
37,5	15
28	5
19,1	2
13,2	1
9,5	0,5

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ±5)°C hingga berat tetap dengan ketelitian sampai 0,1%. Pengujian dilakukan pada suhu kamar.

3.6.2.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Saring benda uji sesuai dengan ketentuan fraksi agregat pada tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.5. Data untuk menentukan indeks kepipihan

Fraksi ukuran agregat saringan penguji (mm)		Jarak pengukur kepipihan (mm) (3/5 x tengah #)	Berat minimum tiap fraksi (kg)
100 % lolos	100 % tertahan		
63	50	33 ± 0,3	50
50	37,5	26,3 ± 0,3	35
37,5	28	19,7 ± 0,3	15
28	19,1	14,4 ± 0,15	5
19,1	13,2	10,2 ± 0,15	2
13,2	9,5	7,2 ± 0,1	1
9,5	6,3	4,9 ± 0,1	0,5

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

b. Singkirkan seluruh agregat yang tertahan saringan 63 mm dan lolos 6,3 mm.

c. Timbang agregat yang lolos saringan 63 mm dan tertahan 6,3 mm sebagai M_1.

d. Timbang berat agregat di masing-masing fraksi dan hitung prosentasenya terhadap M_1. Catat berat masing-masing fraksi agregat dan prosentasenya pada lembar isian yang tersedia.

e. Simpan agregat pada baki-baki secara terpisah sesuai dengan ukuran fraksinya.

f. Catat jumlah seluruh agregat yang prosentase per fraksinya lebih besar dari 5% dan dinyatakan sebagai M_2.

g. Ukur fraksi-fraksi agregat yang memiliki prosentase lebih besar dari 5% dengan menggunakan pengukur kepipihan (*flakiness*) dengan ketentuan :

   1. Lewatkan dengan tangan setiap butir agregat pada lubang alat kepipihan sesuai dengan ukurannya, seperti pada tabel 3.3. di atas. Pisahkan setiap butir yang dapat lewat dan tidak dapat lewat untuk setiap fraksi.
   2. Timbang agregat yang lewat dan tidak lewat untuk masing-masing fraksi.
   3. Jumlahkan berat toral agregat yang lewat dan dinyatakan sebagai M_3F.

3.6.2.5. Perhitungan

$$\text{Indeks kepipihan (\%)} = \frac{\text{M3F x 100}}{\text{M2}}$$

Dimana :

M2 = jumlah fraksi yang mempunyai prosentase berat lebih besar dari 5% terhadap berat total.

M3F = jumlah berat partikel agregat yang lolos pada alat kepipihan.

e. Simpan agregat pada baki-baki secara terpisah sesuai dengan ukuran fraksinya.

f. Cuci juntah seluruh agregat yang prosentase per fraksinya lebih besar dari 5% dan dikeringkan sebagai M2.

g. Ulur fraksi-fraksi agregat yang memiliki prosentase lebih besar dari 5% dengan menggunakan pengukur kepipihan (flakiness) dengan ketentuan :

1. Lewatkan dengan tangan setiap butir agregat pada lubang alat kepipihan sesuai dengan ukurannya seperti pada tabel 3.3. di atas. Pisahkan setiap butir yang dapat lewat dan tidak dapat lewat untuk setiap fraksi.

2. Timbang agregat yang lewat dan tidak lewat untuk masing-masing fraksi.

3. Jumlahkan berat total agregat yang lewat dan dinyatakan sebagai M1F.

3.6.2.5. Perhitungan

$$\text{Indeks kepipihan (\%)} = \frac{M1F \times 100}{M2}$$

Dimana :

M2 = Jumlah fraksi yang mempunyai prosentase berat lebih besar dari 5% terhadap berat total.

M1F = Jumlah berat partikel agregat yang lolos pada alat kepipihan.

3.6.3. Penentuan Angka Angularitas (Angularity Number) (BS 812 : Part 1 : 1975)

3.6.3.1. Maksud

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menyeragamkan cara memperoleh angka angularitas agregat kasar yang masih dapat digunakan sebagai bahan perkerasan pada jalan raya.

3.6.3.2. Peralatan

a. Oven dengan ventilasi dan dapat dikontrol dengan thermometer untuk mempertahankan suhu pada (110 ±5)°C.
b. Timbangan dengan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 1 gram.
c. Saringan menurut British Standard dengan diameter 450 mm atau 300 mm dengan ukuran lubang 19,10 mm (3/4"); 13,2 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); 6,3 mm (1/4"); 5,0 mm (No. 4) lengkap dengan tutup dan wadah (pan).
d. Baki dengan ukuran yang sesuai, yang dapat dimasukkan ke dalam oven untuk memanaskan tanpa menimbulkan kerusakan atau mengubah berat benda uji.
e. Silinder metal dengan ketebalan tidak kurang dari 3 mm, mempunyai kapasitas 3 liter, dengan diameter 150 mm dan tinggi 150 mm.
f. Tongkat pemadat dari metal dengan diameter 16 mm, panjang 60 mm.
g. Sekop metal dengan ukuran 200 mm x 120 mm x 50 mm (kapasitas 1 liter).

3.6.3. Penentuan Angka Angularitas (Angularity Number) (BS 812 : Part 1 : 1975)

3.6.3.1. Maksud

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengelompokkan cara mempercepat angka angularitas agregat kasar yang masih dapat digunakan sebagai bahan perkerasan pada jalan raya.

3.6.3.2. Peralatan

a. Oven dengan ventilasi dan dapat dikontrol dengan thermometer untuk mempertahankan suhu pada (110 ±5)°C.

b. Timbangan dengan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 1 gram.

c. Saringan menurut British Standard dengan diameter 150 mm atau 300 mm dengan ukuran lubang 19,10 mm (¾"); 13,2 mm (½"); 9,5 mm (⅜"); 6,3 mm (¼"); 5,0 mm (No. 4) lengkap dengan tutup dan wadah (pan).

d. Bak dengan ukuran yang sesuai, yang dapat dimasukkan ke dalam oven untuk memanaskan tanpa menimbulkan kerusakan atau mengubah berat benda uji.

e. Silinder metal dengan ketebalan tidak kurang dari 3 mm, mempunyai kapasitas 3 liter, dengan diameter 150 mm dan tinggi 150 mm.

f. Tongkat penusuk dari metal dengan diameter 16 mm, panjang 60 mm.

g. Sekop metal dengan ukuran 200 mm x 120 mm x 50 mm (kapasitas 1 liter).

3.6.3.3. Benda Uji

Pengambilan benda uji dilakukan sesuai dengan cara-cara pemisahan yang berlaku. Jumlah benda uji yang diambil harus sesuai dengan ukuran nominal bahan yaitu setelah dilakukan penyortiran agregat seperti pada tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.6. Data untuk menentukan angka angularitas

Fraksi ukuran agregat saringan		Berat minimum tiap fraksi (kg)
100% lolos (mm)	100% tertahan (mm)	
19,1	13,2	4
13,2	9,5	4
9,5	6,3	4
6,3	5,0	4

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus disiapkan sebagai berikut :

1. Siapkan benda uji yang telah disortir dengan mengikuti tabel 3.4 di atas.
2. Singkirkan seluruh agregat yang tertahan pada saringan ukuran 19,10 mm dan lolos saringan ukuran 5,00 mm (N0. 4).
3. Timbang agregat untuk setiap fraksi hasil penyortiran seberat ± 4 kg.
4. Simpan masing-masing fraksi di atas baki secara terpisah, berikan tanda sesuai ukuran fraksi, kemudian keringkan dalam oven dengan temperatur (110 ±5)°C selama 24 jam sampai berat agregat menjadi konstan.
5. Dinginkan temperatur agregat sampai sesuai temperatur ruangan, kemudian seluruh agregat dicampur sampai merata.

3.6.3.3. Benda Uji

Pengambilan benda uji dilakukan sesuai dengan cara-cara pemisahan yang berikut. Jumlah benda uji yang diambil harus sesuai dengan ukuran nominal bahan yang sesuai dilakukan pengerjaan agregat seperti pada tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.6. Data untuk menentukan angka angularitas

Fraksi ukuran agregat saringan		Berat minimum
(100%) lolos (mm)	100% tertahan (mm)	tiap fraksi (kg)
19,1	12,7	4
12,7	9,5	4
9,5	6,3	4
6,3	5,0	4

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya. FTSP. ITN. Malang

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus disiapkan sebagai berikut :

1. Siapkan benda uji yang telah disortir dengan mengikuti tabel 3.4 di atas.
2. Singkirkan selimut agregat yang tertahan pada saringan ukuran 19,10 mm dan lolos saringan ukuran 5,00 mm (No. 4).
3. Timbang agregat untuk setiap fraksi hasil pemisahan sebesar ± 4 kg.
4. Simpan masing-masing fraksi di atas bak seperti terpisah. berikan tanda sesuai ukuran fraksi. kemudian keringkan dalam oven dengan temperatur (110 ±5)°C selama 24 jam sampai berat agregat menjadi konstan.
5. Dinginkan temperatur agregat sampai sesuai temperatur ruangan. kemudian selimuti agregat dicampur sampai merata.

3.6.3.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Timbang berat silinder pengujian dalam keadaan kosong kemudian catat beratnya (W_1).

b. Isi silinder dengan air sampai penuh, kemudian timbang dan catatlah berat air dalam silinder (W_2).

c. Hitung berat air ($W_3 = W_2 - W_1$).

d. Isilah benda uji dengan agregat yang sudah dicampur ke dalam silinder dengan alat sekop secara hati-hati dalam tiga lapis yang sama tebal.

e. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara menjatuhkan tongkat pemadat dari ketinggian 50 mm (5 cm) di atas permukaan agregat sebanyak 100 kali dengan waktu rata-rata 2 tumbukan per detik.

f. Ratakan permukaan benda uji dengan tongkat pemadat dengan cara merolling sampai betul-betul rata dengan permukaa silinder.

g. Timbang dan catatlah berat benda uji agregat di dalam silinder.

h. Lakukan langkah (mulai mengisi sampai menimbang) di atas sampai 3 kali kemudian hitung dan catatlah berat rata-rata benda uji agregat dari ketiga percobaan tersebut (M).

i. Apabila berat dari salah satu pengujian berbeda (lebih besar dari 25 g) dengan berat rata-rata, maka 3 pengujian tambahan segera dilakukan dengan menggunakan benda uji yang sama, kemudian dari keenam pengujian tersebut dihitung berat rata-rata benda uji (M).

3.6.3.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Timbang berat silinder pengujian dalam keadaan kosong kemudian catat beratnya (W_1).

b. Isi silinder dengan air sampai penuh. kemudian timbang dan catatlah berat air dalam silinder (W_2).

c. Hitung berat air ($W_3 = W_2 - W_1$).

d. Isilah bonda uji dengan agregat yang sudah dicampur ke dalam silinder dengan alat sekop secara hati-hati dalam tiga lapis yang sama tebal.

e. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat penumbuk dengan cara menjatuhkan tongkat penumbuk dari ketinggian 30 mm (5 cm) di atas permukaan agregat sebanyak 100 kali dengan waktu rata-rata 2 tumbukan per detik.

f. Ratakan permukaan benda uji dengan tongkat penumbuk dengan cara menerilling sampai betul-betul rata dengan permukaan silinder.

g. Timbang dan catatlah berat benda uji agregat di dalam silinder.

h. Lakukan langkah (mulai mengisi sampai penimbang) di atas sampai 3 kali kemudian hitung dan catatlah berat rata-rata benda uji agregat dari ketiga percobaan tersebut (M).

i. Apabila beran dari salah satu pengujian berbeda (lebih besar dari 25 g) dengan berat rata-rata. maka 3 pengujian tambahan segera dilakukan dengan menggunakan benda uji yang sama. kemudian dari keempat pengujian tersebut dihitung berat rata-rata benda uji (M).

3.6.3.5. Perhitungan

$$\text{Angka angularitas} = 67 - \frac{100.M}{C.Ga}$$

dimana :

M = berat agregat dalam silinder.

C = berat air diisi penuh dalam silinder (g).

Ga = specific gravity dari agregat.

3.6.4. Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19- 74) (ASTM C-29-71)

3.6.4.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran. Berat isi adalah perbandingan antara berat dan isi.

3.6.4.2.Peralatan

a. Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh.

b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan (110 ± 5)°C

c. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.

d. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat, sebaiknya terbuat dari baja tahan karat.

e. Mistar perata (straight edge).

f. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pengering berkapasitas seperti berikut :

3.6.3.5. Perhitungan

$$\text{Angka angularitas} = 67 - \frac{100.M}{C.Ga}$$

dimana :

M = berat agregat dalam silinder.

C = berat air diisi penuh dalam silinder (g).

Ga = specific gravity dari agregat.

3.6.4. Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19- 74) (ASTM C-29-71)

3.6.4.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat dalam keadaan campuran. Berat isi adalah perbandingan antara berat dan isi.

3.6.4.2.Peralatan

a. Timbangan dengan ketelitian 0.1% berat contoh.

b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan (110 ± 5)°C.

c. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.

d. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebahagya terbuat dari baja tahan karat.

e. Mistar perata (straight edge).

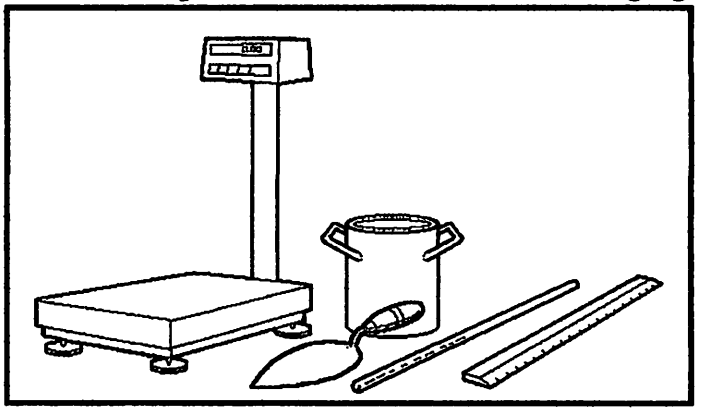
f. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pengering berkapasitas seperti berikut :

Tabel 3.7. Data silinder untuk berat isi

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal wadah minimum (mm)		Ukuran butir maksimum agregat (mm)
			dasar	sisi	
3	155 ± 2	160 ± 2	5,0	2,5	12,7
10	205 ± 2	305 ± 2	5,0	2,5	25
15	255 ± 2	295 ± 2	5,0	3,0	40
30	355 ± 2	305 ± 2	5,0	3,0	100

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

Gambar 3.4. Aparatus Pemeriksaan Berat Isi Agregat



3.6.4.3. Benda Uji

Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai dengan tabel 3.5 di atas. Keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap.

3.6.4.4. Prosedur Pelaksanaan

1. Berat isi lepas (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum 100 mm / 4") :
   a. Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).

Tabel 3.7. Dara silinder untuk beton ini

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal wadah minimum (mm)		Ukuran butir maksimum agregat (mm)
			dasar	sisi	
5	155 ± 2	160 ± 2	5,0	2,5	12,7
10	205 ± 2	305 ± 2	5,0	2,5	25
15	255 ± 2	205 ± 2	5,0	5,0	40
30	355 ± 2	305 ± 2	5,0	5,0	100

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya. PTSP. ITN. Malang

Gambar 3.4. Apparatus Pemeriksaan Berat Isi Agregat

3.6.4.3. Benda Uji

Masukkan contoh agregat ke dalam tabung sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai dengan tabel 3.5 di atas. Keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap.

3.6.4.4. Prosedur Pelaksanaan

1. Berat isi lepas (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum 100 mm / 4") :

a. Timbang dan catatlah berat wadah (W1).

b. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir, dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.

c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.

d. Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).

e. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

2. Berat isi padat dengan cara penusukan (untuk agregat dengan butir ukuran maksimum 38,1 mm 1 ½") :

a. Timbang dan catatlah berat wadah (W_1)

b. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.

c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.

d. Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).

e. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

3. Berat isi padat dengan cara penggoyangan (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum lebih dari 38,1 mm (1 ½") :

a. Timbang dan catatlah berat wadah (W_1)

b. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.

c. Padatkan setiap lapis dengan cara menggoyang-goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut :

a) Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan.

b. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi perisahan butir-butir, dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.

c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.

d. Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).

e. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

2. Berat isi padat dengan cara penusukan (untuk agregat dengan butir ukuran maksimum 38.1 mm (1 ½")) :

a. Timbang dan catatlah berat wadah (W_1)

b. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat penusuk yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.

c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.

d. Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).

e. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

3. Berat isi padat dengan cara penggoyangan (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum lebih dari 38.1 mm (1 ½")) :

a. Timbang dan catatlah berat wadah (W_1)

b. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.

c. Padatkan setiap lapis dengan cara menggoyang-goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut :

a) Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan.

b) Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.

d. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.

e. Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).

f. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)

3.6.4.5. Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \ (\text{kg/dm}^3)$$

dimana :

V = isi wadah (dm^3)

W_3 = berat benda uji (kg)

3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar (AASHTO T-27-82) (ASTM C-136-46)

3.6.5.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (Gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

3.6.5.2. Peralatan

a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.

b. Satu set saringan :

b) Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan tapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.

d. Rakam permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.

e. Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).

f. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)

3.6.4.5. Perhitungan

Berat isi = $\frac{W_3}{V}$ (kg/dm^3)

dimana :

V = isi wadah (dm^3)

W_3 = berat benda uji (kg)

3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar (AASHTO T-27-82)

(ASTM C-136-16)

3.6.5.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (Gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan

3.6.5.2. Peralatan

a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.

b. Satu set saringan :

Tabel 3.8. Daftar saringan yang digunakan untuk analisa

No.	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6	16	30	50	100	200
Mm	75,0	63,0	50,0	37,5	25	20	12,5	10	4,75	3,35	1,18	0,6	0,297	0,149	0,075
Inch	3"	2½"	2"	1½"	1,06"	¾"	½"	3/8"	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

c. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)°C$.

d. Alat pemisah contoh (sample splitter).

e. Mesin pengguncang saringan.

f. Talam-talam.

g. Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.

3.6.5.3. Benda Uji

Jumlah berat benda uji setelah pengeringan tidak kurang dari :

a. Agregat Halus

Tabel 3.9. Berat minimum benda uji agregat halus

Material	Berat minimum (gram)
90 % lolos saringan no. 4	500
95 % lolos saringan no. 8	100

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

Tabel 3.8. Daftar saringan yang digunakan untuk analisa

No.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6	10	20	30	100	200
Mm	75,0	63,0	50,0	37,5	25	20	12,5	10	4,75	3,35	1,18	0,6	0,297	0,149	0,075
Inch	3"	2½"	2"	1½"	1,06"	1"	½"	⅜"	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

c. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai (110 ± 5)°C.

d. Alat pemisah contoh (sample splitter).

e. Mesin pengguncang saringan.

f. Talam-talam.

g. Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.

3.6.5.3. Benda Uji

Jumlah berat benda uji setelah pengeringan tidak kurang dari :

a. Agregat Halus

Tabel 3.9. Berat minimum benda uji agregat halus

Material	Berat minimum (gram)
90 % lolos saringan no. 4	500
95 % lolos saringan no. 8	100

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

b. Agregat Kasar

Tabel 3.10. Berat minimum benda uji agregat kasar

Ukuran butiran maksimum nominal	Berat minimum (kg)
3 ½ "	35
3 "	30
2 ½ "	25
2 "	20
1 ½ "	15
1 "	10
¾ "	5
½ "	2
3/8 "	1

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

1) Ukuran maksimum nominal (butiran agregat) didefinisikan sebagai bukaan saringan terkecil dimana seluruh butiran agregat lolos.

2) Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan no. 4.

3) Selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah yang tercantum di atas. Benda uji disiapkan sesuai dengan PB-0208-76 kecuali apabila butiran yang melalui saringan no. 200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

b. Agregat Kasar

Tabel 3.10. Berat minimum benda uji agregat kasar

Ukuran butiran maksimum nominal	Berat minimum (kg)
3 ½"	35
3 "	30
2 ½"	25
2 "	20
1 ½"	15
1 "	10
½ "	5
¾ "	2
3/8"	1

Sumber : Petunjuk Praktikum Badan Jalan Perkerasan Jalan Raya. FTSP. ITN. Malang

1) Ukuran maksimum nominal (butiran agregat) didefinisikan sebagai bukaan saringan terkecil dimana sebarah butiran agregat lolos.

2) Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan no. 4.

3) Selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah yang tercantum di atas. Benda uji disiapkan sesuai dengan PB-0208-76 kecuali apabila butiran yang melalui saringan no. 200 tidak perlu dikurabui jumlahnya dan bila syarat-syarat keteliitan tidak mengharuskan pencucian.

3.6.5.4. Prosedur Penelitian

a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C, sampai berat tetap.

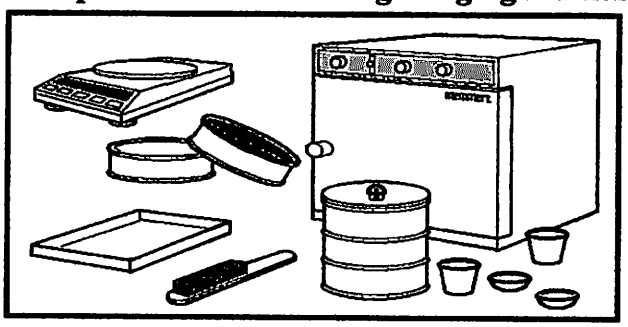
b. Saring benda uji melewati susunan saringan dengan ukuran lubang saringan paling besar ditempatkan paling atas. Guncang susunan saringan tersebut dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3.6.5.5. Perhitungan

a. Hitung prosentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

b. Laporan meliputi jumlah prosentase melalui masing-masing saringan atau jumlah prosentase di atas masing-masing saringan dalam bilangan bulat, serta menggambar grafik akumulatif.

Gambar 3.5. Aparatus Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar



3.6.3.4. Prosedur Pengeringan

a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap.

b. Saring benda uji melewati saringan dengan ukuran lubang saringan paling besar diantaranya paling atas. Ulangi susunan saringan tersebut dengan tutup atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3.6.3.5. Perhitungan

a. Hitung prosentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

b. Laporan meliputi jumlah prosentase melalui masing-masing saringan atau jumlah prosentase di atas masing-masing saringan dalam bilangan bulat, serta menggambar grafik akumulatif.

Gambar 3.5. Aparatus Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

3.6.6. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (AASHTO T-84-81)

3.6.6.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan (absorbsi) dari agregat halus.

a. Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
d. Penyerapan ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

3.6.6.2. Peralatan

a. Timbangan, berkapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml.

3.6.6. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (AASHTO T-84-81)

3.6.6.1. Maksud

Penentukan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan (absorbsi) dari agregat halus.

a. Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

d. Penyerapan ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

3.6.6.2. Peralatan

a. Timbangan, berkapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.

b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml.

c. Kerucut (cone) terpancung berdiameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.

d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 1) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.

e. Saringan no. 4.

f. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)°C.

g. Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C.

h. Talam.

i. Bejana tempat air.

j. Pompa hampa udara (vacuum pump) atau tungku.

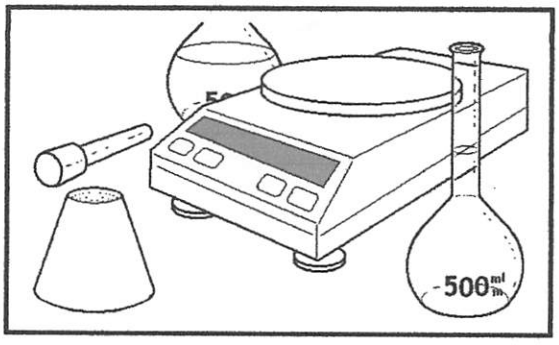
k. Air suling.

l. Desicator.

3.6.6.3. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan no. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempatan sebanyak 1000 gram.

Gambar 3.6. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



c. Kerucut (cone) terpancung berdiameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.

d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 1) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.

e. Saringan no. 4.

f. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk mempertahankan suhu (110 ± 5)°C.

g. Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C.

h. Talam.

i. Bejana tempat air.

j. Pompa hampa udara (vacuum pump) atau tungku.

k. Air curing.

l. Desikator.

3.6.6.3. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan no. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempatan sebanyak 1000 gram.

Gambar 3.6. Apparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

3.6.6.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C, sampai berat tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih dari 0,1%.

b. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.

c. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang. Tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh.

d. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali, kemudian angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak. Pengeringan dihentikan bila agregat sudah mencapai keadaan kering permukaan jenuh.

e. Segera setelah mencapai keadaan kering permukaan jenuh, masukkan 500 gram benda uji (agregat) ke dalam piknometer.

f. Masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini, dapat digunakan pompa hampa udara

3.6.6.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C. sampai beratnya. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah kesalahan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih dari 0.1%.

b. Dinginkan pada suhu ruang. kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.

c. Ilangi air perendam kali-kan. jangan ada butiran yang hilang. Tebarkan agregat di atas talam. keringkan di udara panas dengan cara memakik-bolikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tejadi kondisan kering permukaan jenuh.

d. Periksa kondisan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung. padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali. kemudian angkat kerucut terpancung. Kondisan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda uji runtuh tetapi masih dalam kondisan tercetak. Pengeringan dilemikkan bila agregat sudah mencapai kondisan kering permukaan jenuh.

e. Segera setelah mencapai kondisan kering permukaan jenuh, masukkan 500 gram benda uji (agregat) ke dalam piknometer.

f. Masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer. putar sambil digunacang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini, dapat digunakan pompa hampa udara

(vacuum stand), tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terisap. Selain menggunakan pompa hampa udara dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer dalam air.

g. Rendam piknometer dalam air dan buat suhu air menjadi suhu standar 25°C untuk perhitungan.

h. Tambahkan air sampai tanda batas.

i. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (B_t).

j. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desicator.

k. Setelah bendauji dingin, timbanglah (B_k).

l. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

3.6.6.5. Perhitungan

a. Berat jenis (bulk specific gravity) $= \dfrac{B_k}{(B+B_j-B_t)}$

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) $= \dfrac{B_j}{(B+B_j-B_t)}$

c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) $= \dfrac{B_k}{(B+B_k-B_t)}$

d. Penyerapan (absorbsi) $= \dfrac{(B_j-B_k)}{B_k} \times 100\%$

(*vacuum stand*). Jenis buras dipertahankan jangan sampai ada air yang ikut terisap. Selain menggunakan pompa hampa udara dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer dalam air.

g. Rendam piknometer dalam air dan buat suhu air menjadi suhu standar 25°C untuk perhitungan.

h. Tambahkan air sampai tanda batas.

i. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gram (B_2).

j. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.

k. Setelah benda uji dingin, timbanglah (B_4).

l. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

3.6.6.5. Perhitungan

a. Berat jenis (bulk specific gravity) = $\frac{B_4}{(B + B_1 - B_2)}$

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) = $\frac{B_1}{(B + B_1 - B_2)}$

c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) = $\frac{B_4}{(B + B_4 - B_2)}$

d. Penyerapan (absorbsi) = $\frac{(B_1 - B_4)}{B_4} \times 100\%$

dimana :

B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat piknometer berisi air (gr)

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

B_j = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

3.6.7. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (AASHTO T-85-81)

3.6.7.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan (absorbsi) dari agregat kasar.

a. berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
d. Penyerapan ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

dimana :

B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat piknometer berisi air (gr)

B_a = berat piknometer berisi benda uji dalam air (gr)

B_j = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

3.6.7. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (AASHTO T-85-81)

3.6.7.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan (absorbsi) dari agregat kasar.

a. berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

d. Penyerapan ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

3.6.7.2. Peralatan

a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no. 6 atau no. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.

b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.

c. Timbangan, berkapasitas 5 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.

d. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)°C.

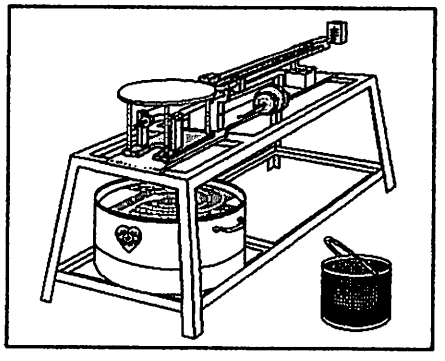
e. Alat pemisah contoh (sample splitter).

f. Saringan no. 4.

3.6.7.3. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempatan sebanyak 5 kg.

Gambar 3.7. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



3.6.7.2. Peralatan

a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no. 6 atau no. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.

b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemerikasaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga pemindahan air sedalu tetap.

c. Timbangan. berkapasitas 5 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.

d. Oven. yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk mempertahankan sampai (110 ± 5)°C.

e. Alat pemisah contoh (sample splitter).

f. Saringan no. 4.

3.6.7.3. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara pengempalan sebanyak 5 kg.

Gambar 3.7. Alparatus Pemerikasaan Berat Jenis Agregat Kasar

3.6.7.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.

b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 110°C sampai berat tetap.

c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 sampai 3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,3 gram (B_k).

d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.

e. Keluarkan benda uji dari air, keringkan benda uji dengan mengelap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaannya hilang (kondisi SSD). Untuk butiran yang besar, pengeringan harus satu-persatu.

f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j).

g. Timbang benda uji di dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya dalam air (B_a). Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).

3.6.7.5. Perhitungan

a. Berat jenis (bulk specific gravity) $= \dfrac{B_k}{(B_j - B_a)}$

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) = $\dfrac{B_j}{(B_j - B_a)}$

c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) $= \dfrac{B_k}{(B_k - B_a)}$

3.6.7.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.

b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 110°C sampai berat tetap.

c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 sampai 3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,3 gram (B_k).

d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.

e. Keluarkan benda uji dari air, keringkan benda uji dengan menggelap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaannya hilang (kondisi SSD). Untuk butiran yang besar, pengeringan harus satu-persatu.

f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j).

g. Timbang benda uji di dalam keranjang, goncangkan batunya untuk menghilangkan udara yang terekap dan tentukan beratnya dalam air (B_a). Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).

3.6.7.5. Perhitungan

a. Berat jenis (bulk specific gravity) = $\frac{B_k}{(B_j - B_a)}$

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) = $\frac{B_j}{(B_j - B_a)}$

c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) = $\frac{B_k}{(B_k - B_a)}$

d. Penyerapan (absorbsi) $= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$

dimana :

B_k = berat benda uji kering oven (kg)

B_j = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (kg)

B_a = benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (kg)

3.6.8. Pengujian Keausan Agregat dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles (AASHTO T-96-77(1982))

3.6.8.1. Maksud

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm (1 ½") terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles*.

3.6.8.2. Peralatan

a. Mesin Abrasi Los Angeles, yaitu mesin yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (28") dan panjang 50 cm (20"). Silinder ini bertumpu pada dua poros pendek tidak menerus yang berputar pada poros mendatar. Silinder mempunyai lubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56").

d. Penyerapan (absorbsi) = $\frac{B - I}{B_k} \times 100\%$

dimana :

B_k = berat benda uji kering oven (kg)

B_j = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (kg)

B_a = benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (kg)

3.6.8. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Pengujian Alat Abrasi Los Angeles (AASHTO T-96-77(1982))

3.6.8.1. Maksud

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm (1 ½") terhadap keausan menggunakan alat Los Angeles.

3.6.8.2. Peralatan

a. Mesin Abrasi Los Angeles, yaitu mesin yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (28") dan panjang 50 cm (20"). Silinder ini bertumpu pada dua poros pendek tidak mencerus yang berputar pada poros mendatar. Silinder mempunyai lubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang pemb setinggi 8,9 cm (3,50").

b. Bola-bola baja mempunyai diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.

c. Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 ½") sampai 2,38 mm (N0. 8).

d. Timbangan dengan kapasitas 5000 gram dan dengan ketelitian 1 gram.

e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, memanasi sampai (110 ±5)°C.

3.6.8.3. Benda Uji

Benda uji harus bersih. Bila benda uji masih mengandung kotoran, debu, bahan organik atau terselimuti oleh bahan lain, maka benda uji harus dicuci dahulu sampai bersih kemudian dikeringkan dalam suhu (110 ±5)°C.

Pisahkan benda uji ke dalam masing-masing fraksi kemudian digabungkan sesuai dengan daftar berikut.

Tabel 3.11. Daftar Berat dan Gradasi Benda Uji

Ukuran saringan				Berat dan gradasi benda uji (gram)			
Lewat (mm)		Tertahan (mm)		A	B	C	D
37,5	(1 ½")	25,0	(1")	1250 ± 25	-	-	-
25,0	(1")	19,0	(3/4")	1250 ± 25	-	-	-
19,0	(3/4")	12,5	(1/2")	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
12,5	(1/2")	9,5	(3/8")	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
9,5	(3/8")	6,3	(1/4")	-	-	2500 ± 25	-
6,3	(1/4")	4,75	(No.4)	-	-	2500 ± 25	-
4,75	(No.4)	2,36	(No. 8)	-	-	-	5000 ± 10
Total				5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Jumlah bola				12	11	8	6
Berat bola (gram)				5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 25	2500 ± 25

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

b. Bola-bola baja mempunyai diameter rata-rata 4,65 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.

c. Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 ½") sampai 2,36 mm (No. 8).

d. Timbangan dengan kapasitas 5000 gram dan dengan ketelitian 1 gram.

e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, mempunyai sampai (110 ±5)°C.

3.6.8.3. Benda Uji

Benda uji harus bersih. Jika benda uji masih mengandung kotoran, debu, bahan organik atau tersalimuti oleh bahan lain, maka benda uji harus dicuci dahulu sampai bersih kemudian dikeringkan dalam suhu (110 ±5)°C.

Pisahkan benda uji ke dalam masing-masing fraksi kemudian digabungkan sesuai dengan daftar berikut.

Tabel 3.11. Daftar Berat dan Gradasi Benda Uji

Ukuran saringan		Berat dan gradasi benda uji (gram)			
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	A	B	C	D
37,5 (1 ½")	25,0 (1")	1250 ± 25	-	-	-
25,0 (1")	19,0 (¾")	1250 ± 25	-	-	-
19,0 (¾")	12,5 (½")	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
12,5 (½")	9,5 (⅜")	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
9,5 (⅜")	6,3 (¼")	-	-	2500 ± 25	-
6,3 (¼")	4,75 (No.4)	-	-	2500 ± 25	-
4,75 (No.4)	2,36 (No. 8)	-	-	-	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Jumlah bola		12	11	8	6
Berat bola (gram)		5000 ± 25	4584 ± 25	3350 ± 25	2500 ± 25

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya. FTSP. ITN. Malang

3.6.8.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles dan mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500±1 putaran.

b. Setelah selesai putaran, benda uji dikeluarkan, disaring dengan saringan 4,75 mm (No. 4) dan 1,7 (No. 12). Butiran yang lebih besar dari 1,7 mm (tertahan di kedua saringan tersebut) dicuci bersih, dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ±5)°C sampai berat menjadi tetap. Kemudian timbang dengan ketelitian 5 gram.

3.6.8.5. Perhitungan

$$\text{Nilai keausan Los Angeles} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

dimana :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan di saringan No. 12 (dan No. 4) (gram)

3.6.9. Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen (AASHTO T-49-80) (ASTM D-5-71)

3.6.9.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu, beban, dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu.

3.6.8.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles dan mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500±1 putaran.

b. Setelah selesai putaran, benda uji dikeluarkan, disaring dengan saringan 4,75 mm (No. 4) dan 1,7 (No. 12). Butiran yang lebih besar dari 1,7 mm (tertahan di kedua saringan tersebut) dicuci bersih, dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ±5)°C sampai beratnya tetap. Kemudian timbang dengan ketelitian 5 gram.

3.6.8.5. Perhitungan

$$\text{Nilai kekausan Los Angeles} = \frac{a - b}{a} \times 100\ \%$$

dimana :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan di saringan No. 12 (dan No. 4) (gram)

3.6.9. Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen (AASHTO T-49-89) (ASTM D-5-73)

3.6.9.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu beban, dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu.

3.6.9.2. Peralatan

a. Alat penetrasi yang dapat menggerakkan pemegang jarum naik turun tanpa gesekan dan dapat mengukur penetrasi sampai 0,1 mm.

b. Pemegang jarum seberat (47,5 ± 0,05) gr yang dapat dilepas dengan mudah dari alat penetrasi untuk peneraan.

c. Pemberat sebesar (50 ± 0,05) gr dan (100 ± 0,05) gr masing-masing dipergunakan untuk pengukuran penetrasi dengan beban 100 gr dan 200 gr.

d. Jarum penetrasi dibuat dari stainless steel mutu 44°C, atau HRC 54 sampai 60. ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.

e. Cawan contoh terbuat dari logam atau gelas berbentuk silinder dengan dasar yang rata-rata berukuran sebagai berikut :

Tabel 3.12. Ukuran Cawan Penetrasi

Penetrasi	Diameter	Dalam
Di bawah 200	55 mm	35 mm
200 sampai 300	70 mm	45 mm

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

f. Bak perendam (waterbath)

Terdiri dari bejana dengan isi tidak kurang dari 10 liter dan dapat menahan suhu tertentu dengan ketelitian lebih kurang 0,1°C. Bejana dilengkapi dengan pelat dasar berlubang-lubang, terletak 50 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di bawah permukaan air dalam bejana.

g. Tempat air untuk benda uji ditempatkan di bawah alat penetrasi.

3.6.9.2. Peralatan

a. Alat penetrasi yang dapat menggerakkan pemegang jarum naik turun tanpa geseken dan dapat mengukur penetrasi sampai 0.1 mm.

b. Pemegang jarum seberat (47.5 ± 0.05) gr yang dapat dilepas dengan mudah dari alat penetrasi untuk penerapan.

c. Pemberat sebesar (50 ± 0.05) gr dan (100 ± 0.05) gr masing-masing dipergunakan untuk pengukuran penetrasi dengan beban 100 gr dan 200 gr.

d. Jarum penetrasi dibuat dari stainless steel mutu 440°C, atau HRC 54 sampai 60, ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.

e. Cawan contoh terbuat dari logam atau gelas berbentuk silinder dengan dasar yang rata-rata berukuran sebagai berikut :

Tabel 3.12. Ukuran Cawan Penetrasi

Penetrasi	Diameter	Dalam
10 hingga 200	55 mm	35 mm
200 sampai 300	70 mm	45 mm

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya. PTSP. ITN. Malang

f. Bak perendam (waterbath)

Terdiri dari bejana dengan isi tidak kurang dari 10 liter dan dapat mempertahankan suhu tertentu dengan ketelitian lebih kurang 0.1°C. Bejana dilengkapi dengan pelat dasar berlubang-lubang, terletak 50 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di bawah permukaan air dalam bejana.

g. Tempat air untuk benda uji ditempatkan di bawah alat penetrasi.

Tempat tersebut mempunyai isi tidak kurang dari dari 350 ml dan tinggi yang cukup untuk merendam benda uji tanpa bergerak.

h. Pengukuran waktu.

Untuk pengukuran penetrasi dengan tangan diperlukan stop watch dengan skala pembagian terkecil 0,1 detik atau kurang, dan kesalahan tertinggi 0,1 detik per detik. Untuk pengukuran penetrasi dengan alat otomatis, kesalahan alat tersebut tidak boleh melebihi 0,1 detik.

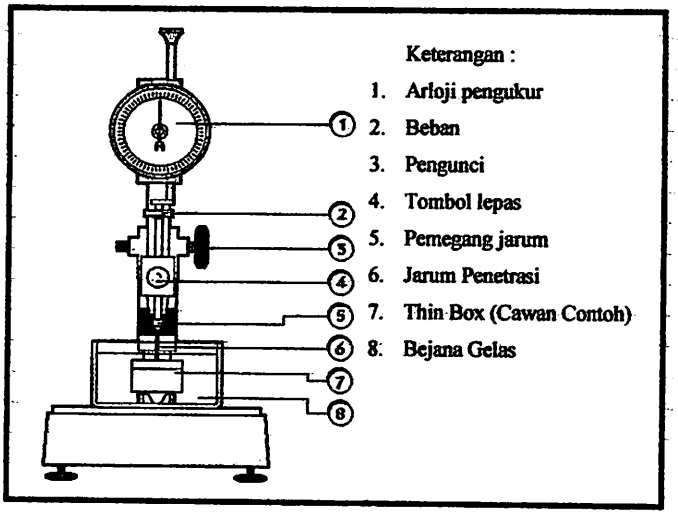
i. Termometer.

3.6.9.3. Benda Uji

Panaskan contoh perlahan-lahan serta aduklah hingga cukup cair untuk dapat dituangkan. Pemanasan contoh untuk ter tidak lebih dari 60°C di atas titik lembek, dan untuk bitumen tidak lebih dari 90°C di atas titik lembek. Waktu pemanasan tidak boleh melebihi 30 menit. Aduklah perlahan-lahan agar udara tidak masuk ke dalam contoh. Setelah contoh merata, tuangkan ke dalam tempat contoh dan diamkan hingga dingin, tinggi contoh dalam tempat tersebut tidak kurang dari angka penetrasi ditambah 10 mm. Buatlah dua benda uji (duplo). Tutup benda uji agar bebas dari debu dan diamkan pada suhu ruang selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil dan 1,5 sampai 2 jam untuk yang besar.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

Gambar 3.8. Alat Penetrasi



3.6.9.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut ke dalam bak perendam yang telah berada pada suhu yang ditentukan. Diamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil dan 1,5 sampai 2 jam untuk benda uji besar.

b. Periksalah pemegang jarum agar jarum dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan toluene atau pelarut lain kemudian keringkan jarum tersebut dengan lap bersih dan pasanglah jarum pada pemegang jarum.

c. Letakkan pemberat 50 gr di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar (100 ± 0,1) gram.

d. Pindahkan tempat air dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.

e. Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer sehingga jarum penunjuk berimpit dengannya.

۳.۴.۵.۴ آزمون آبگذاری

ه. آبگذاری نمونه در آزمایشگاه باید با استفاده از دستگاه آزمایش تک محوری انجام شود. نمونه باید در داخل سلول آزمایش قرار گیرد و فشار جانبی حداقل ۱۰۰ کیلوپاسکال اعمال شود. سپس شیر زهکش باز شده و اجازه داده شود نمونه تحت فشار جانبی تحکیم یابد. در طول آزمایش فشار جانبی باید ثابت نگه داشته شود.

و. آزمایش باید با اعمال فشار آب منفذی در انتهای نمونه شروع شود. فشار آب منفذی باید به آرامی افزایش یابد تا زمانی که فشار آب منفذی در انتهای نمونه برابر با فشار آب منفذی اعمالی شود.

ز. فشار تحکیم همسان باید به آرامی اعمال شود تا زمانی که فشار آب منفذی در انتهای نمونه برابر با فشار آب منفذی اعمالی شود.

ح. آزمایش باید با سرعت کرنش ثابت انجام شود. سرعت کرنش باید به گونه‌ای انتخاب شود که زمان شکست نمونه حداقل ۱۵ ساعت باشد.

ط. آزمایش باید تا زمانی که نمونه به شکست برسد یا تا زمانی که کرنش محوری به ۲۰ درصد برسد ادامه یابد.

شکل ۳.۸. دانه آزمایش

f. Lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan stopwatch selama (5 ± 0,1) detik.

g. Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk. Bulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat.

h. Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.

i. Lakukan pekerjaan a sampai dengan g di atas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dari tepi dinding lebih dari 1 cm.

3.6.9.5. Perhitungan

Nilai penetrasi dinyatakan sebagai rata-rata dari sekurang-kurangnya 3 pembacaan dengan ketentuan bahwa hasil-hasil pembacaan tidak melampaui ketentuan pada tabel 3.11

Tabel 3.13. Toleransi Untuk Hasil Penetrasi

Hasil Penetrasi	0 – 49	50 - 149	150 – 199	200
Toleransi	2	4	6	8

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

Apabila perbedaan antara masing-masing pembacaan melebihi toleransi, pemeriksaan harus diulangi.

3.6.10. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar (AASHTO T-48-81) (ASTM D-92-52)

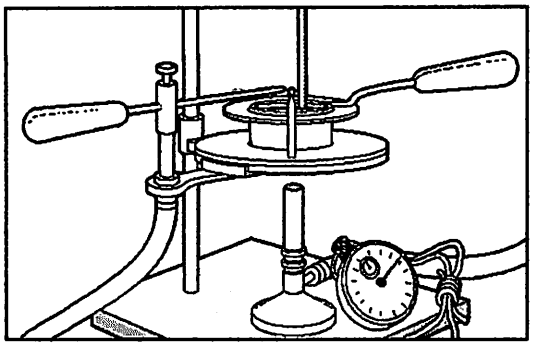
3.6.10.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan-bahan lainnya yang mempunyai titik nyala oven cup kurang dari 79°C. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal.

3.6.10.2. Peralatan

a. Cawan kuningan (cleveland cup)
b. Termometer
c. Nyala penguji, yaitu nyala api yang dapat diatur dan memberikan nyala dengan diameter 3,2 sampai 4,8 mm dengan panjang tabung 7,5 cm.
d. Pemanas, pembakaran gas atau tungku listrik atau pembakar alkohol yang tidak menimbulkan asap atau nyala di sekitar atas cawan.
e. Stopwatch
f. Penahan angin, alat yang menahan angin apabila digunakan nyala sebagai pemanasan.

Gambar 3.9. Alat Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar



3.6.10.3. Benda Uji

Panaskan benda uji aspal antara 148,9°C sampai 176°C sampai cukup cair. Kemudian isikan pada cawan cleveland sampai garis pembatas dan hilangkan (pecahkan) gelembung udara yang ada pada permukaan cairan.

3.6.10.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Letakkan cawan di atas nyala pemanas tepat di bawah titik tengah cawan.
b. Letakkan nyala penguji dengan poros pada jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
c. Pasanglah termometer, nyalakan kompor dan atur pemanasan sehingga kenaikan suhu adalah 15°C per menit sampai mencapai suhu 56°C di bawah titik nyala yang diperkirakan untuk selanjutnya kenaikan suhu 5°C sampai 6°C per menit.
d. Tempatkan penahan angindi depan nyala penguji.

e. Nyalakan sumber pemanas dan aturlah pemanas sehingga kenaikan suhu menjadi (15 ± 1) °C per menit sampai benda uji mencapai 56°C di bawah titik nyala perkiraan.

f. Kemudian aturlah kecepatan pemanasan 5°C sampai 6°C permenit pada suhu antara 56°C dan 28°C di bawah titik nyala perkiraan.

g. Nyalakan nyala penguji dan aturlah agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 sampai 4,8 mm.

h. Putarlah nyala penguji sehingga melalui permukaan cawan (dari tepi ke tepi cawan) dalam waktu satu detik. Ulangilah pekerjaan tersebut setiap kenaikan 2°C.

i. Lanjutkan pekerjaan f sampai h sampai terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada termometer dan catat.

j. Lanjutkan pekerjaan i sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang-kurangnya 5 detik di atas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada termometer dan catat.

3.6.10.5. Perhitungan

Laporkan hasil rata-rata pemeriksaan ganda (duplo) sebagai titik nyala benda uji, dengan toleransi sebagai berikut :

Tabel 3.14. Toleransi Untuk Hasil Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik nyala dan titik bakar	Ulangan oleh satu orang dengan satu alat	Ulangan oleh beberapa orang dengan satu alat
Titik nyala 175°F sampai 550°F	5°F (2°C)	10°F (5,5°C)
Titik bakar lebih dari	10°F (5,5°C)	15°F (8°C)

Sumber : Petunjuk Praktikum Bahan Jalan Perkerasan Jalan Raya, FTSP, ITN, Malang

3.6.11. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal dan Ter (AASHTO T-53-89)

3.6.11.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C sampai 200°C.Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun suatu aspal atau ter yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal dan ter tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

3.6.11.2. Peralatan

a. Cincin kuningan
b. Bola baja, berdiameter 9,53 mm dengan berat 3,45 gr sampai 3,55 gr.
c. Dudukan benda uji, lengkap dengan pengarah bola baja dan plat dasar yang mempunyai jarak tertentu.
d. Bejana gelas tahan pemanasan mendadak dengan diameter dalam 8,5 cm, tinggi ± 12 cm.

Tabel 3.14. Toleransi Untuk Hasil Tidak Nyata dan Tidak Baker

Tidak nyata dan tidak baker	Hanyan oleh satu orang dengan satu alat	Hanyan oleh dengan beberapa orang dengan satu alat
Tidak nyata 175°F sampai 550°F	5°F (2,5°C)	10°F (5,5°C)
Tidak baker lebih dari	10°F (5,5°C)	15°F (8°C)

Sumber: Petunjuk Praktikum Dalam Jalan Perkerasan Jurusan Teknik Sipil, ITN, Malang

3.6.11. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal dan Ter (ASSHTO T-53-09)

3.6.11.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mencari titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun suatu aspal atau ter yang terletak dalam cincin horizontal tertentu, sehingga aspal dan ter tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kenaikan temperatur pada tempat tersebut.

3.6.11.2. Peralatan

a. Cincin kuningan.

b. Bola baja, berdiameter 9,53 mm, berat 3,45 gr sampai 3,55 gr.

c. Dudukan bendo titik longlap dengan pengarah untuk bola dan dasar yang mempunyai jarak tertentu.

d. Bejana gelas tahan panas isinya melebihi dengan diameter dalam 8,5 cm, tinggi ± 12 cm.

e. Termometer.

f. Penjepit.

g. Alat pengarah bola.

3.6.11.3. Benda Uji

Panaskan benda uji perlahan-lahan sambil diaduk terus menerus hingga cair merata. Pemanasan dan pengadukan dilakukan perlahan-lahan agar gelembung-gelembung udara tidak masuk.

Setelah cair merata tuangkan contoh ke dalam dua buah cincin. Suhu pemanasan ter tidak melebihi 56°C di atas titik lembeknya dan untuk aspal tidak melebihi 111°C di atas titik lembeknya.

Panaskan 2 buah cincin sampai mencapai suhu tuang contoh, dan letakkan kedua cincin di atas pelat kuningan yang telah dilapisi campuran talk dan sabun.

Tuangkan contoh. Kemudian tuang contoh ke dalam 2 buah cincin, diamkan pada suhu ± 8°C di bawah titik lembeknya sekurang-kurangnya 30 menit.

Setelah dingin, ratakan permukaan contoh dalam cincin dengan pisau yang telah dipanaskan.

3.6.11.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Pasang dan aturlah kedua benda uji di atas dudukan dan letakkan pengarah bola di atasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas.

b. Isilah bejana dengan air suling baru, dengan suhu (5 ± 1)°C sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 sampai 108 mm.

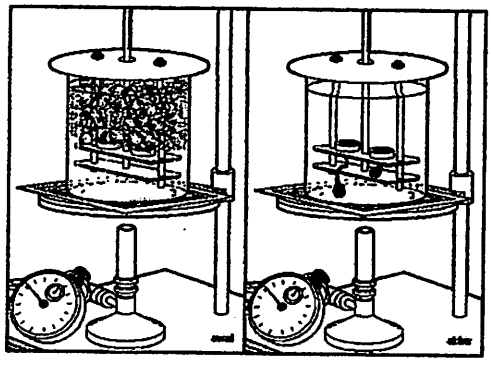
c. Letakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini di antara kedua benda uji (± berjarak 12,7 mm dari tiap cincin).

d. Periksa dan aturlah jarak antara permukaan pelat dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.

e. Letakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C di atas permukaan bagian tengah masing-masing benda uji yang bersuhu 5°C menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola.

f. Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C per menit sebagai kecepatan pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini. Untuk 3 menit pertama perbedaan kecepatan tidak boleh melebihi 0,5°C.

Gambar 3.10. Pemeriksaan Titik Lembek



3.6.12. Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen (AASHTO T-51-81)

3.6.12.1. Maksud

Maksud dari pemeriksaan ini adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

3.6.12.2. Peralatan

a. Termometer.

b. Cetakan daktilitas kuningan

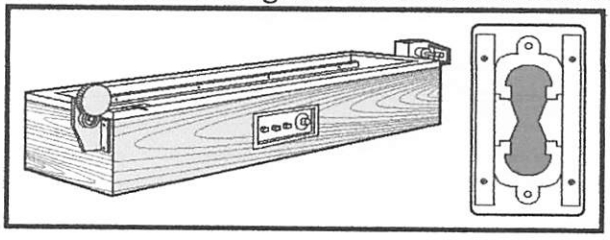
c. Bak perendam isi 10 liter yang dapat menjaga suhu tertentu selama pengujian dengan ketelitian 0,1°C dan benda uji dapat direndam sekurang-kurangnya 10 cm di bawah permukaan air.

d. Mesin uji dengan ketentuan sebagai berikut :

   1. Dapat menarik baja dengan kecepatan yang tetap
   2. Dapat menjaga benda uji tetap terendam dan tidak menimbulkan getaran selama pemeriksaan.

e. Methyl alkohol teknik dan sodium klorida teknik.

Gambar 3.11. Mesin Pengukur dan Cetakan Daktilitas



3.6.12.3. Benda Uji

Lapisi semua bagian dalam cetakan daktilitas dan bagian atas pelat dasar dengan campuran glycerin dan dextrin atau glycerin dan kaolin atau amalgam. Kemudian pasanglah cetakan daktiliutas di atas pelat dasar. Panaskan contoh aspal kira-kira 100 gram sehingga cair dan dapat dituang. Untuk menghindari pemanasan setempat, lakukan dengan hati-hati.

Pemanasan dilakukan sampai suhu antara 80°C sampai 100°C di atas titik lembek. Kemudian saring contoh dengan saringan no. 59 dan setelah diaduk, tuanglah dalam cetakan dengan hati-hati dari ujung ke ujung hingga penuh berlebihan.

Dinginkan cetakan pada suhu ruang 30 sampai 40 menit lalu pindahkan seluruhnya ke dalam bak perendam yang telah disiapkan pada suhu pemeriksaan (sesuai dengan spesifikasi) selama 30 menit. Kemudian ratakan contoh yang berlebihan dengan pisau (spatula) panas sehingga cetakan terisi penuh dan rata.

3.6.12.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Benda uji didiamkan pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi cetakannya.
b. Pasanglah benda uji pada mesin uji dan tariklah benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus. Perbedaan kecepatan lebih kurang 5% masih diijinkan.

c. Bacalah jarak antara pemegang cetakan, pada saat benda uji putus (dalam cm). Selama percobaan berlangsung benda uji harus terendam sekurang-kurangnya 2,5 cm dari air dan suhu harus dipertahankan tetap (25 ± 9,5) °C.

3.6.13. Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter (AASHTO T-226-79)

3.6.13.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dan ter dengan piknometer. Berat jenis bitumen atau ter adalah perbandingan antara berat bitumen atau ter dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

3.6.13.2. Peralatan

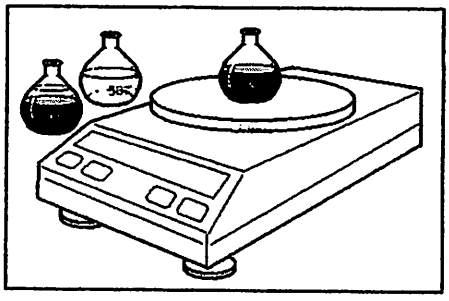
a. Termometer.
b. Bak perendam yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan ketelitian (25 ± 0,1)°C.
c. Piknometer.
d. Air suling sebanyak 1000 cm^3.
e. Bejana gelas.
f. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.

3.6.13.3. Benda Uji

Panaskan contoh bitumen keras sejumlah 50 gram sampai menjadi cair, dan aduklah untuk mencegah pemanasan setempat. Pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit pada suhu 56°C di atas titik lembek.

Tuangkan contoh tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi ¾ bagian.

Gambar 3.12. Pemeriksaan Berat Jenis dan Ter



3.6.13.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Isilah bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang terendam 40 mm. Kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sehingga terendam sekurang-kurangya 100 mm. Aturlah suhu bak perendam pada 25°C.
b. Bersihkan, keringkan dan timbang piknometer dengan ketelitian 1 mg (A).
c. Angkatlah bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
d. Letakkan piknometer ke dalam bejana dan tekanlah penutup hingga rapat, kembalikan bejana berisi piknometer ke dalam bak perendam. Diamkan bejana tersebut di dalam bak perendam selama sekurang-

kurangnya 30 menit, kemudian angkatlah piknometer dan keringkan dengan lap. Timbanglah dengan ketelitian 1 mg (B).

e. Tuangkan benda uji tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi ¾ bagian.

f. Biarkan piknometer sampai dingin, waktu tidak kurang dari 40 menit dan timbanglah dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg (C).

g. Isilah piknometer (yang telah berisi benda uji) tersebut dengan air suling dan tutuplah tanpa ditekan. Diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar.

h. Angkatlah bejana dari bak perendam dan letakkan piknometer di dalamnya dan kemudian tekanlah penutup hingga rapat. Masukkan dan diamkan bejana ke dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit. Setelah itu angkat, keringkan dan timbanglah piknometer (D).

3.6.13.5. Perhitungan

Hitunglah berat jenis dengan rumus :

$$BJ = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)}$$

dimana :

A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram)

3.6.14. Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal

(AASHTO T-47-82)

3.6.14.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menetapkan penurunan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam prosen berat semula.

3.6.14.2. Peralatan

a. Termometer

b. Oven yang dilengkapi dengan :

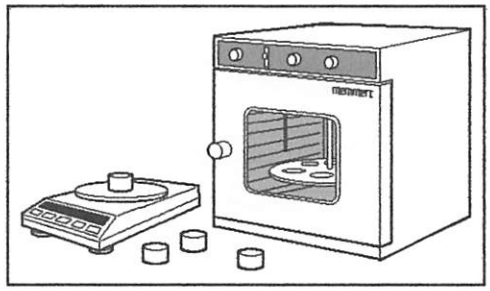
1. Pengatur suhu untuk memanasi sampai (!80 ± 1)°C.
2. Pinggan logam berdiameter 25 cm, menggantung dalam oven pada poros vertikal dan berputar dengan kecepatan 5 sampai 6 putaran per menit.

c. Cawan

Logam atau gelas berbentuk silinder dengan dasar yang rata berdiameter dalam 15 mm dan tinggi 35 mm.

d. Neraca analitik, dengan kapasitas (200 ± 0,001) gram.

Gambar 3.13. Aparatus Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal



3.6.14.3. Benda Uji

a. Sebelum dilakukan pemanasan lakukan pada benda uji pengujian Penetrasi (AASHTO T 49-80); Titik lembek (AASHTO T 53-89); dan daktilitas (AASHTO T 51-81) sesuai prosedur yang ada.
b. Persiapan pemanasan. Aduklah contoh minyak atau aspal serta panaskan bila perlu untuk mendapatkan campuran yang merata.
c. Tuangkan contoh kira-kira (50,0 ± 0,5) gram ke dalam cawan dan setelah dingin timbanglah dengan ketelitian 0,01 gram (A).
d. Benda uji yang diperiksa harus bebas air.
e. Siapkan benda uji ganda (duplo).

3.6.14.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Letakkan benda uji di atas pinggan setelah oven mencapai suhu (163 ± 1)°C.
b. Pasanglah termometer pada dudukannya sehinggan terletak pada jarak 1,9 cm dari pinggir pinggan dengan ujung 6 mm di atas pinggan.
c. Ambillah benda uji dari oven setelah 5 jam sampai 5 jam 15 menit.
d. Dinginkan benda uji pada suhu ruang kemudian timbanglah dengan ketelitian 0,01 gram (B).
e. Lakukan kembali pada pengetesan Penetrasi (AASHTO T 49-80); Titik lembek (AASHTO T 53-89); dan daktilitas (AASHTO T 51-81) sesuai prosedur yang ada.

3.6.1.3. Benda Uji

a. Spesimen diambil secara purposive berdasarkan benda uji pengujian Proctor (AASHTO T 49-80) dan kepadatan (AASHTO T 99-80) dan dakhilitas (AASHTO T 31-81) sesuai prosedur yang ada.

b. Pengujian permeasi. Adsorbsi contoh minyak atau tepol serta pemisahan bila perlu untuk mendapatkan komponen yang murni.

c. Timbangkan contoh kira-kira (500.0 ± 0,5) gram ke dalam cawan dan catatlah dengan ketelitian 0,01 gram (A).

d. Contoh uji yang dipercaya harus sebanyak

e. Siapkan benda uji pada (duplo).

3.6.1.4. Prosedur Pelaksanaan

a. Letakkan benda uji di atas pinggan aroleh oven mempor suhu (105 ± 1)°C.

b. Pasangkan termometer pada dudukannya sehingga terbenak pada jarak 1,5 cm dari pinggir pinggan dengan tidak menyentuh atas pinggan.

c. Ambillah benda uji dari oven setelah 5 jam sampai 5 jam 15 menit.

d. Dinginkan benda uji pada suhu ruang kemudian timbanglah dengan ketelitian 0,01 gram (B).

e. Hitunglah kandungan pada pengujian Proctasi (AASHTO T 49-80), Titik lembek (AASHTO T 53-80), dan dakhilitas (AASHTO T 31-81) sesuai prosedur yang ada.

3.6.14.5. Perhitungan

$$\text{Penurunan berat} = \frac{A - B}{A} \times 100\,\%$$

dimana :

A = berat cawan + contoh sebelum diuji (gram)

B = berat cawan + contoh setelah diuji (gram)

3.6.15. Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis

Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan prosentase agregat yang lolos pada masing-masing saringan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan Metode Grafis tipe A seperti contoh pada grafik 2.1. Berikut cara menentukan proporsi masing-masing fraksi agregat.

1. Proporsi dari agregat kasar ditentukan dengan menarik garis vertikal sehingga jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat kasar = jarak dari tepi atas ke garis gradasi agregat sedang. Nilai proporsi agregat kasar ditunjukkan oleh besarnya persen lolos yang diperoleh dari perpotongan garis vertikal tersebut dengan tepi atas. Jarak dari tepi atas ke garis gradasi fraksi agregat sedang adalah **a**, yang sama panjang dengan jarak dari garis gradasi fraksi agregat kasar ke tepi bawah.
2. Proporsi dari agregat halus, ditentukan dengan menarik garis vertical sehingga jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat halus = jarak dari tepi atas ke garis gradasi agregat kasar ditambah dengan

3.6.1.4.3. Perhitungan

$$\text{Persentase berat} = \frac{A - B}{I} \times 100\%$$

dimana :

A = berat cawan + contoh sebelum dipijar, gram

B = berat cawan + contoh setelah dipijar, gram

3.6.1.5. Perhitungan Presentase Agregat dengan Gelatan Ganda

Setelah melakukan pengujian dan analisa dengan menggunakan metode gelatan ganda, maka dapat diperoleh suatu hasil yang berupa persentase agregat yang lolos pada masing-masing saringan dengan menggunakan metode Granulometry a dilating proporsi agregat. Dalam menyelesaikan persentase dengan metode Granulometry ini ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu :

1. Proporsi dari agregat A dan dimasukkan ke dalam mesin pengaduk (mixer) bersama dengan bahan pengikat dan bahan pengisi lainnya. Setelah agregat tersebut dicampur dengan bahan pengikat dan bahan pengisi lainnya, maka agregat tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang berbentuk silinder dan dipadatkan dengan menggunakan penumbuk yang telah ditentukan jumlah tumbukannya. Setelah agregat tersebut dipadatkan dengan jumlah tumbukan yang telah ditentukan, maka agregat tersebut dikeluarkan dari cetakan dan ditimbang.

2. Proporsi dari agregat B dan dimasukkan ke dalam mesin pengaduk (mixer) bersama dengan bahan pengikat dan bahan pengisi lainnya. Setelah agregat tersebut dicampur dengan bahan pengikat dan bahan pengisi lainnya, maka agregat tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang berbentuk silinder dan dipadatkan dengan menggunakan penumbuk yang telah ditentukan jumlah tumbukannya. Setelah agregat tersebut dipadatkan dengan jumlah tumbukan yang telah ditentukan, maka agregat tersebut dikeluarkan dari cetakan dan ditimbang.

jarak dari tepi bawah ke garis gradasi agregat sedang. Jarak dari tepi atas ke garis gradasi fraksi agregat halus adalah **x**, yang sama panjang dengan jarak dari garis gradasi fraksi agregat kasar ke tepi bawah, **c**, ditambah dengan jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat sedang, **b**. Jadi x = b + c.

3. Nilai proporsi agregat halus ditunjukkan oleh besarnya persen lolos yang diperoleh dari perpotongan garis vertikal tersebut dengan garis gradasi tengah spesifikasi agregat campuran dengan tepi bawah. Proporsi agregat sedang adalah 100% dikurangi proporsi agregat kasar dan dikurangi proporsi agregat halus.

3.6.16. Pembuatan Sampel dan Pengujian Sampel

1. Persiapan dan pengeringan agregat dalam oven selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air dalam agregat.

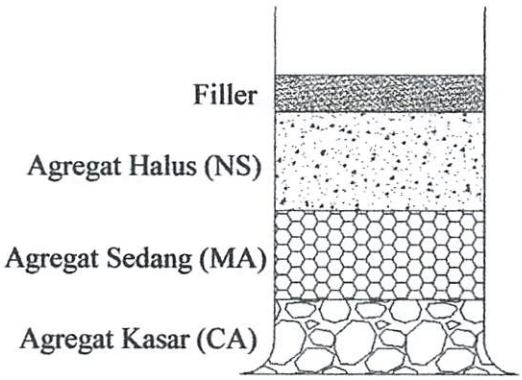
Gambar 3.14. Agregat Kasar, Sedang, Halus Serta Bahan Filler



2. Penimbangan agregat sesuai proporsi campuran.

Gambar 3.15. Penimbangan Agregat Kasar, Sedang, Halus Serta Filler





3. Pemanasan aspal sampai suhu ± 140°C.

Gambar 3.16. Pemanasan dan Pengukuran Suhu Aspal



4. Pemanasan agregat sampai suhu 140°C dan pencampuran agregat dengan aspal sesuai prosentase perencanaan sampai tercampur rata.

Gambar 3.17. Pemanasan Agregat, Penambahan Aspal dan Pencampuran Agregat dengan Aspal







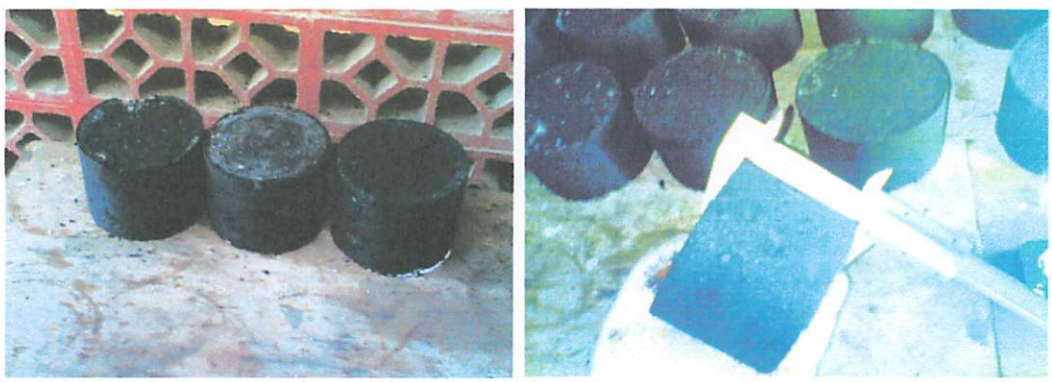
5. Pencetakan sampel dan penumbukan sebanyak 2 x 75 bolak-balik.

Gambar 3.18. Pencetakan Sampel dan Penumbukan Sampel



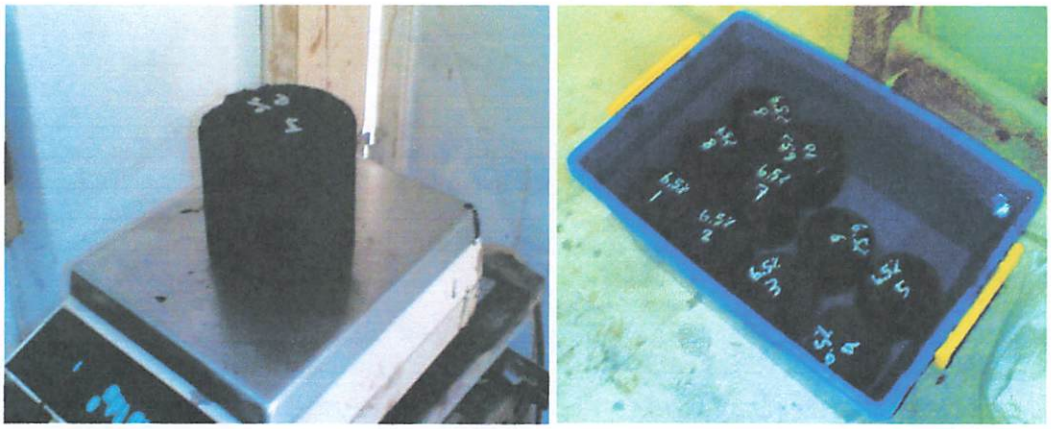
6. Pendinginan sampel selama 24 jam serta pengukuran tinggi pada 3 titik dan pengukuran diameter.

Gambar 3.19. Pendinginan dan Pengukuran Sampel



7. Penimbangan sampel dan perendaman selama 24 jam dalam air pada suhu ruangan.

Gambar 3.20. Penimbangan Berat Sampel dan Perendaman Sampel



8. Penimbangan berat sampel dalam air dan SSD (kering permukaan jenuh).

Gambar 3.21. Penimbangan Berat Sampel dalam Air dan SSD



7. Perimbangan sampel dan pori-pori lainnya sesuai dengan [illegible] pada

[illegible]

Gambar 3.24 Perimbangan dan Bentuk Sampel dan Pori-pori lainnya

8. Perimbangan sampel dengan bentuk [illegible] pada pori-pori

lainnya

Gambar 3.25 Perimbangan Bentuk Sampel dengan [illegible]

9. Perendaman sampel dalam *Waterbath* dengan suhu 60°C selama 30 menit dan 24 jam.

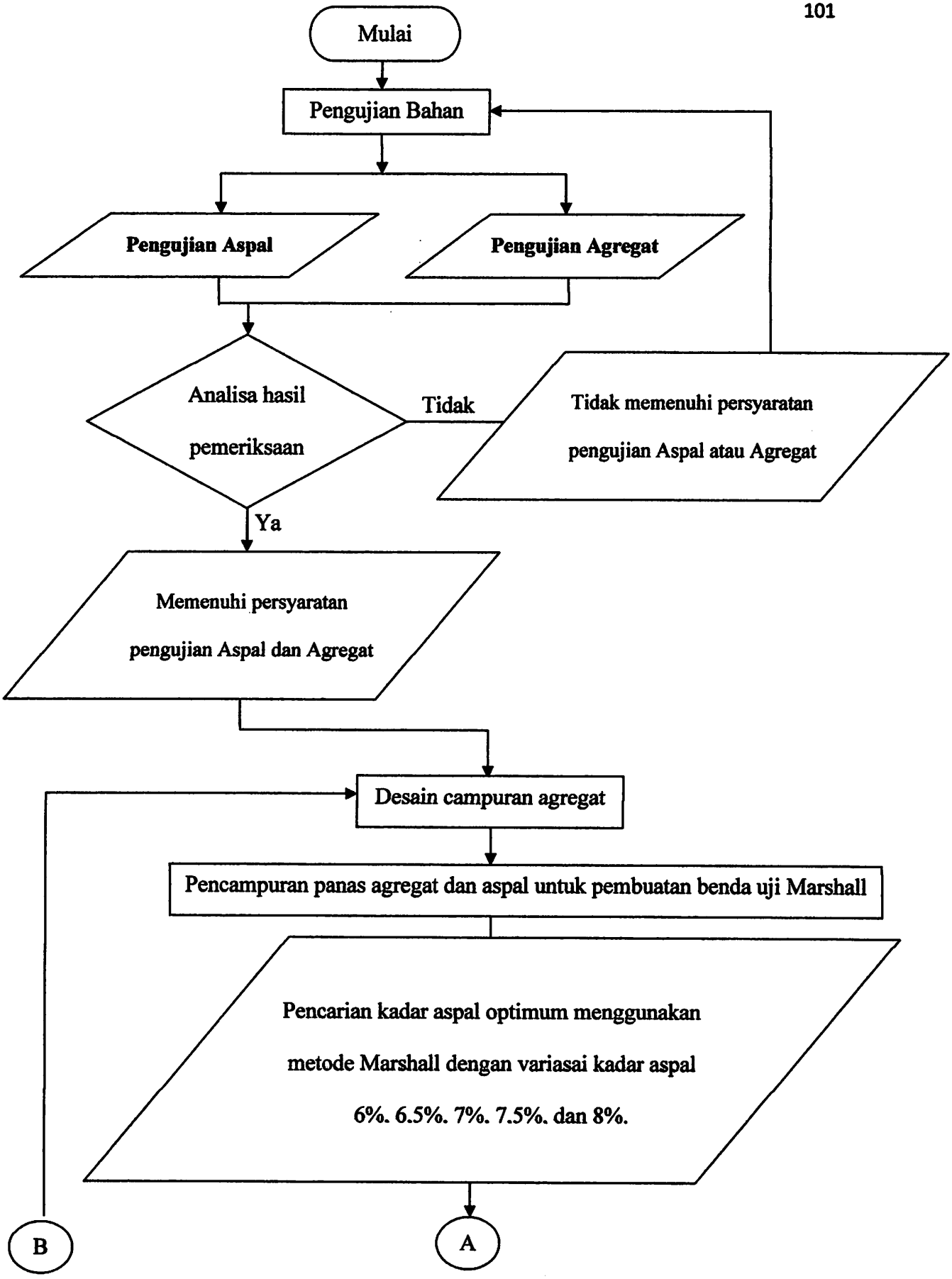
Gambar 3.22. Perendaman Sampel Dalam Waterbath dengan Suhu 60°C

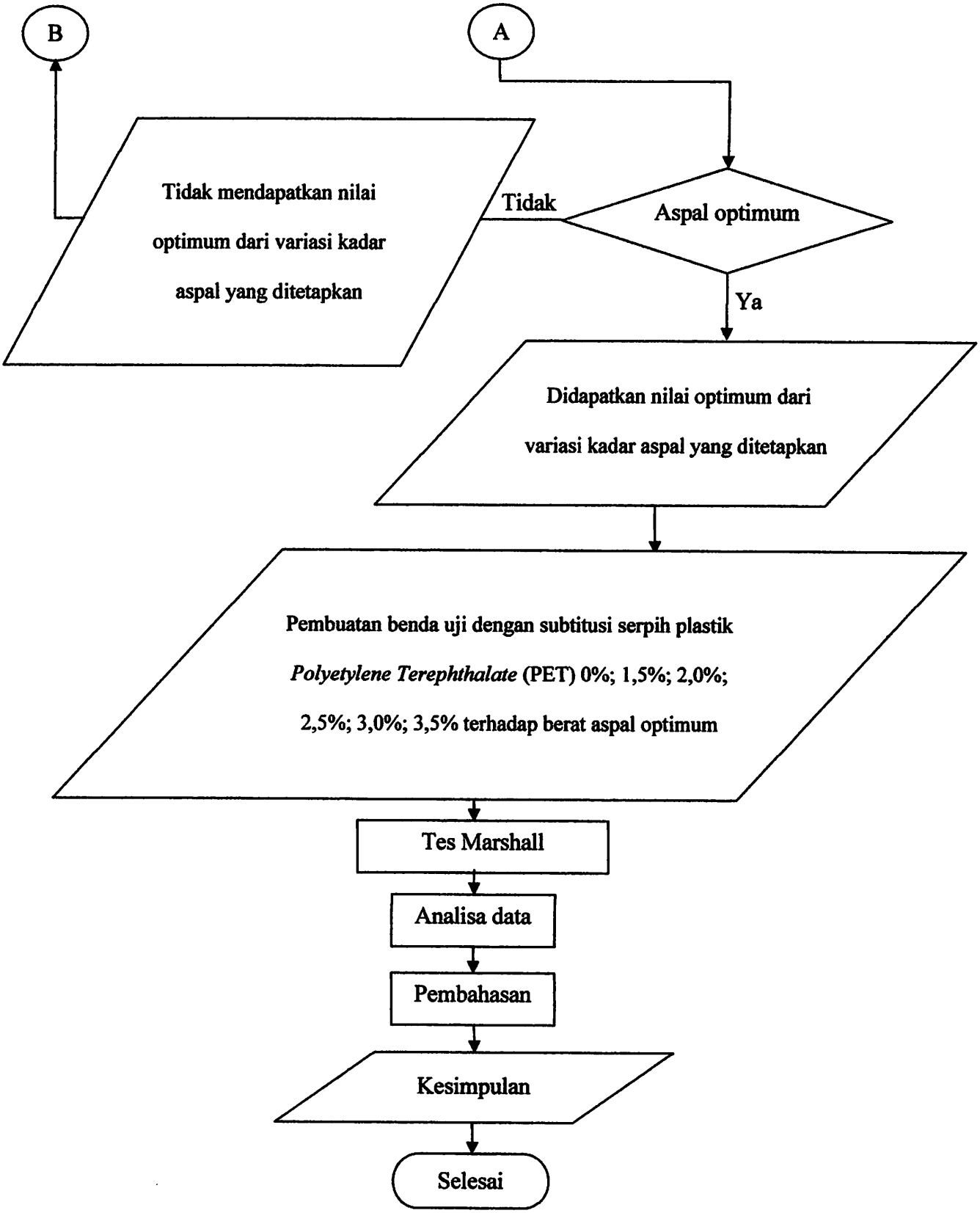


10. Pengujian sampel dengan alat tes Marshall untuk memperoleh data stabilitas dan *Flow*.

Gambar 3.23. Pengujian Sampel dengan Alat Tes Marshall




Mulai
Pengujian Bahan
Pengujian Aspal
Pengujian Agregat
Analisa hasil pemeriksaan
Tidak
Tidak memenuhi persyaratan pengujian Aspal atau Agregat
Ya
Memenuhi persyaratan pengujian Aspal dan Agregat
Desain campuran agregat
Pencampuran panas agregat dan aspal untuk pembuatan benda uji Marshall
Pencarian kadar aspal optimum menggunakan metode Marshall dengan variasai kadar aspal 6%. 6.5%. 7%. 7.5%. dan 8%.
B
A


B
A
Tidak mendapatkan nilai optimum dari variasi kadar aspal yang ditetapkan
Tidak
Aspal optimum
Ya
Didapatkan nilai optimum dari variasi kadar aspal yang ditetapkan
Pembuatan benda uji dengan subtitusi serpih plastik *Polyetylene Terephthalate* (PET) 0%; 1,5%; 2,0%; 2,5%; 3,0%; 3,5% terhadap berat aspal optimum
Tes Marshall
Analisa data
Pembahasan
Kesimpulan
Selesai


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
ITN
MALANG

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA KADAR ASPAL OPTIMUM

4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat

4.1.1. Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (Aggregate Impact Value) (BS 812 : Part 3 : 1975)

4.1.1.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (Aggregate Impact Value)

			I	II
(A)	Berat benda uji	gram	500	500
(B)	berat benda uji setelah tes dan lewat saringan # 2,36 mm BS	gram	53,9	45,2
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS	gram	446,1	454,8
	Aggregate Impact Value (AIV)	(%)	10,78	9,04
	Rata-rata Aggregate Impact Value	(%)	9,91	

Contoh Perhitungan :

1) Benda uji I

Diketahui :

Berat awal benda uji (A) = 500 gram

Berat lolos saringan (B) = 53,9 gram

Maka

$$AIV = \frac{53,9}{500} \times 100\,\%$$

$$= 10,78\,\%$$

2) AIV rata-rata $= \frac{10,78 + 9,04}{2} = 9,91\,\%$

4.1.1.2. Hasil Pengujian

Hasil Perhitungan rata-rata aggregate impact value dari agregat kasar didapatkan nilai sebesar 9,91%, sedangkan persyaratan aggregate impact value maksimum 30%, maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran(Tabel 2.2).

4.1.2. Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index)(Bs 812 : Part 1 : 1975)

4.1.2.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index)

Analisa saringan		Berat kering oven = 3500 Gram
Saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Prosentase tertahan (%)
63		
50		
37,5		
28		
19,1	1829,7	52%
13,2	899,7	26%
9,5	459,8	13%
6,3		

Berat benda uji	M1	3500	gram
Total prosentase berat tertahan di atas 5 %	M2	3189,2	gram
Total berat lolos pada tes flakiness dari M2	M3 F	310,8	gram
Flakiness Index	$\frac{M3F \times 100}{M2}$	9,75	%

Contoh Perhitungan :

Diketahui :

M1 = 3500 gram

M2 = 3189,2 gram

M3F = 310,8 gram

Maka

$$\text{Indeks kepipihan (\%)} = \frac{310,8 \times 100}{3189,2} = 9,75\ \%$$

4.1.2.2. Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian Flakiness Index agregat kasar didapatkan nilai sebesar 9,75 %, maka agregat tersebut dapat digunakan. Syarat maksimum 10% (Tabel 2.2).

4.1.3. Penentuan Angka Angularitas (Angularity Number) (BS 812 : Part 1 : 1975)

4.1.3.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Angka Angularitas (Angularity Number)

Uraian		Berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	3560
Berat silinder + air penuh	W2	6420
Berat air	C = W2 - W1	2860

Percobaan I		
Berat silinder + agregat	W3	8440
Berat agregat	W4 = W3 - W1	4880
Percobaan II		
Berat silinder + agregat	W5	8450
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4890
Percobaan III		
Berat silinder + agregat 3	W7	8470
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4910

Contoh Perhitungan :

$$\text{Angka angularitas} = 67 - \frac{100 \times M}{C \times Ga} = 67 - \frac{100 \times ((4880+4890+4910)/3)}{2860 \times 2{,}52} = 2{,}7$$

4.1.3.2. Hasil Pengujian

Angka Angularitas yang disarankan berkisar antara 0 – 12. Hasil pengujian nilai yang didapat sebesar 2,7 berarti telah memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan jalan(Tabel 2.2).

4.1.4. Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19- 74) (ASTM C-29-71)

4.1.4.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat

Uraian		Berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	7910
Berat silinder + air penuh	W2	17690
Berat air	C = W2 - W1	9780
Agregat lepas		
Berat silinder + agregat	W2	22610
Berat agregat	W3 = W2 - W1	14700

Agregat padat dengan tusukan		
Berat silinder + agregat	W2	23620
Berat agregat 2	W3 = W2 - W1	15710
Agregat padat dengan goyangan		
Berat silinder + agregat 3	W7	24080
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	16170

Berat isi agregat lepas	1,50
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1,61
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1,65
Rata-rata total berat isi	1,59

Contoh Perhitungan =

$$\text{Berat isi agregat lepas} = \frac{14700}{9780} = 1{,}50306 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Rata-rata total berat isi} = \frac{1{,}50306 + 1{,}60634 + 1{,}65337}{3} = 1{,}59 \text{ kg/dm}^3$$

4.1.4.2. Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian berat isi rongga udara, maka didapatkan :

Berat isi agregat lepas = 1,5030 kg/dm^3

Berat isi agregat padat dengan tusukan = 1,6063 kg/dm^3

Berat isi agregat padat dengan goyangan = 1,6534 kg/dm^3

Rata-rata total berat isi = 1,5876 kg/dm^3

4.1.5. Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar (AASHTO T-27-82) (ASTM C-136-46)

4.1.5.1. Tabel Perhitungan

Prosentase berat benda uji yang tertahan dan yang lolos dihitung berdasarkan masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

Tabel. 4.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			Tertahan	Lolos
50,8 mm (2")	0	0	0	100
38,1 mm (1,5")	0	0	0	100
25,4 mm (1")	0	0	0	100
19,1 mm (3/4")	0	0	0	100
13,2 mm (1/2")	13580	13580	66.23	37.77
9,6 mm (3/8")	4930	18510	90.27	9.73
4,75 mm (No. 4)	1920	20430	99.64	0.36
2,38 mm (No. 8)	3.9	20433.90	99,66	0,34
1,19 mm (No. 16)	3	20436.90	99,67	0,33
0,59 mm (No. 30)	32,5	20469.40	99,83	0,17
0,279 mm (No. 50)	13,9	20483.30	99,90	0,10
0,15 mm (No. 100)	11,7	20495.00	99,96	0,04
0,075 mm (No. 200)	5,1	20500.00	99,98	0,02
p a n	4,1	20504.20	100	0
Total berat	20504.20			

Contoh Perhitungan =

Misalnya untuk saringan no. ½"

Prosen tertahan = (berat benda uji yang tertahan / berat total benda uji) x 100%

= (13580/20504.20) x 100% = 66.23 %

Prosen lolos = 100 % - 66.23 % = 33.7697 %

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			Tertahan	Lolos
50,8 mm (2")	0	0	0	100
38,1 mm (1,5")	0	0	0	100
25,4 mm (1")	0	0	0	100
19,1 mm (3/4")	0	0	0	100
13,2 mm (1/2")	0	0	0	100
9,6 mm (3/8")	32,6	32,6	1,64	98,36
4,75 mm (No. 4)	1491	1523,6	76,6	23,4
2,38 mm (No. 8)	314,8	1838,4	92,42	7,58
1,19 mm (No. 16)	73,4	1911,8	96,11	3,89
0,59 mm (No. 30)	17	1928,8	96,97	3,03
0,279 mm (No. 50)	5,6	1934,4	97,25	2,75
0,15 mm (No. 100)	11,3	1945,7	97,82	2,18
0,075 mm (No. 200)	13,2	1958,9	98,48	1,52
p a n	30,2	1989,1	100	0
Total berat	1989,1			

Contoh Perhitungan =

Misalnya untuk saringan no. 3/8"

Prosen tertahan = (berat benda uji yang tertahan / berat total benda uji) x 100%

= (32,6/1989,1) x 100% = 1,64 %

Prosen lolos = 100 % - 1,64 % = 98,36 %

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
50,8 mm (2")	0	0	0	100
38,1 mm (1,5")	0	0	0	100
25,4 mm (1")	0	0	0	100
19,1 mm (3/4")	0	0	0	100
13,2 mm (1/2")	0	0	0	100
9,6 mm (3/8")	6,2	6,2	0,59	99,41
4,75 mm (No. 4)	35,8	42	4	96
2,38 mm (No. 8)	61,4	103,4	9,85	90,15
1,19 mm (No. 16)	144,5	247,9	23,61	76,39
0,59 mm (No. 30)	221	468,9	44,66	55,34
0,279 mm (No. 50)	171	639,9	60,94	39,06
0,15 mm (No. 100)	285,1	925	88,1	11,9
0,075 mm (No. 200)	98,5	1023,5	97,48	2,52
p a n	26,5	1050	100	0
Total berat	1050			

Contoh Perhitungan =

Misalnya untuk saringan no. 3/8"

Prosen tertahan = (berat benda uji yang tertahan / berat total benda uji) x 100%

= (6,2/1050) x 100% = 0,59 %

Prosen lolos = 100 % - 0,59 % = 99,41 %

4.1.5.2. Hasil Pengujian

Dari hasil analisa saringan agregat kasar, sedang dan halus didapatkan prosentase lolos yang selanjutnya akan dipergunakan dalam mencari prosentase campuran (mix design).

4.1.6. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (AASHTO T-84-81)

4.1.6.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B_k	492,80	493,70	493,25
Berat contoh kering permukaan jenuh	B_j	500	500	500
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	666,70	661,70	664,20
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	B_t	981,60	976,30	978,95
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B+Bj-Bt)}$	2,66	2,66	2,66
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B+Bj-Bt)}$	2,70	2,70	2,70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$	2,66	2,66	2,69
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	1,46%	1,28%	1,37%

Contoh Perhitungan

Sampel I

Berat contoh kering oven (B_k) = 492,8 gram

Berat contoh kering permukaan jenuh (B_j) = 500 gram

Berat piknometer berisi air (B) = 666,70 gram

Berat piknometer + contoh + air (B_t) = 981,60 gram

1. Berat jenis

   492,80 / (666,70 + 500 – 981,60) = 2,66

2. Berat jenis kering permukaan jenuh

   500 / (666,70 + 500 – 981,60) = 2,70

3. Berat jenis semu

   492,80 / (666,70 + 492,80 – 981,60) = 2,66

4. Penyerapan

   (500 – 492,80) / 492,80 x 100% = 1,46 %

4.1.6.2. Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata :

Berat jenis (bulk specific gravity) = 2,66

Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) = 2,70

Berat jenis semu (apparent specific gravity) = 2,66

Penyerapan (absorbsi) = 1,37 %

Sehingga semuanya masuk syarat berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan maksimal 3% (Tabel 2.2).

4.1.7. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (AASHTO T-85-81)

4.1.7.1. Hasil Penelitian

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B_k	4865	4872	4868,5
Berat contoh kering permukaan jenuh	B_j	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B_a	3143,3	3100,3	3121,8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj-Ba}$	2,62	2,56	2,59
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj-Ba}$	2,69	2,63	2,66
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk-Ba}$	2,83	2,75	2,79
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} x100\%$	2,77%	2,63%	2,70%

Contoh perhitungan :

Sampel I

Berat contoh kering oven (B_k) = 4865 gram

Berat contoh kering permukaan jenuh (B_j) = 5000 gram

Berat piknometer + contoh + air (B_a) = 3143,3 gram

1. Berat jenis

   4865 / (5000 – 3143,3) = 2,62

2. Berat jenis kering permukaan jenuh

   5000 / (5000 – 3143,3) = 2,69

3. Berat jenis semu

4865 / (4865 – 3143,3) = 2,83

4. Penyerapan

(5000 – 4865) / 4865 x 100% = 2,77 %

4.1.7.2. Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata :

Berat jenis (bulk specific gravity) = 2,59

Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) = 2,66

Berat jenis semu (apparent specific gravity) = 2,79

Penyerapan (absorbsi) = 2,70 %

Sehingga semuanya masuk syarat berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan maksimal 3 % (Tabel 2.2).

4.1.8. Pengujian Keausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles (AASHTO T-96-77(1982))

4.1.8.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Keausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)	
Saringan		I	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 Mm (3")	63,50 mm (2,5")		
63,50 Mm (2,5")	50,80 mm (2")		
50,80 Mm (2")	37,50 mm (1,5")		
37,50 Mm (1,5")	25,40 mm (1")		
25,40 Mm (1")	19,00 mm (3/4")		
19,00 Mm (3/4")	12,50 mm (1/2")		

12,50	Mm	(1/2")	9,50	mm	(3/8")	2500	
9,50	Mm	(3/8")	6,30	mm	(1/4")	2500	
6,30	Mm	(1/4")	4,75	mm	(No. 4)		3410
4,75	Mm	(No. 4)	2,38	mm	(No. 8)		
Jumlah berat						5000	
Berat tertahan saringan no 12							746,5

a	Berat benda uji semula	5000	Gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	4156,5	Gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} x100\ \%$	16,87 %	

Contoh perhitungan :

Benda uji semula (a) = 5000 gram

Berat benda uji tertahan s/d saringan No. 12 (b) = 4156,5 gram

Nilai keausan = (5000 – 4156,5) / 5000 x 100 %

= 16,87 %

4.1.8.2. Hasil Pengujian

Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan mesin Abrasi Los Angeles didapatkan nilai sebesar 16.87%, maka agregat tersebut memenuhi persyaratan keausan agregat 40% (Tabel 2.2).

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal

4.2.1. Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen (AASHTO T-49-80) (ASTM D-5-71)

4.2.1.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Sebelum Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	77	78	80	80	82
Benda uji II	78	79	79	80	81
Rata-rata	79				

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Setelah Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	73	74	75	75	77
Benda uji II	72	72	74	74	76
Rata-rata	74				

4.2.1.2. Hasil Pengujian

1. Hasil Pengujian penetrasi aspal sebelum kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 79
2. Hasil Pengujian penetrasi aspal setelah kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 74
3. Maka dari kedua pengujian tersebut memenuhi syarat Depkimpraswil 2002 (Tabel 2.4).
   a. Syarat penetrasi sebelum kehilangan berat minimum 60 maksimum 79

b. Syarat penetrasi setelah kehilangan berat minimum 75% terhadap penetrasi sebelum kehilangan berat.

4.2.2. Pemeriksaan Titik Nyala Dan Titik Bakar (AASHTO T-48-81) (ASTM D-92-52)

4.2.2.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
56	15.14	284	
51	15.16	289	
46	15.17	294	
41	15.19	299	
36	15.21	304	Titik Nyala
31	15.23	307	Titik Bakar
26			
21			
16			
11			
6			
1			

4.2.2.2. Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian, titik nyala didapat sebesar 304°C, dan titik bakar didapat sebesar 307°C. Bahan tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk titik nyala yaitu 200°C (Tabel 2.4).

4.2.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Dan Ter (AASHTO T-53-89)

4.2.3.1. Tabel Pengujian

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Sebelum Kehilangan Berat

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		18.00	18.00		
5		18.15	18.15		
10		18.18	18.18		
15		18.23	18.23		
20		18.26	18.26		
25		18.27	18.27		
30		18.29	18.29		
35		18.31	18.31		
40		18.32	18.32		
45		18.34	18.34	49	
50		18.35	18.35		51
55					

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Setelah Kehilangan Berat

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		19.34	19.34		
5		19.38	19.38		
10		19.39	19.39		
15		19.43	19.43		
20		19.45	19.45		
25		19.47	19.47		
30		19.47	19.47		
35		19.49	19.49		
40		19.50	19.50		
45		19.51	19.51		
50		19.53	19.53	51	52
55					

4.2.3.2. Hasil Pengujian

a. Hasil pengamatan titik lembek aspal sebelum kehilangan berat adalah 49°C dan 50°C (Tabel 2.4).

b. Hasil pengamatan titik lembek aspal setelah kehilangan berat adalah 51°C dan 52°C (Tabel 2.4).

4.2.4. Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen (AASHTO T-51-81)

4.2.4.1. Tabel Pengujian

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2
Pembacaan	122 cm	125 cm
Rata-rata	123,5 cm	

Tabel 4.17. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2
Pembacaan	120 cm	122 cm
Rata-rata	121 cm	

4.2.4.2. Hasil Penelitian

1. Hasil pemeriksaan daktilitas aspal sebelum dan sesudah kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 123,5 cm dan 121 cm.
2. Kedua daktilitas tersebut memenuhi syarat Depkimpraswil 2002 yaitu minimum 100 cm (Tabel 2.4)

4.2.5. Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter

(AASHTO T-226-79)

4.2.5.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	37	37
Berat piknometer	11,3	11,3
Berat air (= isi piknometer)	25,7	25,7
Berat piknometer + contoh	29,7	28,7
Berat piknometer	11,3	11,3
Berat contoh	18,4	17,1
Berat pikno + air + contoh	37,9	37,7
Berat piknometer + contoh	29,7	28,4
Berat air	8,2	9,3
Isi bitumen	17,4	21,9
Berat Jenis : $\frac{\text{Berat contoh}}{\text{Berat air sebanyak isi bitumen}}$	1,05	1,04

Contoh Perhitungan :

Berat piknometer (A) = 11,3 gram

Berat piknometer berisi air (B) = 37 gram

Berat piknometer berisi aspal (C) = 29,7 gram

Berat piknometer berisi aspal dan air (D) = 37,9 gram

$$BJ = \frac{(29,7 - 11,3)}{(36,9 - 11,3) - (37,9 - 29,7)} = 1,05$$

4.2.5.2. Hasil Pengujian

Hasil pemeriksaan berat jenis aspal pada sampel I didapatkan 1,05 dan pada sampel II didapatkan 1,04. Dari hasil pemeriksaan tersebut telah memenuhi persyaratan untuk pemeriksaan berat jenis aspal yang ditentukan yaitu minimum 1 (Tabel 2.4).

4.2.6. Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak Dan Aspal (AASHTO T-47-82)

4.2.6.1. Tabel Perhitungan

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal

	Sampel I	Sampel II	Sampel II
Berat cawan + aspal keras	74,9	75,1	74,2
Berat cawan kosong	13,3	13,5	13,3
Berat aspal keras	61,6	61,6	60,9
Berat sebelum pemanasan	74,9	75,1	74,2
Berat sesudah pemanasan	74,7	75,1	74
Kehilangan berat	0,2	0	0,2
Kehilangan berat dlm %	0,267	0	0,270
Rata-rata (%)	0,179		

Contoh perhitungan :

Pada Sampel I

A = 74,9 gram

B = 74,7 gram

$$\text{Penurunan berat} = \frac{74,9 - 74,7}{74,9} \times 100\,\% = 0,267\,\%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(0,149 + 0,296 + 0,287)}{3} \times 100\,\% = 0,179\,\%$$

4.2.6.2. Hasil Pengujian

Hasil pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal didapatkan nilai sebesar 0,179 %, maka aspal tersebut memenuhi persyaratan yaitu maksimum 0,4 % (Tabel 2.4)

Tabel 4.20Rekapitulasi Pengujian Agregat

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	AIV	9,91 %	Maks 30 %
2	Indeks Kepipihan	9,75 %	Maks 10 %
3	Anggulariti Number	2,7	0-12
4	Berat Isi Agregat	1,59 kg/dm^3	
5	Berat Jenis Agregat Halus	2,66	Min 2,5
6	Penyerapan Agregat Halus	1,37 %	Maks 3%
7	Berat Jenis Agregat Kasar	2,79	Min 2,5
8	Penyerapan Agregat Kasar	2,7 %	Maks 3%
9	Abrasi Los Angeles	16,87%	Maks 40%

Tabel 4.21Rekapitulasi Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	Penetrasi Sebelum Kehilangan Berat	79	79
2	Penetrasi Setelah kehilang Berat	74	Min 75% dari penetrasi awal
3	Titik Nyala	304^{0}C	Min 200^{0}C
4	Titik bakar	307^{0}C	
5	Titik Lembek Sebelum Kehilangan Berat	49^{0}C	48-50^{0}C
6	Titik Lembek Setelah Kehilangan Berat	51^{0}C	
7	Daktilitas Sebelum Kehilangan Berat	123,5 cm	Min 100 cm
8	Daktilitas Setelah Kehilangan Berat	121 cm	Min 100 cm
9	Berat Jenis	1,04	Min 1
10	Penurunan Berat	0,18%	0,4%

4.3. Perencanaan komposisi Campuran

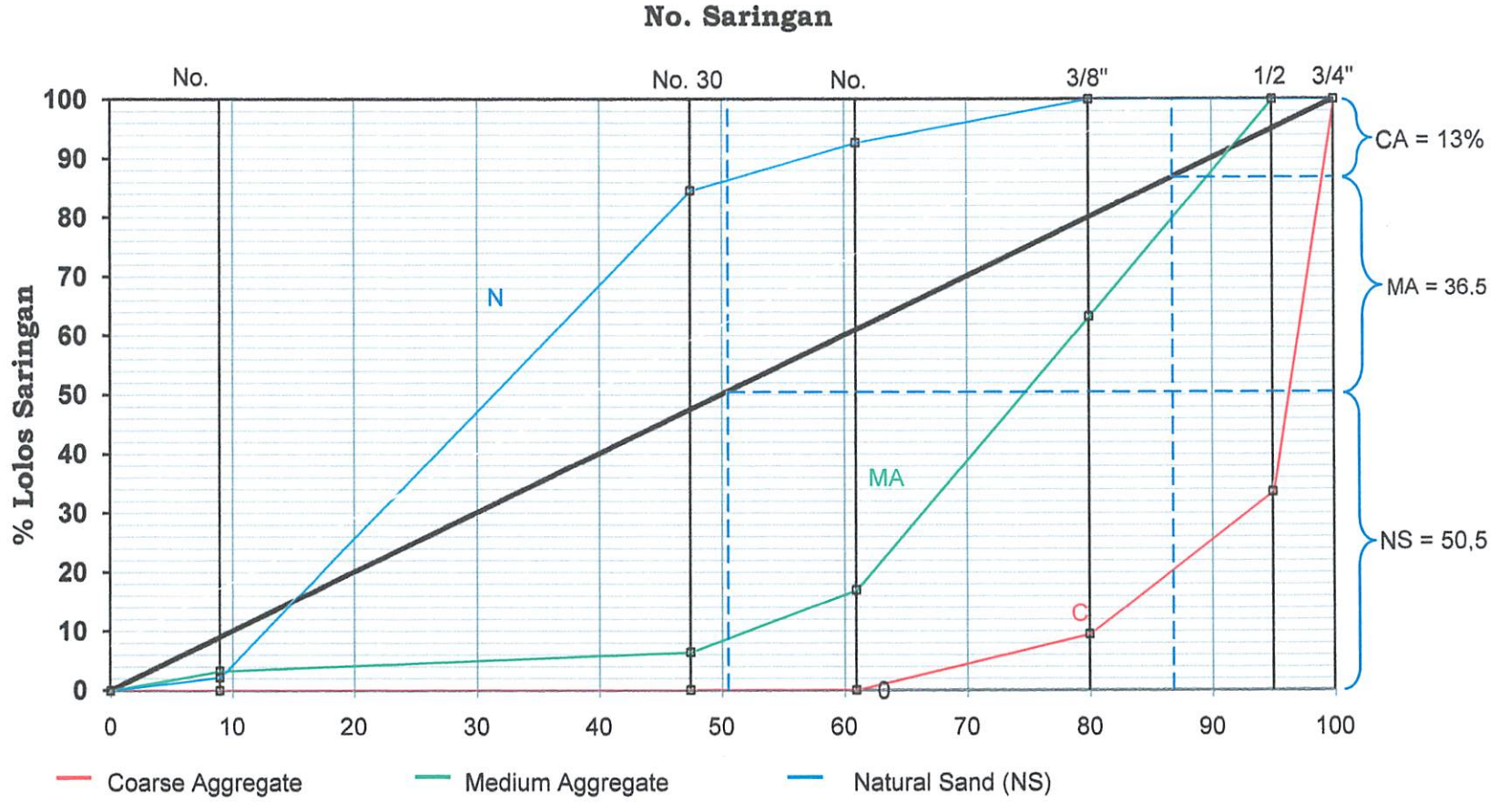
4.3.1. Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis

Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan prosentase agregat yang lolos pada masing-masing saringan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan

Metode Grafis tipe A seperti pada grafik 4.1. Berikut cara menentukan proporsi masing-masing fraksi agregat.

1. Proporsi dari agregat kasar ditentukan dengan menarik garis vertikal sehingga jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat kasar = jarak dari tepi atas ke garis gradasi agregat sedang. Nilai proporsi agregat kasar ditunjukkan oleh besarnya persen lolos yang diperoleh dari perpotongan garis vertikal tersebut dengan tepi atas. Pada grafik 4.1., jarak dari tepi atas ke garis gradasi fraksi agregat sedang adalah **a**, yang sama panjang dengan jarak dari garis gradasi fraksi agregat kasar ke tepi bawah.
2. Proporsi dari agregat halus, ditentukan dengan menarik garis vertical sehingga jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat halus = jarak dari tepi atas ke garis gradasi agregat kasar ditambah dengan jarak dari tepi bawah ke garis gradasi agregat sedang. Pada grafik 4.1., jarak dari tepi atas ke garis gradasi fraksi agregat halus adalah **x**, yang sama panjang dengan jarak dari garis gradasi fraksi agregat kasar ke tepi bawah, **c**, ditambah dengan jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat sedang, **b**. Jadi $x = b + c$.
3. Nilai proporsi agregat halus ditunjukkan oleh besarnya persen lolos yang diperoleh dari perpotongan garis vertikal tersebut dengan garis gradasi tengah spesifikasi agregat campuran dengan tepi bawah. Proporsi agregat sedang adalah 100% dikurangi proporsi agregat kasar dan dikurangi proporsi agregat halus.

Grafik 4.1. Pencampuran 3 Fraksi agregat dengan metode Rotchluchs tipe A



Hasil dari plot grafik diagram diagonal didapat nilai agregat kasar (CA) 13 %, agregat sedang (MA) 36,5 %, agregat halus (NS) 50,5 % dan filler (FF) 6%.

4.3.2. Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal

Variasi kadar aspal berdasarkan Depkimpraswil 2002 dengan menggunakan rumus :

$P = 0{,}035(\%CA) + 0{,}045(\%FA) + 0{,}18(\%filler) + K$

Dengan :

P = Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA = Fraksi agregat kasar = Persen berat material yang tertahan saringan no. 8 terhadap total campuran

FA = Fraksi agregat halus = Persen berat material yang lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200 terhadap berat total pencampuran

Filler = Fraksi bahan pengisi = Persen berat material yang lolos saringan no. 200 terhadap berat total.

K = Konstanta (2,0-3,0)

Berdasarkan rumus di atas, pada penelitian campuran Aspalt Concrete ini didapat nilai aspal tengah :

$P = 0{,}035(13\%+36{,}5\%) + 0{,}045(50{,}5\%) + 0{,}18(6\%) + 2$

$= 6{,}8447\ \%$

Kadar aspal yang diperoleh dibulatkan menjadi 7 %.

Jika kadar aspal tengah a% maka digunakan variasi (a-1)%, (a-0,5)%, a%, (a+0,5)% dan (a+1)%, untuk mencari kadar aspal optimum dengan aspal tengah 6 % dibuat benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yaitu :

6%, 6,5%, 7%, 7,5%, 8%.

Tabel 4.22 Gradasi Agregat

ukuran saringan	CA	MA	NS	FF	CA	MA	NS	FF	total	spek
	%lolos	%lolos	%lolos	100,00	12,22	34,31	47,47	6,00		
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	12,22	34,31	47,47	6,00	100,00	100
1/2"	33,56	100,00	100,00	100,00	4,10	34,31	47,47	6,00	91,88	90-100
3/8"	9,43	63,24	100,00	100,00	1,15	21,70	47,47	6,00	76,32	75-85
No.8	0,04	16,97	92,65	100,00	0,00	5,82	43,98	6,00	55,81	50-72
No.30	0,02	6,41	84,56	100,00	0,00	2,20	40,14	6,00	48,34	35-60
No.200	0,00	3,24	2,18	100,00	0,00	1,11	1,04	6,00	8,15	6-12
pan	0,00	0,00	0,00	100,00						

Contoh Perhitungan :

CA = 13 – ((13/100)x6) = 12,22 %

MA = 36.50 – ((36,50/100)x6) = 34,31 %

NS = 50.50– ((50.50/100)x6) = 47,47 %

CA = (12,12/100)x33,56 = 4,10 %

MA = (34,31/100)x63,24 = 21,70 %

NS = (47,47/100)x92,65 = 43,98 %

4.3.3. Perhitungan Berat Agregat

Tabel 4.23 Perhitungan Berat Agregat Setiap Variasi Kadar Aspal

Persentase Aspal(%)	Mix Desain HRS-WC (gram)				
	6	6,5	7	7,5	8
CA	137,84	137,11	136,38	135,64	134,91
MA	387,02	384,96	382,90	380,84	378,78
NS	535,46	532,61	529,77	526,92	524,07
FF	67,68	67,32	66,96	66,60	66,24
Aspal	72	78	84	90	96
Total	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00

Contoh Perhitungan :

Aspal = 6% x 1200 = 72 gram

Total Agregat = 1200 – 72 = 1128 gram

CA = 12,22 % x 1128 = 137,84 gram

MA = 34,31% x 1128 = 387,02 gram

NS = 47,47% x 1128 = 535,46 gram

FF = 6% x 1128 = 67,68 gram

Total = 1200 gram

4.4. Marshall Test

4.4.1. Hasil Pengujian

Hasil Marshall Test didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

a. Stabilitas (Kg)

b. Flow (mm)

c. Prosentase rongga terhadap campuran VIM (%)

d. Prosentase rongga dalam agregat VMA (%)

e. Marshall Quotient (Kg/mm)

f. Index Perendaman (%)

Nilai stabilitas Marshall ditunjukkan dengan beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji sebelum terjadi keruntuhan. Sedangkan nilai flow ditentukan oleh besarnya nilai deformasi yang dibaca pada arloji saat terjadi beban maksimum yang diterima benda uji sebelum terjadi keruntuhan.

Dari data-data tersebut diatas, selanjutnya dibuat grafik-grafik hubungan antara lain :

a. Prosentase Aspal (%) terhadap Stabilitas (kg).

b. Prosentase Aspal (%) terhadap Flow (mm).

c. Prosentase Aspal (%) terhadap VIM (%).

d. Prosentase Aspal (%) terhadap VMA (%).

e. Prosentase Aspal (%) terhadap Marshall Quotient (kg/mm).

f. Prosentase Aspal (%) terhadap Index Perendaman (%).

4.4.2. Data Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall dihitung menggunakan software Microsoft Excel XP dan hasilnya ditabelkan. Data – data ditampilkan dalam tabel hasil uji test Marshall sebagai berikut.

Keterangan Tabel :

Kadar Aspal = 6%

Nomor Benda Uji = 1

BJ agregat = 2,59

BJ aspal = 1,04

a = Diameter (cm)

= 10,20 cm

b = Tinggi 1 (cm)

= 7,00 cm

c = Tinggi 2 (cm)

= 7,00 cm

d = Tinggi 3 (cm)

= 6,95 cm

e = Tinggi rata-rata (cm) $= \left(\frac{b+c+d}{3}\right) x\,10$

$= \frac{7,00+7,00+6,95}{3} x\,10$

= 69,82 mm

f = % aspal terhadap agregat $= \frac{\%\,\text{aspal}\,x\,12}{1200\,-\%\,\text{Aspal}\,x\,12} x100$

$= \frac{6\,x\,12}{1200\,-6\,x\,12} x100$

= 6,38 %

g = % aspal terhadap campuran

= 6 %

h = Berat sampel (gram)

= 1185,4 gram

i = Berat SSD (gram)

= 1191,9 gram

j = Berat dalam air (gram)

= 631,7 gram

k = Isi (gram) = i – j

= 1191,9 – 631,7

= 560,20 gram

l = Berat isi = $\frac{h}{k}$

$= \frac{1185,4}{560,2}$

= 2,116

m = Berat jenis maksimum teoritis = $\frac{100}{\frac{\%\ Agregat}{BJ\ agregat} + \frac{\%\ Aspal}{BJ\ aspal}}$

$= \frac{100}{\frac{13\times(100-6)/100}{2,59} + \frac{36,5\times(100-6)/100}{2,59} + \frac{50,5\times(100-6)/100}{2,66} + \frac{6}{1,04}}$

= 2,405

n = $\frac{g\ x\ l}{BJ\ aspal}$

$= \frac{6\ x\ 2,116}{1,04}$

= 12,208

o = $\frac{(100-g)x\ 1}{BJ\ Agregat}$

$$= \frac{(100-6)x\ 2{,}116}{2{,}625}$$

$= 75{,}774$

p = Jumlah kandungan rongga (%) $= 100 - n - o$

$= 100 - 12{,}208 - 75{,}774$

$= 12{,}018$

q = % rongga terhadap agregat VMA $= 100 - o$

$= 100 - 75{,}774$

$= 24{,}226$

r = % rongga terisi aspal VFB $= \frac{100\ x\ n}{q}$

$= \frac{100\ x12{,}208}{24{,}226}$

$= 50{,}392$

s = % rongga dalam campuran VIM $= 100 - \left[100x\left(\frac{l}{m}\right)\right]$

$= 100 - \left[100x\left(\frac{2{,}116}{2{,}405}\right)\right]$

$= 12{,}015$

t = Masuk Waterbath (jam)

u = Test (jam)

v = Pembacaan arloji stabilitas

$= 123$

w = dari tabel lampiran kalibrasi didapat regresi dari nilai v = 123 ≈ 3650,78 lbf

x = w *x* 0,44482 (kg)

= 3650,78 x 0,44482

= 1623,94 kg

y = Angka koreksi (tebal), didapat dari tabel lampiran angka koreksi secara regresi ; e = 69,82 ≈ 0,835

z = Stabilitas (kg ; dengan koreksi benda uji) = x *x* y

= 1623,94 x 0,835

=1355,73 kg

aa = 2,2 mm

ab = Marshall Quotient = z/aa (kg/mm)

$$= \frac{1355,73}{2,2}$$

= 616,24 kg/mm

Tabel 4.24 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		6 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,20	10,21	10,24	10,20	10,22	10,21	10,24	10,21	10,24	10,21
b	Tinggi 1 (cm)	7,00	7,07	7,09	6,99	6,95	7,00	6,96	6,94	6,99	7,00
c	Tinggi 2 (cm)	7,00	7,00	7,01	6,98	6,96	7,00	6,91	6,94	7,00	7,03
d	Tinggi 3 (cm)	6,95	6,93	6,99	6,98	6,95	7,01	6,88	6,96	6,98	7,01
e	Tinggi rata-rata (mm)	69,82	69,98	70,28	69,82	69,50	70,02	69,17	69,47	69,88	70,13
f	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
g	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
h	Berat sampel (gram)	1185,4	1184,5	1192,6	1191,7	1191,1	1190,2	1192,4	1188,4	1187,6	1191,6
I	Berat SSD (gram)	1191,9	1190,0	1198,9	1197,5	1196,7	1195,7	1197,8	1193,3	1193,8	1196,5
j	Berat dalam air (gram)	631,7	623,2	625,6	631,3	629,7	627,4	632,1	627,6	620,3	627,1
k	Isi (gram)	560,20	566,80	573,30	566,20	567,00	568,30	565,70	565,70	573,50	569,40
l	Berat isi	2,116	2,090	2,080	2,105	2,101	2,094	2,108	2,101	2,071	2,093
m	BJ maksimum teoritis	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405
n	(g*l)/bj aspal)	12,208	12,057	12,001	12,143	12,119	12,083	12,161	12,120	11,947	12,073
o	((100-g)*l)/bj agregat	75,774	74,835	74,492	75,369	75,225	74,996	75,480	75,227	74,154	74,940
p	Jumlah kandungan rongga (%)	12,018	13,11	13,51	12,49	12,66	12,92	12,36	12,65	13,90	12,99
q	% rongga thd agregat VMA	24,226	25,165	25,508	24,631	24,775	25,004	24,520	24,773	25,846	25,060
r	% rongga terisi aspal	50,392	47,910	47,050	49,299	48,919	48,324	49,595	48,924	46,224	48,177
s	% rongga dlm campuran VIM	12,015	13,105	13,503	12,484	12,652	12,918	12,356	12,650	13,896	12,984
t	Jam Masuk waterbath	13:45	13:50	13:55	14:00	14:05	14:10	14:15	14:20	14:25	14:30
u	Jam Test	14:15	14:20	14:25	14:30	14:35	14:40	14:45	14:50	14:55	15:00
v	Pembacaan arloji stabilitas	123	98	117	123	120	144	130	167	120	132
w	Lbf	3650,78	2917,12	3475,09	3650,78	3562,97	4263,72	3855,43	4931,54	3562,97	3913,84
x	Kg	1623,94	1297,59	1545,79	1623,94	1584,88	1896,59	1714,97	2193,65	1584,88	1740,96
y	koreksi (tebal)	0,835	0,831	0,823	0,835	0,843	0,830	0,851	0,844	0,833	0,827
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1355,73	1077,92	1272,85	1355,73	1335,79	1573,96	1460,17	1850,75	1320,50	1439,85
aa	Flow	2,2	2,2	2,3	2,3	2,1	2,8	2,6	3,1	2,1	1,8
ab	Marshall Quotient	616,24	489,97	553,41	589,45	636,09	562,13	561,60	597,02	644,14	799,92

Tabel 4.25 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		6,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,23	10,23	10,23	10,26	10,22	10,34	10,23	10,19	10,41	10,19
b	Tinggi 1 (cm)	6,92	6,96	6,85	6,99	7,40	6,95	6,86	6,96	6,94	6,92
c	Tinggi 2 (cm)	6,89	6,99	6,84	6,89	6,99	6,99	6,84	7,00	6,99	6,97
d	Tinggi 3 (cm)	6,91	7,00	6,83	6,90	6,97	7,10	6,83	6,91	7,08	6,96
e	Tinggi rata-rata (mm)	69,07	69,83	68,40	69,25	71,20	70,13	68,43	69,57	70,03	69,47
f	% aspal thd agregat	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95
g	% aspal thd campuran	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
h	Berat sampel (gram)	1188,4	1191,5	1186,2	1192,8	1190,6	1189,1	1188,4	1183,5	1183,7	1190,6
I	Berat SSD (gram)	1194,0	1197,7	1191,0	1197,5	1195,7	1196,2	1193,4	1187,5	1189,3	1196,0
j	Berat dalam air (gram)	631,8	626,9	626,6	627,2	618,3	613,6	628,5	620,4	624,1	632,4
k	Isi (gram)	562,20	570,80	564,40	570,30	577,40	582,60	564,90	567,10	565,20	563,60
l	Berat isi	2,114	2,087	2,102	2,092	2,062	2,041	2,104	2,087	2,094	2,112
m	BJ maksimum teoritis	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388
n	(g*l)/bj aspal)	13,211	13,046	13,136	13,072	12,888	12,756	13,148	13,043	13,089	13,203
o	((100-g)*l)/bj agregat	75,293	74,352	74,861	74,498	73,447	72,699	74,933	74,335	74,597	75,245
p	Jumlah kandungan rongga (%)	11,50	12,60	12,00	12,43	13,67	14,54	11,92	12,62	12,31	11,55
q	% rongga thd agregat VMA	24,707	25,648	25,139	25,502	26,553	27,301	25,067	25,665	25,403	24,755
r	% rongga terisi aspal	53,472	50,867	52,251	51,260	48,534	46,726	52,453	50,821	51,527	53,335
s	% rongga dlm campuran VIM	11,492	12,598	12,000	12,426	13,663	14,541	11,915	12,619	12,310	11,549
t	Jam Masuk waterbath	14:30	14:35	14:40	14:45	14:50	14:55	15:00	15:05	15:10	15:15
u	Jam Test	15:00	15:05	15:10	15:15	15:20	15:25	15:30	15:35	15:40	15:45
v	Pembacaan arloji stabilitas	113	85	160	135	140	142	148	122	102	141
w	Lbf	3357,83	2533,90	4728,68	4001,41	4147,21	4205,48	4380,13	3621,52	3034,79	4176,34
x	Kg	1493,63	1127,13	2103,41	1779,91	1844,76	1870,68	1948,37	1610,92	1349,94	1857,72
y	koreksi (tebal)	0,854	0,834	0,872	0,849	0,803	0,827	0,871	0,841	0,829	0,844
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1275,61	940,51	1833,46	1511,61	1480,89	1547,14	1696,58	1355,01	1119,75	1567,34
aa	Flow	1,6	2,4	2,9	2,7	2,6	2,2	2,4	2,2	2,5	2,3
ab	Marshall Quotient	797,25	391,88	632,23	559,85	569,57	703,24	706,91	615,91	447,90	681,45

Tabel 4.26 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		7 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,24	10,29	10,20	10,20	10,25	10,22	10,22	10,24	10,21	10,21
b	Tinggi 1 (cm)	6,88	6,99	6,86	6,89	6,86	6,90	6,71	6,84	6,82	6,87
c	Tinggi 2 (cm)	6,81	6,98	6,88	6,94	6,88	6,92	6,70	6,80	6,81	6,90
d	Tinggi 3 (cm)	6,85	7,00	6,85	6,96	6,85	6,90	6,67	6,83	6,83	6,85
e	Tinggi rata-rata (mm)	68,47	69,88	68,62	69,30	68,62	69,05	66,93	68,23	68,20	68,73
f	% aspal thd agregat	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53
g	% aspal thd campuran	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
h	Berat sampel (gram)	1186,5	1191,7	1190,4	1194,1	1193,9	1178,4	1194,3	1192,9	1192,1	1190,1
I	Berat SSD (gram)	1195,2	1201,7	1198,4	1204,9	1203,2	1187,0	1201,3	1201,8	1200,3	1198,6
j	Berat dalam air (gram)	639,8	630,2	633,1	639,4	637,9	618,1	646,2	638,5	639,6	631,3
k	Isi (gram)	555,40	571,50	565,30	565,50	565,30	568,90	555,10	563,30	560,70	567,30
l	Berat isi	2,136	2,085	2,106	2,112	2,112	2,071	2,152	2,118	2,126	2,098
m	BJ maksimum teoritis	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372
n	(g*l)/bj aspal)	14,379	14,035	14,174	14,213	14,215	13,942	14,481	14,254	14,310	14,120
o	((100-g)*l)/bj agregat	75,686	73,876	74,605	74,810	74,824	73,386	76,225	75,027	75,324	74,323
p	Jumlah kandungan rongga (%)	9,94	12,09	11,22	10,98	10,96	12,67	9,29	10,72	10,37	11,56
q	% rongga thd agregat VMA	24,314	26,124	25,395	25,190	25,176	26,614	23,775	24,973	24,676	25,677
r	% rongga terisi aspal	59,138	53,725	55,812	56,422	56,464	52,385	60,909	57,077	57,994	54,991
s	% rongga dlm campuran VIM	9,932	12,085	11,218	10,974	10,957	12,669	9,291	10,716	10,362	11,553
t	Jam Masuk waterbath	10:55	11:00	11:05	11:10	11:15	11:20	11:25	11:30	11:35	11:40
u	Jam Test	11:25	11:30	11:35	11:40	11:45	11:50	11:55	12:00	12:05	12:10
v	Pembacaan arloji stabilitas	125	178	155	133	127	135	120	89	124	140
w	Lbf	3709,29	5249,64	4583,57	3943,04	3767,77	4001,41	3562,97	2651,94	3680,04	4147,21
x	Kg	1649,96	2335,15	2038,86	1753,94	1675,98	1779,91	1584,88	1179,64	1636,95	1844,76
y	koreksi (tebal)	0,870	0,833	0,866	0,848	0,866	0,854	0,911	0,876	0,877	0,863
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1435,27	1945,61	1765,43	1487,29	1451,21	1520,87	1444,11	1033,50	1435,63	1591,65
aa	Flow	2,1	2,1	2,5	1,6	2,2	2,5	4,8	1,2	2,8	2,5
ab	Marshall Quotient	683,46	949,08	706,17	929,56	659,64	620,76	300,86	861,25	522,05	649,65

Tabel 4.27 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		7,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,19	10,25	10,22	10,15	10,19	10,23	10,27	10,22	10,24	10,21
b	Tinggi 1 (cm)	6,80	6,73	6,76	6,77	6,75	6,70	6,86	6,83	6,80	6,82
c	Tinggi 2 (cm)	6,77	6,82	6,74	6,77	6,75	6,80	6,82	6,77	6,81	6,86
d	Tinggi 3 (cm)	6,78	6,77	6,81	6,74	6,83	6,74	6,78	6,78	6,78	6,75
e	Tinggi rata-rata (mm)	67,80	67,73	67,70	67,58	67,75	67,43	68,17	67,92	67,92	68,07
f	% aspal thd agregat	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11
g	% aspal thd campuran	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
h	Berat sampel (gram)	1185,3	1192,1	1188,6	1186,1	1194,2	1184,3	1182,4	1185,7	1189,2	1189,5
I	Berat SSD (gram)	1194,5	1201,1	1196,8	1195,3	1201,1	1194,2	1191,6	1195,3	1200,0	1199,1
j	Berat dalam air (gram)	640,3	643,6	641,1	634,5	646,7	636,3	627,0	638,3	640,9	637,2
k	Isi (gram)	554,20	557,5	555,7	560,8	554,4	557,9	564,6	557	559,1	561,9
l	Berat isi	2,139	2,138	2,139	2,115	2,154	2,123	2,094	2,129	2,127	2,117
m	BJ maksimum teoritis	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356
n	(g*l)/bj aspal)	15,424	15,420	15,425	15,253	15,534	15,309	15,103	15,351	15,339	15,266
o	((100-g)*l)/bj agregat	75,366	75,349	75,372	74,529	75,904	74,803	73,797	75,012	74,951	74,596
p	Jumlah kandungan rongga (%)	9,21	9,230	9,203	10,218	8,562	9,889	11,101	9,636	9,710	10,137
q	% rongga thd agregat VMA	24,634	24,651	24,628	25,471	24,096	25,197	26,203	24,988	25,049	25,404
r	% rongga terisi aspal	62,611	62,556	62,631	59,882	64,468	60,755	57,636	61,436	61,236	60,095
s	% rongga dlm campuran VIM	9,207	9,227	9,200	10,215	8,558	9,885	11,098	9,633	9,707	10,134
t	Jam Masuk waterbath	11:45	11:50	11:55	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:25	12:30
u	Jam Test	12:15	12:20	12:25	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55	13:00
v	Pembacaan arloji stabilitas	121	133	117	105	92	118	130	131	128	160
w	Lbf	3592,25	3943,04	3475,09	3122,98	2740,39	3504,39	3855,43	3884,64	3796,99	4728,68
x	Kg	1597,90	1753,94	1545,79	1389,16	1218,98	1558,82	1714,97	1727,97	1688,98	2103,41
y	koreksi (tebal)	0,888	0,890	0,890	0,894	0,889	0,898	0,878	0,885	0,885	0,881
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1418,58	1560,26	1376,49	1241,39	1083,83	1399,32	1505,59	1528,61	1494,12	1852,25
aa	Flow	2,7	3,8	2,7	2,2	2,4	2,2	2,9	2,5	2,6	2,7
ab	Marshall Quotient	525,40	410,59	509,81	564,27	451,59	636,05	519,17	611,44	574,66	686,02

Tabel 4.28 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 8% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		8 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,22	10,21	10,23	10,2	10,22	10,2	10,21	10,265	10,235	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,73	6,66	6,56	6,66	6,7	6,69	6,9	6,67	6,585	6,62
c	Tinggi 2 (cm)	6,72	6,69	6,595	6,6	6,67	6,655	6,84	6,67	6,57	6,62
d	Tinggi 3 (cm)	6,70	6,695	6,63	6,63	6,675	6,7	6,87	6,65	6,605	6,63
e	Tinggi rata-rata (mm)	67,17	66,82	65,95	66,30	66,82	66,82	68,70	66,63	65,87	66,23
f	% aspal thd agregat	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
g	% aspal thd campuran	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
h	Berat sampel (gram)	1180,1	1188,3	1193,0	1190,9	1187,4	1182,9	1190,4	1185,0	1189,0	1193,0
I	Berat SSD (gram)	1187,8	1194,9	1199,4	1198,0	1194,4	1190,5	1199,9	1191,1	1194,9	1200,2
j	Berat dalam air (gram)	649,6	655,2	663,1	655,2	650,3	646,3	641,9	645,6	656,7	654,7
k	Isi (gram)	538,2	539,7	536,3	542,8	544,1	544,2	558	545,5	538,2	545,5
l	Berat isi	2,193	2,202	2,225	2,194	2,182	2,174	2,133	2,172	2,209	2,187
m	BJ maksimum teoritis	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340
n	(g*l)/bj aspal)	16,867	16,937	17,112	16,877	16,787	16,720	16,410	16,710	16,994	16,823
o	((100-g)*l)/bj agregat	76,848	77,167	77,963	76,894	76,485	76,181	74,768	76,135	77,428	76,649
p	Jumlah kandungan rongga (%)	6,285	5,896	4,925	6,229	6,728	7,098	8,821	7,155	5,578	6,528
q	% rongga thd agregat VMA	23,152	22,833	22,037	23,106	23,515	23,819	25,232	23,865	22,572	23,351
r	% rongga terisi aspal	72,853	74,177	77,651	73,042	71,389	70,198	65,038	70,018	75,287	72,043
s	% rongga dlm campuran VIM	6,282	5,893	4,922	6,225	6,724	7,095	8,818	7,152	5,575	6,525
t	Jam Masuk waterbath	11:40	11:45	11:50	11:55	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:25
u	Jam Test	12:10	12:15	12:20	12:25	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55
v	Pembacaan arloji stabilitas	115	101	77	128	134	109	91	98	114	117
w	Lbf	3416,48	3005,38	2297,50	3796,99	3972,22	3240,46	2710,92	2917,12	3387,16	3475,09
x	Kg	1519,72	1336,85	1021,97	1688,98	1766,92	1441,42	1205,87	1297,59	1506,68	1545,79
y	koreksi (tebal)	0,905	0,914	0,938	0,928	0,914	0,914	0,864	0,919	0,940	0,930
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1375	1222	958	1568	1616	1318	1041	1193	1416	1438
aa	Flow	2,5	2,0	2,7	2,8	2,1	3,4	2,4	2,9	5,8	2,7
ab	Marshall Quotient	550,07	611,16	354,89	559,91	769,31	387,63	433,95	418,54	244,14	532,45

Tabel 4.29 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		6 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,21	10,20	10,21	10,21	10,20	10,22	10,23	10,20	10,22	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,92	7,05	6,93	6,86	6,95	6,80	6,80	6,85	6,86	6,86
c	Tinggi 2 (cm)	6.88	7,05	6,94	6,86	6,94	6.81	6,78	6,87	6,83	6,84
d	Tinggi 3 (cm)	6,90	7,08	6,90	6,88	6,93	6,83	6,75	6,92	6,86	6,87
e	Tinggi rata-rata (mm)	69,05	70,58	69,23	68,67	69,40	68,15	67,77	68,80	68,48	68,55
f	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
g	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
h	Berat sampel (gram)	1184,2	1186,5	1185,3	1190,1	1188,1	1190,1	1189,0	1191,6	1192,0	1191,4
I	Berat SSD (gram)	1189,7	1190,5	1190,0	1195,2	1192,3	1195,0	1194,2	1197,2	1197,6	1196,5
j	Berat dalam air (gram)	631,4	618,2	629,0	634,8	626,7	631,4	635,4	632,9	638,3	631,8
k	Isi (gram)	558,30	572,30	561,00	560,40	565,60	563,60	558,80	564,30	559,30	564,70
l	Berat isi	2,121	2,073	2,113	2,124	2,101	2,112	2,128	2,112	2,131	2,110
m	BJ maksimum teoritis	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405
n	(g*l)/bj aspal)	12,237	11,961	12,189	12,252	12,119	12,182	12,276	12,183	12,296	12,172
o	((100-g)*l)/bj agregat	75,955	74,241	75,660	76,047	75,222	75,616	76,195	75,617	76,319	75,551
p	Jumlah kandungan rongga (%)	11,808	13,80	12,15	11,70	12,66	12,20	11,53	12,20	11,39	12,28
q	% rongga thd agregat VMA	24,045	25,759	24,340	23,953	24,778	24,384	23,805	24,383	23,681	24,449
r	% rongga terisi aspal	50,892	46,433	50,079	51,150	48,909	49,959	51,566	49,963	51,921	49,784
s	% rongga dlm campuran VIM	11,805	13,795	12,148	11,697	12,656	12,199	11,526	12,197	11,382	12,274
t	Jam Masuk waterbath	10,35	10,40	10,45	10,50	10,55	11,00	11,05	11,10	11,15	11,20
u	Jam Test	10,35	10,40	10,45	10,50	10,55	11,00	11,05	11,10	11,15	11,20
v	Pembacaan arloji stabilitas	88	105	90	83	74	70	89	101	110	120
w	Lbf	2622,44	3122,98	2681,43	2474,84	2208,74	2090,28	2651,94	3005,38	3269,81	3562,97
x	Kg	1166,51	1389,16	1192,75	1100,86	982,49	929,80	1179,64	1336,85	1454,48	1584,88
y	koreksi (tebal)	0,854	0,816	0,850	0,865	0,845	0,878	0,889	0,861	0,869	0,868
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	996,75	1134,08	1013,48	951,76	830,59	816,70	1048,31	1151,08	1264,58	1375,14
aa	Flow	2,0	2,6	1,7	2,2	1,9	2,1	2,1	2,6	2,7	3,1
ab	Marshall Quotient	498,37	436,19	596,16	432,62	437,15	388,90	511,37	442,72	468,36	443,59

Tabel 4.30 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		6,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,25	10,20	10,23	10,20	10,25	10,20	10,26	10,20	10,25	10,24
b	Tinggi 1 (cm)	6,92	6,92	6,84	6,83	6,92	6,80	6,89	6,90	6,87	6,91
c	Tinggi 2 (cm)	7,00	6,93	6,84	6,81	6,91	9,80	6,94	6,90	6,87	6,90
d	Tinggi 3 (cm)	6,97	6,90	6,76	6,86	6,91	6,81	6,92	6,92	6,88	6,96
e	Tinggi rata-rata (mm)	69,63	69,17	68,12	68,33	69,12	78,00	69,15	69,03	68,73	69,23
f	% aspal thd agregat	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95
g	% aspal thd campuran	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
h	Berat sampel (gram)	1183,0	1187,0	1189,9	1184,4	1192,3	1187,5	1185,3	1189,9	1190,4	1189,3
I	Berat SSD (gram)	1190,8	1195,3	1198,0	1191,7	1201,1	1195,6	1192,7	1197,7	1198,6	1196,6
j	Berat dalam air (gram)	639,8	638,6	644,0	639,9	636,1	637,5	631,3	635,9	619,5	631,0
k	Isi (gram)	551,00	556,70	554,00	551,80	565,00	558,10	561,40	561,80	579,10	565,60
l	Berat isi	2,147	2,132	2,148	2,146	2,110	2,128	2,111	2,118	2,056	2,103
m	BJ maksimum teoritis	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388
n	(g*l)/bj aspal)	13,419	13,326	13,424	13,415	13,189	13,298	13,196	13,238	12,848	13,142
o	((100-g)*l)/bj agregat	76,474	75,947	76,504	76,454	75,166	75,789	75,204	75,442	73,219	74,897
p	Jumlah kandungan rongga (%)	10,11	10,73	10,07	10,13	11,65	10,91	11,60	11,32	13,93	11,96
q	% rongga thd agregat VMA	23,526	24,053	23,496	23,546	24,834	24,211	24,796	24,558	26,781	25,103
r	% rongga terisi aspal	57,039	55,404	57,132	56,974	53,109	54,926	53,216	53,903	47,972	52,352
s	% rongga dlm campuran VIM	10,104	10,723	10,069	10,128	11,642	10,910	11,597	11,317	13,931	11,958
t	Jam Masuk waterbath	11,05	11,10	11,15	11,20	11,25	11,30	11,35	11,40	11,45	11,50
u	Jam Test	11,05	11,10	11,15	11,20	11,25	11,30	11,35	11,40	11,45	11,50
v	Pembacaan arloji stabilitas	121	111	138	123	129	100	123	95	114	143
w	Lbf	3592,25	3299,16	4088,91	3650,78	3826,22	2975,97	3650,78	2828,79	3387,16	4234,60
x	Kg	1597,90	1467,53	1818,83	1623,94	1701,98	1323,77	1623,94	1258,30	1506,68	1883,64
y	koreksi (tebal)	0,839	0,851	0,879	0,873	0,853	0,876	0,852	0,855	0,863	0,850
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1341,36	1249,49	1599,20	1418,42	1451,32	1159,12	1383,37	1075,72	1299,95	1600,51
aa	Flow	2,3	2,4	3,3	2,6	2,6	2,7	2,0	1,9	3,3	2,8
ab	Marshall Quotient	583,20	520,62	484,61	545,54	558,20	429,31	691,68	581,47	393,92	571,61

Tabel 4.31 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		7 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,24	10,21	10,23	10,21	10,23	10,23	10,25	10,21	10,23	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,47	6,76	6,72	6,70	6,23	6,84	6,70	6,84	5,73	6,81
c	Tinggi 2 (cm)	6,48	6,72	6,71	6,72	6,25	6,80	6,72	6,81	5,70	6,85
d	Tinggi 3 (cm)	6,43	6,77	6,70	6,71	6,26	6,80	6,75	6,82	5,75	6,80
e	Tinggi rata-rata (mm)	64,60	67,50	67,08	67,08	62,45	68,12	67,23	68,22	57,27	68,18
f	% aspal thd agregat	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53
g	% aspal thd campuran	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
h	Berat sampel (gram)	1120,5	1185,5	1189,8	1191,1	1104,5	1192,5	1190,8	1191,0	1051,6	1188,1
I	Berat SSD (gram)	1134,6	1198,9	1202,7	1203,0	1116,3	1204,4	1202,5	1203,3	1157,5	1202,9
j	Berat dalam air (gram)	612,7	655,7	654,5	658,3	610,7	651,7	654,5	649,1	591,5	650,7
k	Isi (gram)	521,90	543,20	548,20	544,70	505,60	552,70	548,00	554,20	566,00	552,20
l	Berat isi	2,147	2,182	2,170	2,187	2,185	2,158	2,173	2,149	1,858	2,152
m	BJ maksimum teoritis	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372
n	(g*l)/bj aspal)	14,451	14,689	14,608	14,718	14,704	14,522	14,626	14,465	12,505	14,482
o	((100-g)*l)/bj agregat	76,064	77,321	76,893	77,472	77,395	76,440	76,986	76,138	65,825	76,227
p	Jumlah kandungan rongga (%)	9,49	7,99	8,50	7,81	7,90	9,04	8,39	9,40	21,67	9,29
q	% rongga thd agregat VMA	23,936	22,679	23,107	22,528	22,605	23,560	23,014	23,862	34,175	23,773
r	% rongga terisi aspal	60,372	64,770	63,221	65,333	65,045	61,640	63,552	60,617	36,592	60,917
s	% rongga dlm campuran VIM	9,482	7,986	8,495	7,806	7,898	9,034	8,385	9,394	21,667	9,288
t	Jam Masuk waterbath	12,00	12,05	12,10	12,15	12,20	12,25	12,30	12,35	12,40	12,45
u	Jam Test	12,00	12,05	12,10	12,15	12,20	12,25	12,30	12,35	12,40	12,45
v	Pembacaan arloji stabilitas	121	118	113	123	129	148	113	120	75	119
w	Lbf	3592,25	3504,39	3357,83	3650,78	3826,22	4380,13	3357,83	3562,97	2238,33	3533,68
x	Kg	1597,90	1558,82	1493,63	1623,94	1701,98	1948,37	1493,63	1584,88	995,65	1571,85
y	koreksi (tebal)	0,973	0,896	0,907	0,907	1,028	0,879	0,903	0,877	1,171	0,877
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1555,11	1396,51	1354,92	1473,13	1750,42	1713,10	1348,87	1389,25	1165,95	1379,24
aa	Flow	2,6	2,0	2,6	2,2	3,2	1,9	4,2	3,0	2,5	2,5
ab	Marshall Quotient	598,12	698,25	521,12	669,60	547,00	901,63	321,16	463,08	466,38	551,70

Tabel 4.32 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		7,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,25	10,23	10,22	10,22	10,23	10,21	10,23	10,23	10,22	10,24
b	Tinggi 1 (cm)	6,81	6,74	6,75	6,75	6,72	6,71	6,76	6,77	6,72	6,76
c	Tinggi 2 (cm)	6,76	6,81	6,85	6,72	6,83	6,74	6,63	6,73	6,85	6,74
d	Tinggi 3 (cm)	6,76	6,74	6,84	6,73	6,81	6,77	6,75	6,75	6,72	6,74
e	Tinggi rata-rata (mm)	67,77	67,62	68,12	67,33	67,87	67,40	67,13	67,48	67,63	67,47
f	% aspal thd agregat	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11
g	% aspal thd campuran	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
h	Berat sampel (gram)	1185,6	1191,7	1191,5	1191,8	1191,8	1192,7	1192,5	1191,6	1193,6	1187,9
I	Berat SSD (gram)	1193,3	1198,7	1198,1	1199,2	1199,4	1198,5	1198,9	1197,9	1200,6	1194,1
j	Berat dalam air (gram)	644,9	653,9	653,8	656,5	651,8	656,8	659,5	653,5	656,4	652,3
k	Isi (gram)	548,40	544,8	544,3	542,7	547,6	541,7	539,4	544,4	544,2	541,8
l	Berat isi	2,162	2,187	2,189	2,196	2,176	2,202	2,211	2,189	2,193	2,193
m	BJ maksimum teoritis	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356	2,356
n	(g*l)/bj aspal)	15,591	15,775	15,786	15,837	15,695	15,878	15,943	15,785	15,817	15,811
o	((100-g)*l)/bj agregat	76,182	77,080	77,138	77,385	76,692	77,586	77,904	77,130	77,288	77,260
p	Jumlah kandungan rongga (%)	8,23	7,145	7,076	6,778	7,612	6,536	6,153	7,085	6,895	6,929
q	% rongga thd agregat VMA	23,818	22,920	22,862	22,615	23,308	22,414	22,096	22,870	22,712	22,740
r	% rongga terisi aspal	65,458	68,825	69,051	70,028	67,340	70,841	72,154	69,021	69,643	69,530
s	% rongga dlm campuran VIM	8,224	7,142	7,072	6,775	7,609	6,532	6,149	7,081	6,891	6,925
t	Jam Masuk waterbath	12,50	12,55	13,00	13,05	13,10	13,15	13,20	13,25	13,30	13,35
u	Jam Test	12,50	12,55	13,00	13,05	13,10	13,15	13,20	13,25	13,30	13,35
v	Pembacaan arloji stabilitas	120	80	94	133	95	55	99	169	153	138
w	Lbf	3562,97	2386,20	2799,33	3943,04	2828,79	1645,11	2946,54	4989,44	4525,48	4088,91
x	Kg	1584,88	1061,43	1245,20	1753,94	1258,30	731,78	1310,68	2219,40	2013,02	1818,83
y	koreksi (tebal)	0,889	0,893	0,879	0,900	0,886	0,899	0,906	0,896	0,892	0,897
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1408,44	947,56	1094,84	1579,21	1114,83	657,56	1187,19	1989,30	1796,17	1631,08
aa	Flow	3,5	2,2	3,0	2,8	2,4	2,8	1,6	2,4	2,2	2,8
ab	Marshall Quotient	402,41	430,71	371,13	564,00	464,51	234,84	741,99	828,88	816,44	593,12

Tabel 4.33 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 8% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60^0C

Kadar Aspal		8 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,28	10,225	10,22	10,205	10,2	10,245	10,23	10,205	10,245	10,215
b	Tinggi 1 (cm)	6,73	6,95	6,72	6,695	6,69	6,66	6,705	6,695	6,645	6,62
c	Tinggi 2 (cm)	6,73	6,82	6,77	6,66	6,68	6,7	6,68	6,685	6,64	6,62
d	Tinggi 3 (cm)	6,75	6,795	6,74	6,682	6,688	6,688	6,697	6,682	6,635	6,627
e	Tinggi rata-rata (mm)	67,37	68,55	67,43	66,79	66,86	66,83	66,94	66,87	66,40	66,21
f	% aspal thd agregat	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
g	% aspal thd campuran	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
h	Berat sampel (gram)	1185,4	1192,1	1191,5	1190,8	1186,7	1186,2	1187,3	1188,6	1182,9	1168,9
I	Berat SSD (gram)	1192,6	1201,4	1200,8	1198,5	1195,9	1196,1	1195,7	1196,3	1191,1	1176,8
j	Berat dalam air (gram)	647,3	655,5	654,0	659,1	655,0	656,7	650,9	651,5	651,0	638,7
k	Isi (gram)	545,3	545,9	546,8	539,4	540,9	539,4	544,8	544,8	540,1	538,1
l	Berat isi	2,174	2,184	2,179	2,208	2,194	2,199	2,179	2,182	2,190	2,172
m	BJ maksimum teoritis	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340	2,340
n	(g*l)/bj aspal)	16,722	16,798	16,762	16,982	16,876	16,916	16,764	16,782	16,847	16,710
o	((100-g)*l)/bj agregat	76,188	76,535	76,370	77,372	76,892	77,074	76,380	76,464	76,760	76,133
p	Jumlah kandungan rongga (%)	7,090	6,667	6,868	5,646	6,231	6,010	6,856	6,754	6,393	7,157
q	% rongga thd agregat VMA	23,812	23,465	23,630	22,628	23,108	22,926	23,620	23,536	23,240	23,867
r	% rongga terisi aspal	70,225	71,586	70,935	75,049	73,034	73,785	70,975	71,306	72,491	70,012
s	% rongga dlm campuran VIM	7,086	6,664	6,865	5,642	6,228	6,007	6,852	6,750	6,390	7,154
t	Jam Masuk waterbath	13,50	13,55	14	14,05	14,1	14,15	14,2	14,25	14,3	14,35
u	Jam Test	13,50	13,55	14	14,05	14,1	14,15	14,2	14,25	14,3	14,35
v	Pembacaan arloji stabilitas	53	62	76	92	91	93	102	130	85	98
w	Lbf	1585,64	1853,05	2267,92	2740,39	2710,92	2769,86	3034,79	3855,43	2533,90	2917,12
x	Kg	705,32	824,27	1008,82	1218,98	1205,87	1232,09	1349,94	1714,97	1127,13	1297,59
y	koreksi (tebal)	0,899	0,868	0,898	0,915	0,913	0,914	0,911	0,913	0,926	0,931
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	634	715	906	1115	1101	1126	1230	1565	1043	1208
aa	Flow	2,6	2,6	3,1	3,5	4,6	3,0	2,9	3,1	3,6	1,9
ab	Marshall Quotient	244,01	275,07	292,13	318,69	239,38	375,40	424,07	504,98	293,86	635,6

4.5. Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data penelitian yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pegujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (*Sudjana, 1982*). Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diizinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Berikut ini adalah contoh perhitungan Interval Kepercayaan untuk Data Stabilitas pada variasi Kadar Aspal 6 % direndam dalam water bath selama 30 menit pada suhu 60^0C dengan jumlah benda uji 10 buah.

Tabel 4.34 Data Stabilitas (Perendaman 30 menit)

No. Benda Uji	Stabilitas (a)	$(a-X)^2$
1	1355,73	2361,29
2	1077,92	106538,80
3	1272,85	17285,57
4	1355,73	2361,29
5	1335,79	4696,82
6	1573,96	28776,95
7	1460,17	3118,40
8	1850,75	199297,16
9	1320,50	7027,78
10	1439,85	1261,77
Jumlah	14043,27	372725,82

$$X = \frac{\sum_{n=1}^{n} Stabilitas\,(a)}{n}$$

$$= \frac{14043,27}{10} = 1404,33 \text{ kg}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{n}(a_n - X)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{372725{,}82}{10-1}}$$

$$= 203{,}5043$$

$P = {}^1/_2\,(1 + 0{,}095) = 0{,}975$

$dk = n - 1 = 10 - 1 = 9$

$t_{0{,}975} = 2{,}262$ (tabel student)

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

$t_{0{,}975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$= x - \left(t_{0{,}975}\, x \frac{s}{\sqrt{n}}\right) < \mu < x + \left(t_{0{,}975}\, x \frac{s}{\sqrt{n}}\right)$$

$$= 1404{,}33 - \left(2{,}262x\frac{203{,}50425}{\sqrt{10}}\right) < \mu < 1404{,}33 + \left(2{,}262x\frac{203{,}50425}{\sqrt{10}}\right)$$

$$= 1258{,}759 < \mu < 1549{,}8952$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Berikut ini adalah tabel interval kepercayaan :

Tabel 4.35 Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	1404,33	203,50425	0,975	9	2,262	1258,759	$< \mu <$	1549,8952
Kadar Aspal 6,5%	1432,79	266,85732	0,975	9	2,262	1241,9034	$< \mu <$	1623,6733
Kadar Aspal 7%	1511,06	237,63829	0,975	9	2,262	1341,0721	$< \mu <$	1681,0408
Kadar Aspal 7,5%	1446,04	203,19302	0,975	9	2,262	1300,697	$< \mu <$	1591,388
Kadar Aspal 8%	1314,49	213,10184	0,975	9	2,262	1162,0535	$< \mu <$	1466,9201

Tabel 4.36 Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
Stabilitas (Kg)	1246,947	1386,893	1435,271	1418,58	1375,16
	936,3209	1082,745	1945,605	1560,26	1222,326
	1732,014	1347,404	1765,427	1376,49	958,1988
	1485,94	1379,151	1487,29	1241,39	1567,761
	1554,83	1272,272	1451,209	1083,83	1615,552
	1552,464	1568,564	1520,867	1399,32	1317,934
	1658,888	1493,346	1444,114	1505,59	1041,482
	1359,116	1845,163	1033,502	1528,61	1192,837
	1124,744	1314,632	1435,63	1494,12	1416,002
	1536,42	1468,822	1591,65	1852,25	1437,613
Jumlah Data yang Digunakan	8735,716	9662,52	10366,03	10282,96	7961,875
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	7	7	7	6
Rata-rata Data yang Digunakan	1455,95	1380,36	1480,86	1468,99	1326,98

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 4.37 Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	2,35	0,3847438	0,975	9	2,262	2,06979	$< \mu <$	2,62021
Kadar Aspal 6,5%	2,38	0,3521363	0,975	9	2,262	2,1281143	$< \mu <$	2,6318857
Kadar Aspal 7%	2,41	0,9562078	0,975	9	2,262	1,7260177	$< \mu <$	3,0939823
Kadar Aspal 7,5%	2,67	0,4571652	0,975	9	2,262	2,3429865	$< \mu <$	2,9970135
Kadar Aspal 8%	2,93	1,0855746	0,975	9	2,262	2,1484807	$< \mu <$	3,7015193

Tabel 4.38 Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
Flow (mm)	2,2	1,6	2,1	2,7	2,5
	2,2	2,4	2,05	3,8	2
	2,3	2,9	2,5	2,7	2,7
	2,3	2,7	1,6	2,2	2,8
	2,1	2,6	2,2	2,4	2,1
	2,8	2,2	2,45	2,2	3,4
	2,6	2,4	4,8	2,9	2,4
	3,1	2,2	1,2	2,5	2,85
	2,05	2,5	2,75	2,6	5,8
	1,8	2,3	2,45	2,7	2,7
Jumlah Data yang Digunakan	13,7	16,6	16,5	18,5	19,35
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	7	7	7	7
Rata-rata Data yang Digunakan	2,3	2,4	2,4	2,6	2,8

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 4.39 Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	12,86	0,5539889	0,975	9	2,262	12,459894	$< \mu <$	13,252438
Kadar Aspal 6,5%	12,51	0,9483194	0,975	9	2,262	11,833064	$< \mu <$	13,189744
Kadar Aspal 7%	10,98	0,9925543	0,975	9	2,262	10,265773	$< \mu <$	11,685736
Kadar Aspal 7,5%	9,69	0,7042732	0,975	9	2,262	9,1826552	$< \mu <$	10,190199
Kadar Aspal 8%	6,52	1,0561368	0,975	9	2,262	5,765599	$< \mu <$	7,2765235

Tabel 4.40 Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
VIM (%)	12,0147	11,4922	9,9317	9,2071	6,2816
	13,1053	12,5984	12,0855	9,2268	5,8927
	13,5030	12,0005	11,2182	9,2001	4,9215
	12,4845	12,4263	10,9737	10,2151	6,2254
	12,6519	13,6627	10,9572	8,5584	6,7244
	12,9176	14,5411	12,6693	9,8854	7,0950
	12,3557	11,9153	9,2906	11,0976	8,8182
	12,6497	12,6188	10,7159	9,6331	7,1519
	13,8957	12,3102	10,3620	9,7067	5,5748
	12,9836	11,5487	11,5535	10,1340	6,5250
Jumlah Data yang Digunakan	76,792553	73,869376	65,780446	66,99316974	45,8961
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	6	6	7	7
Rata-rata Data yang Digunakan	12,80	12,31	10,96	9,57	6,56

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 4.41 Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	24,95	0,4771023	0,975	9	2,262	24,609346	$< \mu <$	25,291895
Kadar Aspal 6,5%	25,57	0,8067286	0,975	9	2,262	24,997015	$< \mu <$	26,151133
Kadar Aspal 7%	25,19	0,8340612	0,975	9	2,262	24,594724	$< \mu <$	25,787944
Kadar Aspal 7,5%	25,03	0,5846065	0,975	9	2,262	24,613904	$< \mu <$	25,45025
Kadar Aspal 8%	23,35	0,8660223	0,975	9	2,262	22,72867	$< \mu <$	23,967614

Tabel 4.42 Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
VMA (%)	24,2260	24,7071	24,3140	24,6342	23,1518
	25,1652	25,6480	26,1238	24,6505	22,8329
	25,5077	25,1394	25,3951	24,6284	22,0365
	24,6305	25,5017	25,1896	25,4709	23,1057
	24,7747	26,5534	25,1757	24,0957	23,5149
	25,0035	27,3007	26,6145	25,1972	23,8188
	24,5196	25,0670	23,7753	26,2035	25,2317
	24,7728	25,6654	24,9729	24,9878	23,8654
	25,8459	25,4029	24,6756	25,0489	22,5722
	25,0604	24,7551	25,6768	25,4036	23,3514
Jumlah Data yang Digunakan	149,4071	152,4244	151,0858	174,5507	163,6409
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	6	6	7	7
Rata-rata Data yang Digunakan	24,90	25,40	25,18	24,94	23,38

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 4.43 Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	605,00	82,015009	0,975	9	2,262	546,33163	< μ <	663,66349
Kadar Aspal 6,5%	610,62	123,28016	0,975	9	2,262	522,43714	< μ <	698,80352
Kadar Aspal 7%	688,25	194,67687	0,975	9	2,262	548,99386	< μ <	827,5014
Kadar Aspal 7,5%	548,90	83,513209	0,975	9	2,262	489,16355	< μ <	608,63875
Kadar Aspal 8%	486,20	149,17542	0,975	9	2,262	379,49842	< μ <	592,91092

Tabel 4.44 Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
Marshall Quotient (kg/mm)	566,7939	866,8081	683,4626	525,3992	550,0651
	425,6004	451,1437	949,0757	410,5946	611,1628
	753,0495	464,6219	706,1709	509,8094	354,8885
	646,061	510,7968	929,5561	564,2669	559,9145
	740,3954	489,3353	659,6402	451,5939	769,3103
	554,4514	712,9837	620,762	636,0532	387,6277
	638,0337	622,2276	300,857	519,1684	433,9510
	438,4244	838,7105	861,2514	611,4445	418,5393
	548,6558	525,8528	522,0474	574,6625	244,1383
	853,5664	638,6184	649,653	686,0189	532,4492
Jumlah Data yang Digunakan	2953,996	3010,479	3319,689	2693,306	2882,5468
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	5	5	5	5	6
Rata-rata Data yang Digunakan	590,80	602,10	663,94	538,66	480,42

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 4.45 Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	1058,25	177,87558	0,975	9	2,262	931,00939	$< \mu <$	1185,4808
Kadar Aspal 6,5%	1357,85	171,47962	0,975	9	2,262	1235,1863	$< \mu <$	1480,5075
Kadar Aspal 7%	1452,65	177,16811	0,975	9	2,262	1325,9191	$< \mu <$	1579,3784
Kadar Aspal 7,5%	1340,62	412,33758	0,975	9	2,262	1045,6696	$< \mu <$	1635,5656
Kadar Aspal 8%	1064,41	266,49921	0,975	9	2,262	873,78425	$< \mu <$	1255,0419

Tabel 4.46 Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
Stabilitas (Kg)	996,746	1341,358	1555,106	1408,441	634,422
	1134,082	1249,492	1396,509	947,563	715,190
	1013,476	1599,204	1354,920	1094,840	905,589
	951,761	1418,416	1473,128	1579,209	1115,428
	830,592	1451,320	1750,416	1114,826	1101,153
	816,695	1159,124	1713,103	657,559	1126,205
	1048,311	1383,365	1348,867	1187,191	1229,794
	1151,076	1075,722	1389,252	1989,304	1565,429
	1264,575	1299,952	1165,948	1796,165	1043,211
	1375,137	1600,514	1379,239	1631,077	1207,710
Jumlah Data yang Digunakan	6295,45	8143,90	9897,02	8015,58	7729,09
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	6	7	6	7
Rata-rata Data yang Digunakan	1049,24	1357,32	1413,86	1335,93	1104,16

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 4.47 Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	2,30	0,434901	0,975	9	2,262	1,9839122	$< \mu <$	2,6060878
Kadar Aspal 6,5%	2,59	0,4807691	0,975	9	2,262	2,2411024	$< \mu <$	2,9288976
Kadar Aspal 7%	2,67	0,6717308	0,975	9	2,262	2,1895061	$< \mu <$	3,1504939
Kadar Aspal 7,5%	2,56	0,5184378	0,975	9	2,262	2,1891577	$< \mu <$	2,9308423
Kadar Aspal 8%	3,09	0,7149398	0,975	9	2,262	2,5735984	$< \mu <$	3,5964016

Tabel 4.48 Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
Flow (mm)	2	2,3	2,6	3,5	2,6
	2,6	2,4	2	2,2	2,6
	1,7	3,3	2,6	3,0	3,1
	2,2	2,6	2,2	2,8	3,5
	1,9	2,6	3,2	2,4	4,6
	2,1	2,7	1,9	2,8	3
	2,05	2	4,2	1,6	2,9
	2,6	1,85	3	2,4	3,1
	2,7	3,3	2,5	2,2	3,55
	3,1	2,8	2,5	2,8	1,9
Jumlah Data yang Digunakan	13,55	15,4	15,4	17,55	24,35
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	**6**	**6**	**6**	**7**	**8**
Rata-rata Data yang Digunakan	2,3	2,6	2,6	2,5	3,0

= *Data yang tidak dipakai*

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

Tabel 4.49 Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	12,17	0,6897127	0,975	9	2,262	11,674644	$< \mu <$	12,661357
Kadar Aspal 6,5%	11,24	1,1702956	0,975	9	2,262	10,400634	$< \mu <$	12,074876
Kadar Aspal 7%	9,94	4,1676549	0,975	9	2,262	6,9624135	$< \mu <$	12,924721
Kadar Aspal 7,5%	7,04	0,5671297	0,975	9	2,262	6,6344425	$< \mu <$	7,4457864
Kadar Aspal 8%	6,56	0,4878808	0,975	9	2,262	6,2147907	$< \mu <$	6,9127601

Tabel 4.50 Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
VIM (%)	11,8047	10,1035	9,4821	8,2237	7,0865
	13,7951	10,7231	7,9864	7,1419	6,6640
	12,1476	10,0688	8,4950	7,0722	6,8645
	11,6974	10,1276	7,8064	6,7748	5,6423
	12,6563	11,6419	7,8981	7,6089	6,2279
	12,1988	10,9096	9,0340	6,5321	6,0068
	11,5264	11,5973	8,3846	6,1493	6,8521
	12,1972	11,3174	9,3944	7,0815	6,7501
	11,3825	13,9306	21,6671	6,8913	6,3897
	12,2741	11,9577	9,2876	6,9255	7,1538
Jumlah Data yang Digunakan	84,9760	68,1470	77,7686	41,8871	39,7484
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	7	6	9	6	6
Rata-rata Data yang Digunakan	12,14	11,36	8,64	6,98	6,62

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 4.51 Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	24,36	0,5939894	0,975	9	2,262	23,933079	$< \mu <$	24,782848
Kadar Aspal 6,5%	24,49	0,9955621	0,975	9	2,262	23,778457	$< \mu <$	25,202723
Kadar Aspal 7%	24,32	3,502155	0,975	9	2,262	21,818852	$< \mu <$	26,829085
Kadar Aspal 7,5%	22,84	0,4707657	0,975	9	2,262	22,498671	$< \mu <$	23,172156
Kadar Aspal 8%	23,38	0,4000577	0,975	9	2,262	23,097003	$< \mu <$	23,669331

Tabel 4.52 Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
VMA (%)	24,0451	23,5257	23,9362	23,8179	23,8118
	25,7592	24,0528	22,6794	22,9199	23,4653
	24,3404	23,4962	23,1067	22,8620	23,6298
	23,9527	23,5462	22,5280	22,6151	22,6275
	24,7785	24,8344	22,6051	23,3076	23,1078
	24,3845	24,2114	23,5597	22,4137	22,9264
	23,8054	24,7965	23,0140	22,0960	23,6196
	24,3831	24,5584	23,8625	22,8697	23,5360
	23,6815	26,7814	34,1755	22,7119	23,2405
	24,4493	25,1030	23,7728	22,7402	23,8670
Jumlah Data yang Digunakan	170,3335	147,5564	209,0642	136,7190	140,5989
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	7	6	9	6	6
Rata-rata Data yang Digunakan	24,33	24,59	23,23	22,79	23,43

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 4.53 Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 6%	465,54	57,615267	0,975	9	2,262	424,33157	< μ <	506,7568
Kadar Aspal 6,5%	536,02	84,873395	0,975	9	2,262	475,3064	< μ <	596,7275
Kadar Aspal 7%	573,81	157,8816	0,975	9	2,262	460,8716	< μ <	686,7393
Kadar Aspal 7,5%	544,80	200,56803	0,975	9	2,262	401,33624	< μ <	688,27175
Kadar Aspal 8%	360,32	127,90519	0,975	9	2,262	268,83114	< μ <	451,81415

Tabel 4.54 Validasi Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
Marshall Quotient (kg/mm)	498,3728	583,1989	598,1176	402,4118	244,0084
	436,1853	520,6218	698,2547	430,7106	275,0733
	596,1624	484,6073	521,1231	371,1322	292,1253
	432,6185	545,5448	669,6034	564,0032	318,6936
	437,1538	558,1999	547,0049	464,5108	239,3810
	388,9024	429,3053	901,6331	234,8423	375,4017
	511,3714	691,6827	321,1589	741,9945	424,0671
	442,7215	581,4714	463,0840	828,8768	504,9772
	468,3612	393,9249	466,3792	816,4387	293,8622
	443,5925	571,6123	551,6956	593,1191	635,6366
Jumlah Data yang Digunakan	3159,0056	3845,2565	3817,0079	2454,7554	1979,2231
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	7	7	7	5	6
Rata-rata Data yang Digunakan	451,29	549,32	545,29	490,95	329,87

= *Data yang tidak dipakai*

4.5.1. Perhitungan Indeks perendaman Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

Uji Indeks Perendaman (Marshall Imersion Test) dimaksudkan untuk mengukur tingkat durabilitas campuran (merupakan indicator dari tingkat ketahanan campuran) terhadap pengaruh cuaca. Ukuran ini dinyatakan dalam nilai stabilitas sisa yang didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Indeks\ Perendaman = \frac{Stabilitas\ pada\ rendaman\ 24\ jam,\ suhu\ 60^{o}C}{Stabilitas\ pada\ rendaman\ 30\ menit,\ suhu\ 60^{o}C}$$

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.55 Data Indeks Perendaman

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (30 menit)	Stabilitas (24 jam)	Indeks Perendaman (%)	Syarat
6	1455,95	1049,24	72	> 85%
6,5	1380,36	1357,32	98	
7	1480,86	1413,86	95	
7,5	1468,99	1335,93	91	
8	1326,98	1104,16	83	

4.5.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

4.5.2.1. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel 2007

Berdasarkan dari tabel 4.31 sampai 4.50 diatas dapat diplotkan data dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara lain :

a. Antara kadar aspal dengan Stabilitas

b. Antara kadar aspal dengan Flow

c. Antara kadar aspal dengan VIM

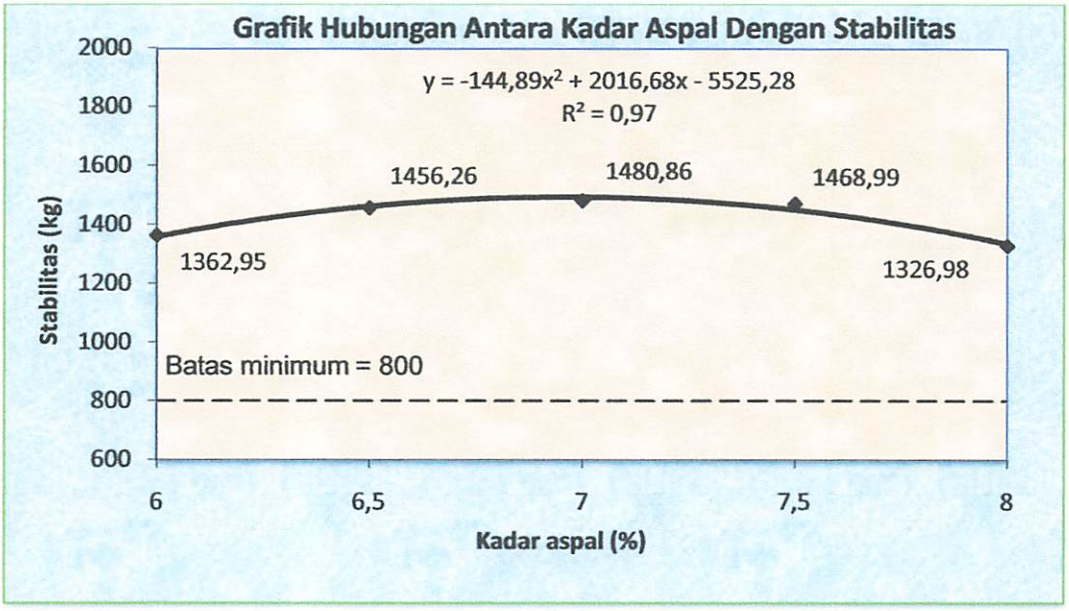
d. Antara kadar aspal dengan VMA

e. Antara kadar aspal dengan Marshall Quotient

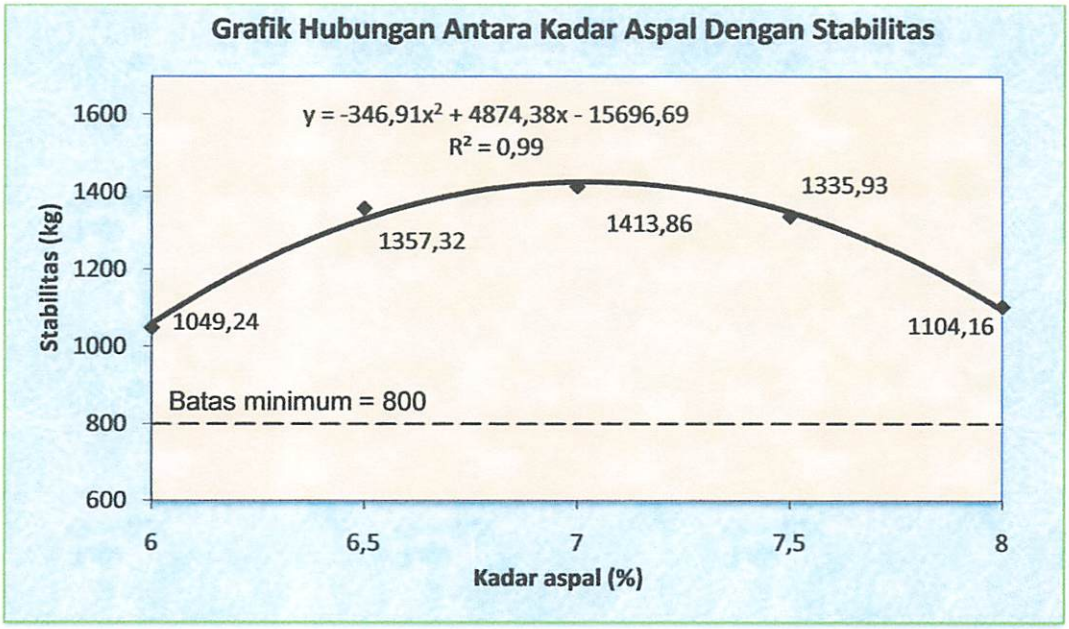
f. Antara kadar aspal dengan Indeks Perendaman

Perhitungan mencari kadar aspal optimum didasarkan pada hasil dari perhitungan parameter Marshall yang digambarkan dalam grafik di bawah ini :

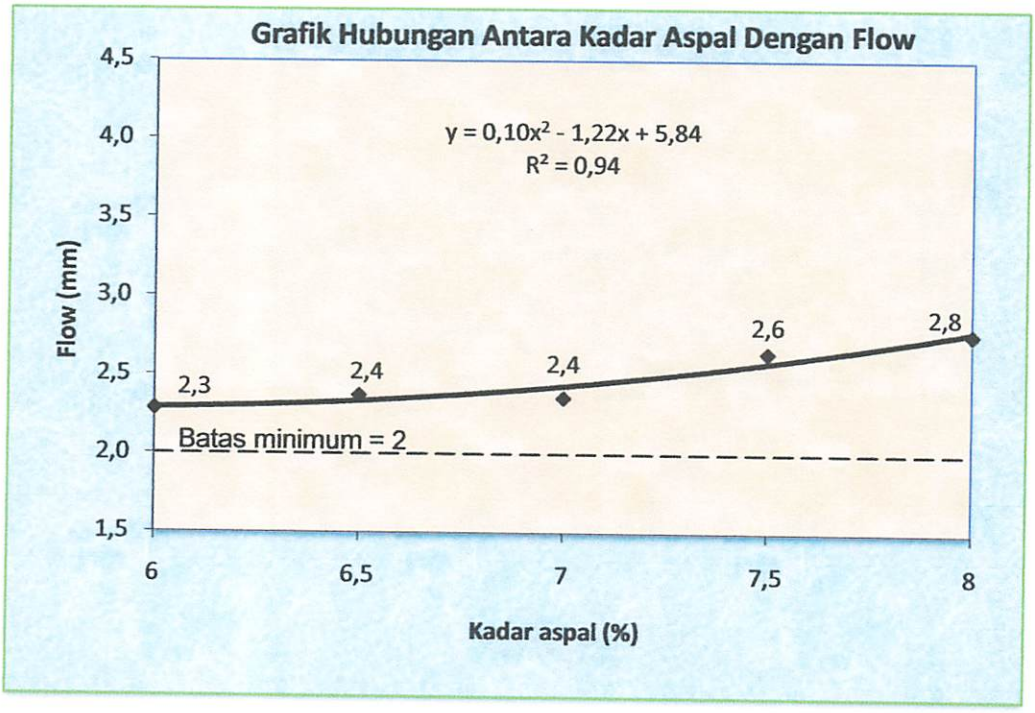
Grafik 4.2 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)



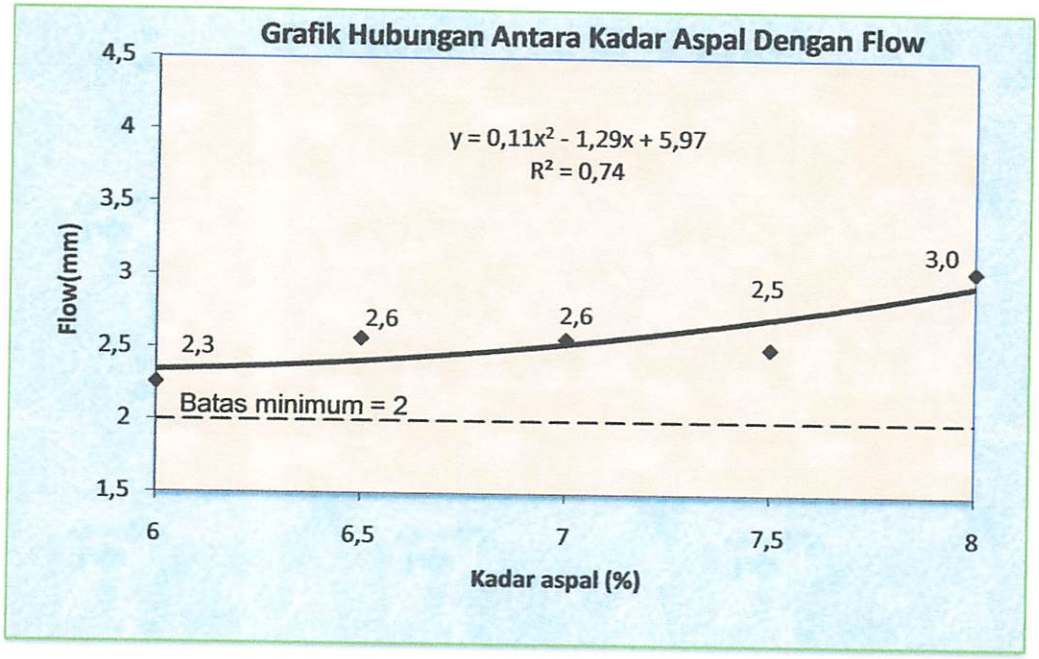
Grafik 4.3 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)



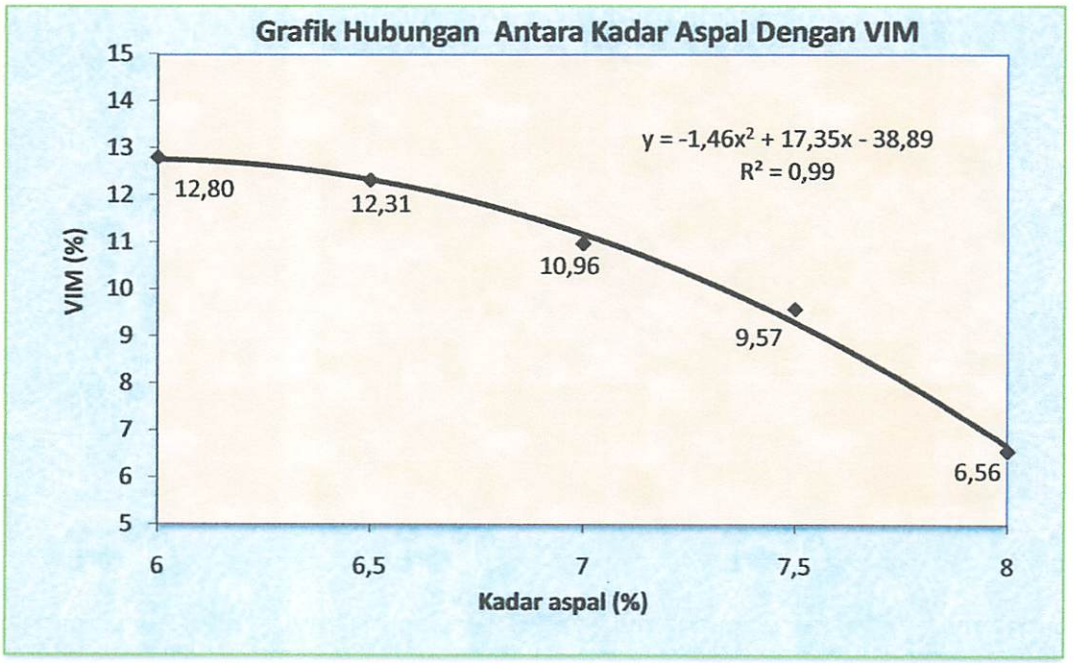
Grafik 4.4 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 30 menit)



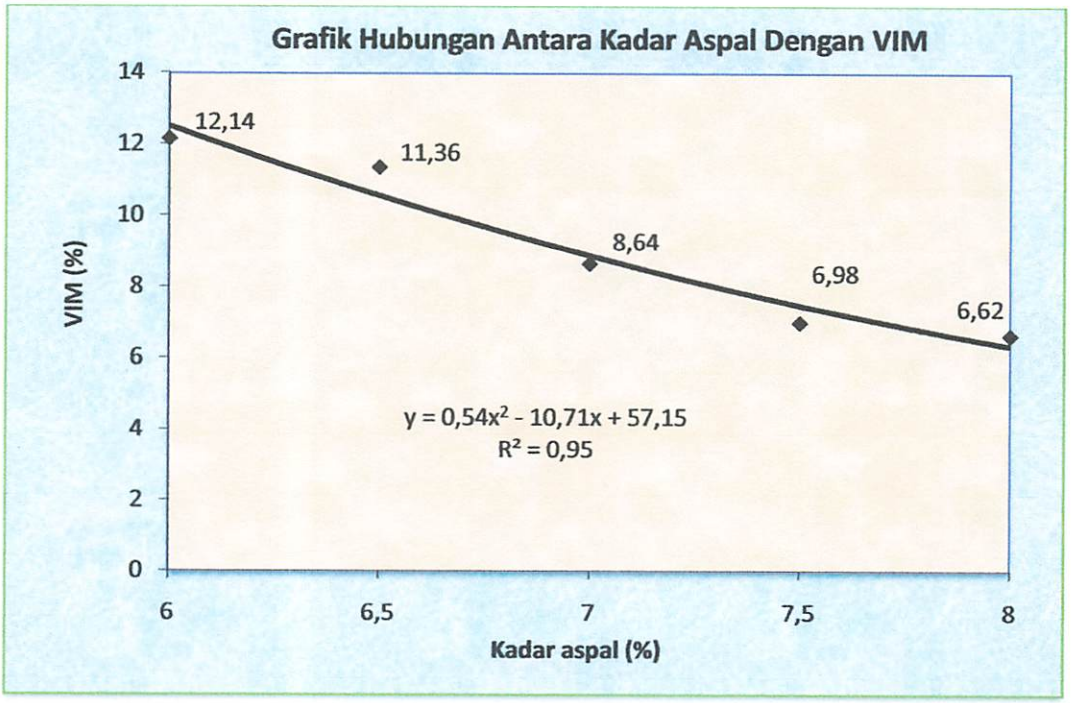
Grafik 4.5 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 24 jam)



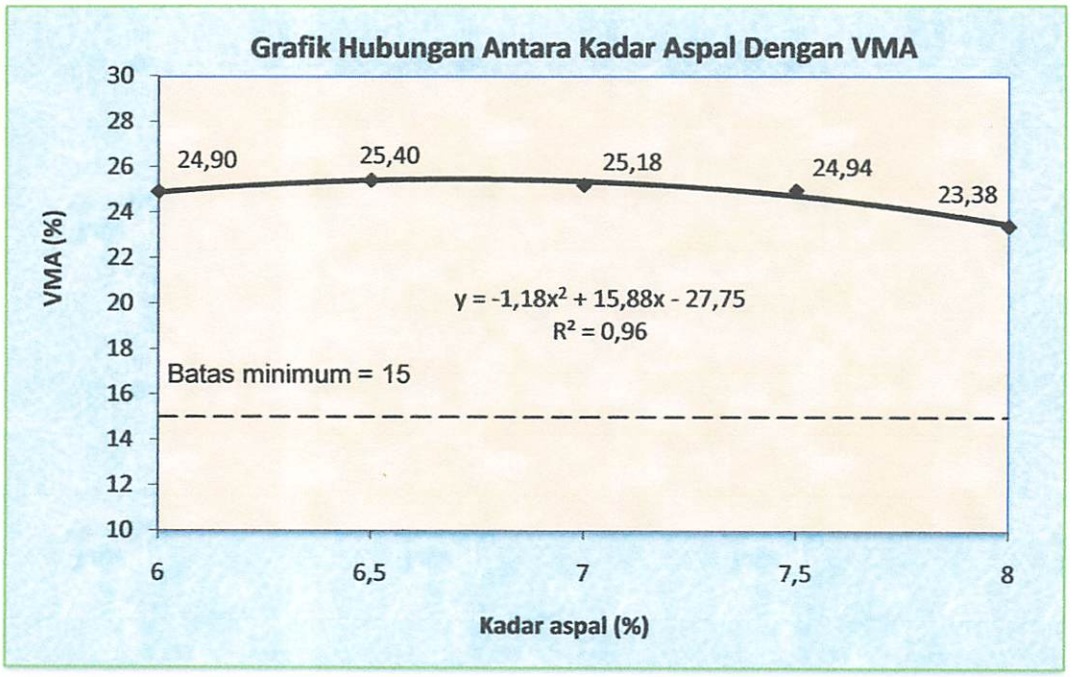
Grafik 4.6 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 30 menit)



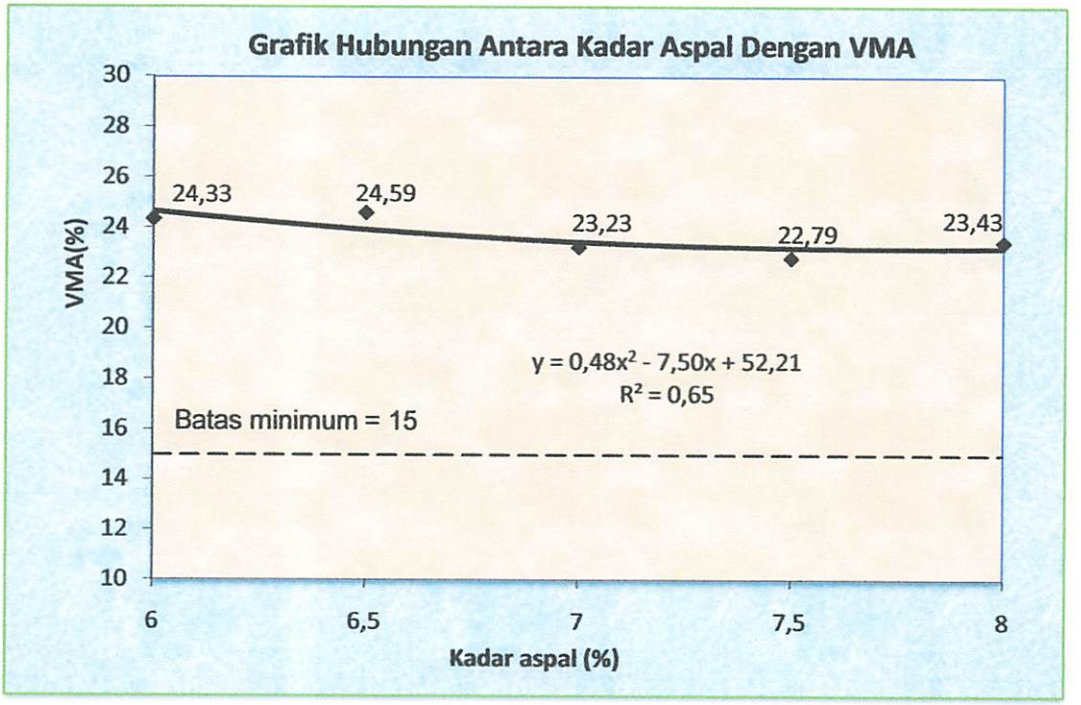
Grafik 4.7 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 24 jam)



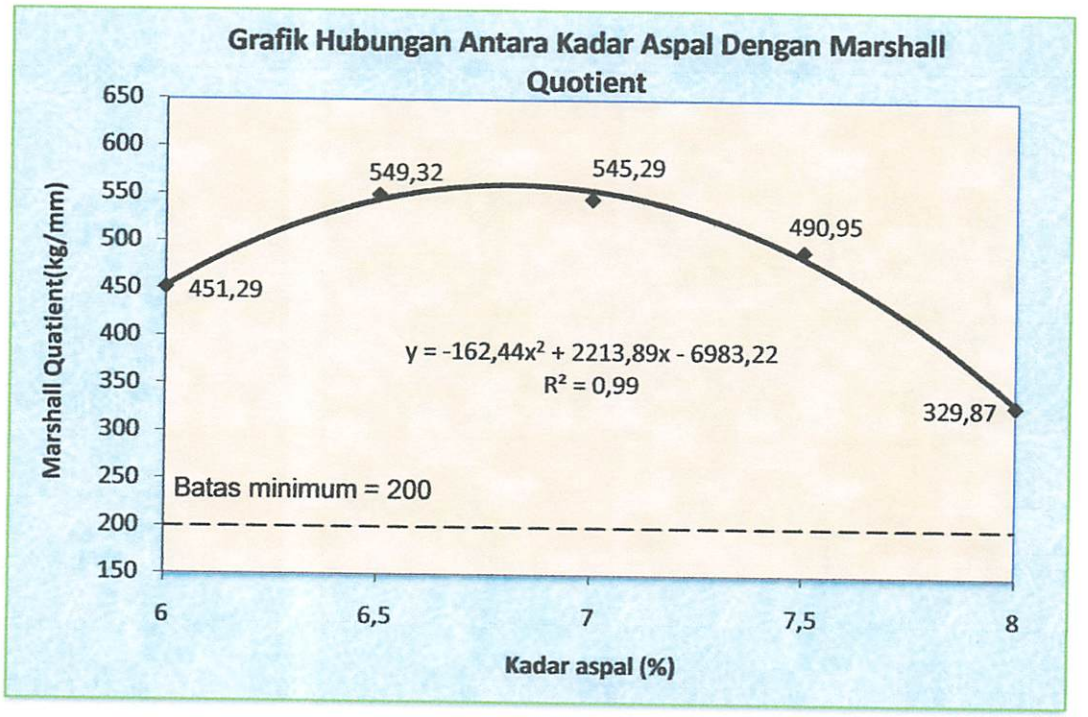
Grafik 4.8 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 30 menit)



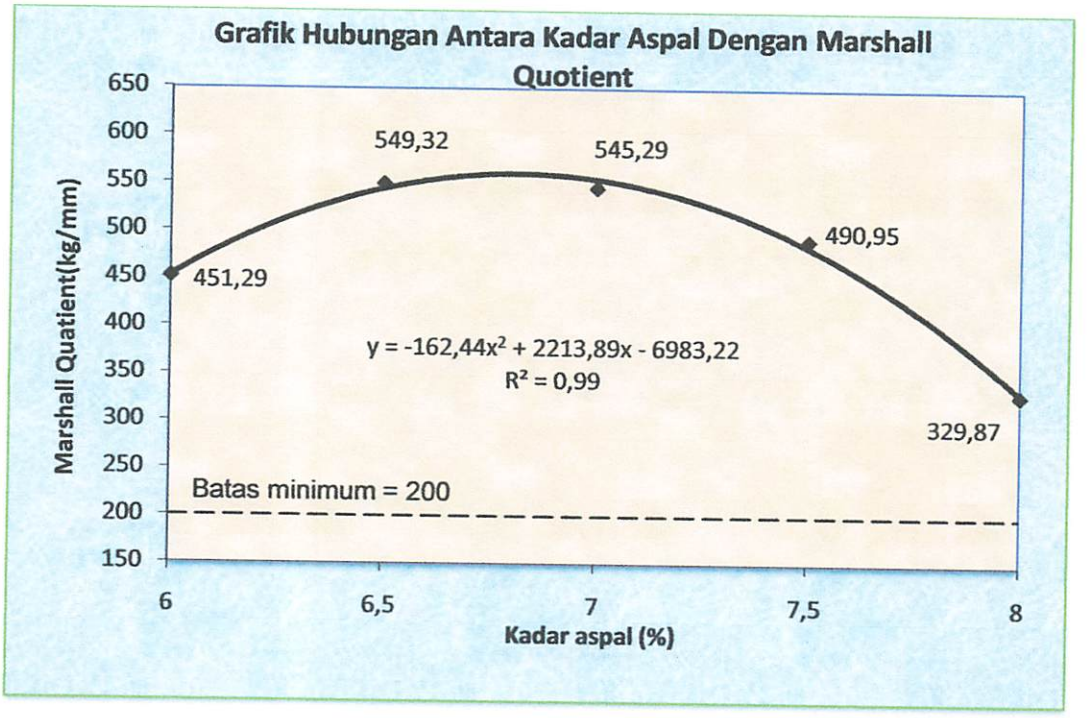
Grafik 4.9 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 24 jam)



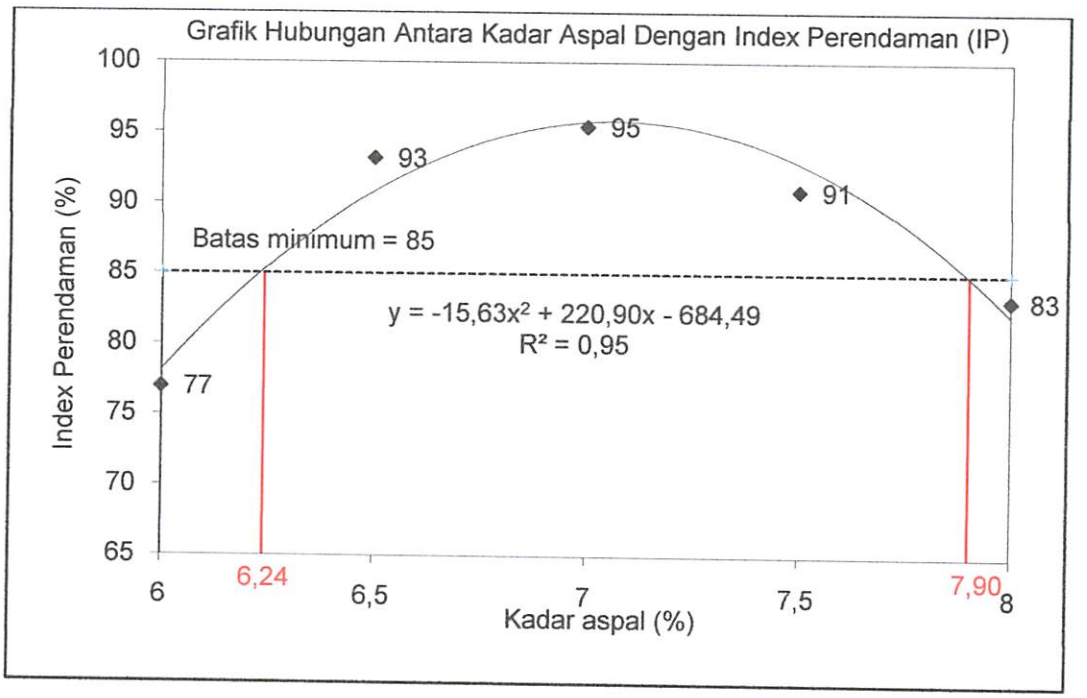
Grafik 4.10 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)



Grafik 4.11 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)



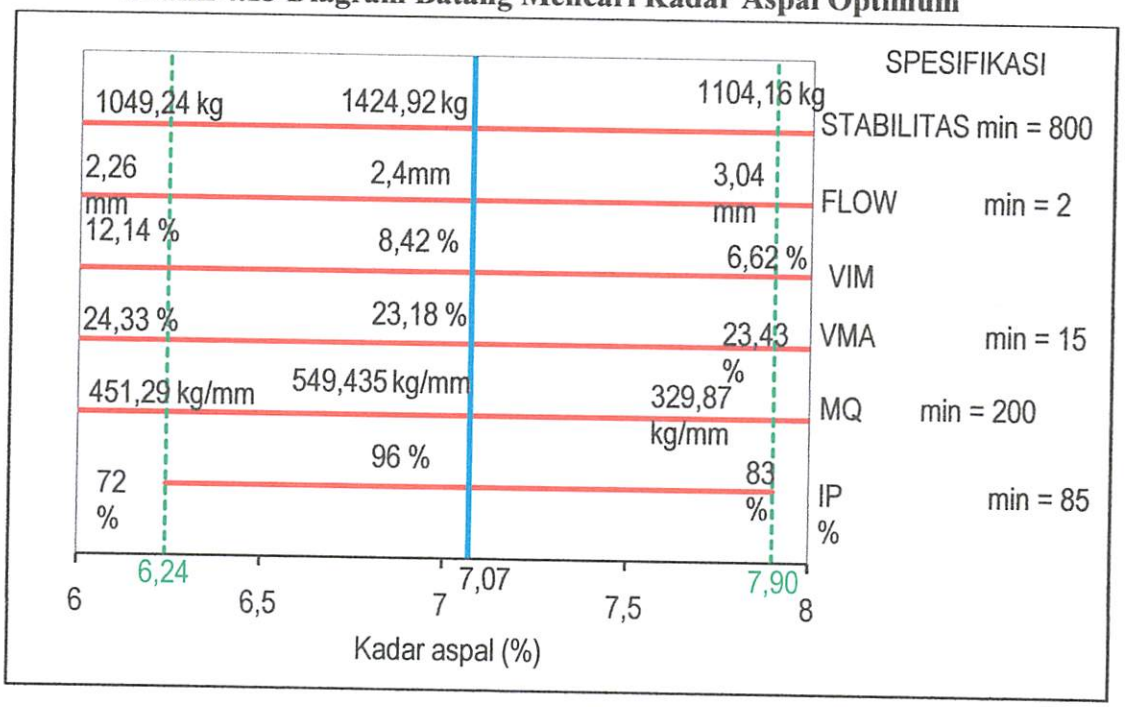
Grafik 4.12 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP)



4.5.2.1.1. Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh Kadar Aspal Optimum sebagai berikut :

Grafik 4.13 Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum



Kadar aspal optimum diperoleh dengan mengambil beberapa indikator *Marshall* antara lain Stabilitas, *Flow*, *Marshall quotient*, VMA, VIM yang memenuhi syarat dan diambil nilai yang paling ideal.

Berdasarkan diagram batang pada grafik 4.13, kadar aspal optimum dari pengujian ini adalah =

$y = -346{,}91x^2 + 4874{,}38x - 15696{,}69$

$\frac{dy}{dx} = -2(346{,}91)x + 4874{,}38$

$0 = -693{,}82x + 4874{,}38$

$x = \frac{4874{,}38}{693{,}82} = 7{,}07\%$

BAB V

ANALISA ASPAL SUBTITUSI PLASTIK DAN PEMBAHASAN

5.1. Marshall Test

5.1.1. Data Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall dihitung menggunakan software Microsoft Excel XP dan hasilnya ditabelkan. Data – data ditampilkan dalam tabel hasil uji test Marshall sebagai berikut.

Keterangan Tabel 5.3 :

Kadar Aspal Optimum = 7,07% (Sub Bab 4.5.2.2.)

BJ agregat = 2,59 (Sub Bab 4.1.7.)

BJ aspal = 1,04 (Sub Bab 4.2.5.)

BJ plastik PET = 1,36 (Sub Bab 2.3.1.)

Contoh perhitungan berat jenis aspal dengan subtitusi plastik dengan prosentase 1,5% :

Berat jenis campuran =

$$\frac{\{BJ\ Aspal \times (100 - Prosentase\ Plastik)\} + \{BJ\ Plastik \times Prosentase\ Plastik\}}{100}$$

$$= \frac{\{1{,}04 \times (100 - 1{,}5\} + \{1{,}36 \times 1{,}5)}{100} = 1{,}040048$$

Tabel 5.1 Prosentase Subtitusi Plastik dan Berat Jenis Aspal Dengan Subtitusi Plastik

Prosentase Plastik	Berat Jenis Campuran
0,0%	1,04
1,5%	1,040048
2,0%	1,040064
2,5%	1,04008
3,0%	1,040096
3,5%	1,040112

Prosentase Subtitusi Plastik PET = 1,5% (Perendaman 24 Jam)

Nomor Benda Uji = 1

a = Diameter (cm)

= 10,23 cm

b = Tinggi 1 (cm)

= 6,34 cm

c = Tinggi 2 (cm)

= 6,32 cm

d = Tinggi 3 (cm)

= 6,39 cm

e = Tinggi rata-rata (cm)

$$= \left(\frac{b+c+d}{3}\right) x10 = \frac{6,34+6,32+6,39}{3} x10$$

= 63,50 mm

f = % aspal dan plastik terhadap agregat

$$= \frac{\%\ \text{aspal dan plastik x 12}}{1200 - \%\ \text{Aspal dan plastik x 12}} x100$$

$$= \frac{7{,}07 \text{ x } 12}{1200 - 7{,}07 \text{ x } 12} x100$$

= 7,61 %

g = % aspal dan plastik terhadap campuran

= 7,07%

h = Berat sampel (gram)

= 1191,4 gram

i = Berat SSD (gram)

= 1197,9 gram

j = Berat dalam air (gram)

= 660,8 gram

k = Isi (gram) = i – j

= 1191,4 – 668,4

= 537,10 gram

l = Berat isi = $\frac{h}{k}$

$$= \frac{1185{,}4}{523}$$

= 2,218 gram

m = Berat jenis maksimum teoritis

$$= \frac{100}{\frac{\%\ Agregat}{BJ\ agregat} + \frac{\%\ Aspal\ dan\ Plastik}{BJ\ Campuran\ Aspal\ dan\ Plastik}}$$

$$= \frac{100}{\frac{13\times(100-7{,}07)/100}{2{,}59} + \frac{36{,}5\times(100-7{,}07)/100}{2{,}59} + \frac{50{,}5\times(100-7{,}07)/100}{2{,}66} + \frac{7{,}07}{1{,}04}}$$

$= 2{,}370$

$$n = \frac{g\ x\ l}{BJ\ aspal\ campuran}$$

$$= \frac{7{,}07\ x\ 2{,}267}{1{,}04}$$

$= 15{,}079$

$$o = \frac{(100-g)x\ 1}{BJ\ Agregat}$$

$$= \frac{(100-7{,}07)x\ 2{,}267}{2{,}625}$$

$= 78{,}529$

p = Jumlah kandungan rongga (%) = 100 - n - o

= 100 – 15,408 – 80,24

= 6,392

q = % rongga terhadap agregat VMA = 100 – o

= 100 – 80,24

= 21,471

r = % rongga terisi aspal VFB = $\frac{100\ x\ n}{q}$

$$= \frac{100\ x15{,}408}{19{,}76} = 70{,}228$$

s = % rongga dalam campuran VIM = $100 - \left[100x\left(\frac{l}{m}\right)\right]$

$$= 100 - \left[100x\left(\frac{2{,}267}{2{,}37}\right)\right]$$

$$= 6{,}389$$

t = Masuk Waterbath (jam) 13:20

u = Test (jam) 13:20

v = Pembacaan arloji stabilitas

= 98

w = dari tabel lampiran kalibrasi didapat regresi dari nilai v = 90 ≈ 2917,12 lbf

x = w *x* 0,44482 (kg)

= 2917,12 x 0,44482

= 1297,59 kg

y = Angka koreksi (tebal), didapat dari tabel lampiran angka koreksi secara regresi ; e = 63,50 ≈ 1,002

z = Stabilitas (kg ; dengan koreksi benda uji) = x *x* y

= 1493,63 x 0,960

=1299,72 kg

aa = 2,5 mm

ab = Marshall Quotient = z/aa (kg/mm)

$$= \frac{1299{,}72}{2{,}5} = 519{,}89 kg/mm$$

Tabel 5.2 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 0% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Prosentase Subtitusi		0 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,20	10,22	10,23	10,21	10,21	10,21	10,24	10,21	10,24	10,21
b	Tinggi 1 (cm)	6,59	6,41	6,50	6,52	6,35	6,48	6,55	6,44	6,47	6,46
c	Tinggi 2 (cm)	6,45	6,40	6,51	6,53	6,39	6,44	6,47	6,45	6,42	6,44
d	Tinggi 3 (cm)	6,49	6,45	6,50	6,54	6,41	6,44	6,46	6,49	6,44	6,41
e	Tinggi rata-rata (mm)	65,10	64,20	65,03	65,30	63,83	64,53	64,93	64,60	64,43	64,37
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1185,4	1188,5	1186,1	1194,8	1192,2	1185,2	1185,4	1188,4	1187,6	1191,6
I	Berat SSD (gram)	1191,4	1196,8	1196,3	1199,2	1193,5	1197,5	1196,4	1194,9	1193,6	1195,5
j	Berat dalam air (gram)	668,4	673,0	682,1	680,8	676,7	626,1	681,8	680,4	678,1	680,8
k	Isi (gram)	523,00	523,80	514,20	518,40	516,80	571,40	514,60	514,50	515,50	514,70
l	Berat isi	2,267	2,269	2,307	2,305	2,307	2,074	2,304	2,310	2,304	2,315
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	15,408	15,425	15,681	15,668	15,682	14,101	15,660	15,702	15,661	15,738
o	((100-g)*l)/bj agregat	80,240	80,327	81,661	81,594	81,668	73,431	81,550	81,772	81,558	81,960
p	Jumlah kandungan rongga (%)	4,352	4,25	2,66	2,74	2,65	12,47	2,79	2,53	2,78	2,30
q	% rongga thd agregat VMA	19,760	19,673	18,339	18,406	18,332	26,569	18,450	18,228	18,442	18,040
r	% rongga terisi aspal	77,975	78,405	85,508	85,124	85,548	53,071	84,874	86,143	84,923	87,243
s	% rongga dlm campuran VIM	4,349	4,245	2,654	2,735	2,646	12,465	2,787	2,522	2,777	2,298
t	Jam Masuk waterbath	10:15	10:20	10:25	10:30	10:35	10:45	10:50	10:55	11:00	11:05
u	Jam Test	10:45	10:50	10:55	11:00	11:05	11:15	11:20	11:25	11:30	12:35
v	Pembacaan arloji stabilitas	113	106	115	113	127	135	105	79	124	149
w	Lbf	3357,83	3152,36	3416,48	3357,83	3767,77	4001,41	3122,98	2356,64	3680,04	4409,21
x	Kg	1493,63	1402,23	1519,72	1493,63	1675,98	1779,91	1389,16	1048,28	1636,95	1961,31
y	koreksi (tebal)	0,960	0,984	0,962	0,955	0,993	0,975	0,965	0,973	0,978	0,979
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1434,07	1379,25	1461,78	1426,20	1664,37	1735,33	1339,85	1020,21	1600,21	1920,68
aa	Flow	2,4	3,9	2,2	2,7	2,5	3,0	2,6	4,0	2,0	2,8
ab	Marshall Quotient	597,53	353,65	664,45	528,22	665,75	578,44	515,33	255,05	800,11	685,96

Tabel 5.3 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 1,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Prosentase Subtitusi		1,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,24	10,22	10,24	10,22	10,23	10,22	10,23	10,22	10,22	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,42	6,53	6,48	6,44	6,53	6,45	6,50	6,48	6,52	6,43
c	Tinggi 2 (cm)	6,44	6,44	6,45	6,55	6,48	6,54	6,39	6,55	6,48	6,43
d	Tinggi 3 (cm)	6,44	6,53	6,33	6,43	6,43	6,52	6,47	6,48	6,50	6,42
e	Tinggi rata-rata (mm)	64,33	65,00	64,20	64,73	64,80	65,03	64,53	65,03	65,00	64,27
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1188,6	1195,0	1184,1	1185,9	1184,6	1188,3	1191,3	1187,5	1186,0	1188,5
I	Berat SSD (gram)	1192,9	1211,5	1190,7	1191,5	1188,4	1193,1	1198,1	1194,6	1193,4	1194,5
j	Berat dalam air (gram)	669,9	679,5	666,2	663,1	668,2	664,1	664,3	665,6	666,0	665,1
k	Isi (gram)	523,00	532,00	524,50	528,40	520,20	529,00	533,80	529,00	527,40	529,40
l	Berat isi	2,273	2,246	2,258	2,244	2,277	2,246	2,232	2,245	2,249	2,245
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	15,449	15,269	15,346	15,256	15,480	15,270	15,171	15,260	15,287	15,261
o	((100-g)*l)/bj agregat	80,456	79,521	79,923	79,453	80,617	79,524	79,008	79,470	79,611	79,477
p	Jumlah kandungan rongga (%)	4,095	5,21	4,73	5,29	3,90	5,21	5,82	5,27	5,10	5,26
q	% rongga thd agregat VMA	19,544	20,479	20,077	20,547	19,383	20,476	20,992	20,530	20,389	20,523
r	% rongga terisi aspal	79,049	74,562	76,437	74,252	79,864	74,574	72,268	74,329	74,973	74,360
s	% rongga dlm campuran VIM	4,091	5,206	4,727	5,287	3,899	5,203	5,818	5,267	5,099	5,258
t	Jam Masuk waterbath	12:15	12:20	12:25	12:30	12:35	11:45	11:47	11:50	11:52	11:55
u	Jam Test	12:45	12:50	12:55	12:60	13:05	12:15	12:17	12:20	12:22	12:25
v	Pembacaan arloji stabilitas	80	155	147	127	104	128	127	128	136	125
w	lbf	2386,20	4583,57	4351,04	3767,77	3093,59	3796,99	3767,77	3796,99	4030,58	3709,29
x	kg	1061,43	2038,86	1935,43	1675,98	1376,09	1688,98	1675,98	1688,98	1792,88	1649,96
y	koreksi (tebal)	0,980	0,963	0,984	0,970	0,968	0,962	0,975	0,962	0,963	0,982
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1040,36	1962,92	1903,70	1625,26	1332,05	1624,59	1634,00	1624,59	1726,10	1620,07
aa	Flow	2,5	3,2	2,7	2,4	2,7	2,6	2,4	2,0	2,6	2,4
ab	Marshall Quotient	416,15	613,41	705,08	677,19	493,35	624,84	680,83	812,29	663,88	675,03

Tabel 5.4 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 2% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Prosentase Subtitusi		2 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,23	10,21	10,20	10,20	10,20	10,20	10,21	10,20	10,20	10,23
b	Tinggi 1 (cm)	6,44	6,69	6,35	6,49	6,42	6,35	6,41	6,49	6,41	6,51
c	Tinggi 2 (cm)	6,51	6,64	6,41	6,48	6,41	6,40	6,41	6,49	6,42	6,65
d	Tinggi 3 (cm)	6,49	6,62	6,34	6,48	6,49	6,37	6,44	6,49	6,40	6,49
e	Tinggi rata-rata (mm)	64,80	66,50	63,67	64,83	64,40	63,73	64,20	64,90	64,10	65,50
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1187,6	1185,0	1185,6	1187,0	1182,0	1183,9	1184,0	1185,1	1185,2	1186,1
I	Berat SSD (gram)	1194,5	1192,0	1192,7	1193,8	1190,1	1191,2	1193,2	1194,6	1192,6	1194,3
j	Berat dalam air (gram)	669,1	662,7	662,7	664,6	661,2	663,4	665,1	664,5	666,0	665,7
k	Isi (gram)	525,40	529,30	530,00	529,20	528,90	527,80	528,10	530,10	526,60	528,60
l	Berat isi	2,260	2,239	2,237	2,243	2,235	2,243	2,242	2,236	2,251	2,244
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	15,365	15,219	15,206	15,247	15,192	15,248	15,240	15,197	15,299	15,253
o	((100-g)*l)/bj agregat	80,022	79,258	79,193	79,407	79,117	79,409	79,371	79,145	79,678	79,437
p	Jumlah kandungan rongga (%)	4,61	5,52	5,60	5,35	5,69	5,34	5,39	5,66	5,02	5,31
q	% rongga thd agregat VMA	19,978	20,742	20,807	20,593	20,883	20,591	20,629	20,855	20,322	20,563
r	% rongga terisi aspal	76,909	73,371	73,084	74,040	72,747	74,052	73,878	72,870	75,283	74,175
s	% rongga dlm campuran VIM	4,610	5,520	5,597	5,342	5,688	5,339	5,385	5,654	5,019	5,307
t	Jam Masuk waterbath	13:20	13:22	13:25	13:27	13:30	13:32	13:35	13:37	13:40	13:42
u	Jam Test	13:50	13:52	13:55	13:57	14:00	14:02	14:05	14:07	14:10	14:12
v	Pembacaan arloji stabilitas	70	168	158	123	77	120	135	183	196	98
w	lbf	2090,28	4960,50	4670,66	3650,78	2297,50	3562,97	4001,41	5393,96	5768,37	2917,12
x	kg	929,80	2206,53	2077,60	1623,94	1021,97	1584,88	1779,91	2399,34	2565,89	1297,59
y	koreksi (tebal)	0,968	0,923	0,997	0,967	0,978	0,996	0,984	0,965	0,986	0,950
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	900,04	2036,31	2072,12	1570,55	999,92	1577,98	1750,73	2316,26	2530,47	1232,15
aa	Flow	3,0	2,5	2,4	2,7	2,9	2,5	2,4	2,8	2,5	2,1
ab	Marshall Quotient	300,01	814,52	863,38	581,68	350,85	631,19	729,47	827,24	1012,19	586,74

Tabel 5.5 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 2,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Prosentase Subtitusi		2,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,23	10,22	10,23	10,22	10,22	10,23	10,23	10,23	10,22	10,23
b	Tinggi 1 (cm)	6,63	7,74	6,81	6,83	6,83	6,83	6,82	6,91	6,62	6,92
c	Tinggi 2 (cm)	6,61	7,42	6,73	6,83	6,86	6,84	6,84	6,83	6,63	6,87
d	Tinggi 3 (cm)	6,61	7,42	6,72	6,83	6,83	6,85	6,93	6,92	6,63	6,82
e	Tinggi rata-rata (mm)	66,17	75,27	67,53	68,30	68,40	68,40	68,63	68,87	66,27	68,70
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1191,7	1177,8	1193,8	1190,7	1189,8	1187,8	1192,2	1193,4	1189,2	1192,0
I	Berat SSD (gram)	1199,1	1184,0	1200,6	1199,4	1197,0	1196,1	1199,8	1200,0	1196,2	1199,4
j	Berat dalam air (gram)	660,7	636,9	678,1	667,8	668,4	666,6	668,1	678,4	663,1	664,8
k	Isi (gram)	538,40	547,10	522,50	531,60	528,60	529,50	531,70	521,60	533,10	534,60
l	Berat isi	2,213	2,153	2,285	2,240	2,251	2,243	2,242	2,288	2,231	2,230
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	15,046	14,634	15,531	15,225	15,300	15,249	15,242	15,553	15,163	15,157
o	((100-g)*l)/bj agregat	78,359	76,213	80,886	79,295	79,684	79,415	79,380	80,998	78,972	78,936
p	Jumlah kandungan rongga (%)	6,60	9,15	3,58	5,48	5,02	5,34	5,38	3,45	5,86	5,91
q	% rongga thd agregat VMA	21,641	23,787	19,114	20,705	20,316	20,585	20,620	19,002	21,028	21,064
r	% rongga terisi aspal	69,524	61,521	81,253	73,534	75,313	74,077	73,916	81,847	72,111	71,954
s	% rongga dlm campuran VIM	6,592	9,149	3,580	5,476	5,012	5,333	5,375	3,446	5,861	5,904
t	Jam Masuk waterbath	11:22	11:24	11:26	11:28	11:30	11:32	11:34	11:36	11:38	11:40
u	Jam Test	11:52	11:54	11:56	11:58	12:00	12:02	12:04	12:06	12:08	12:10
v	Pembacaan arloji stabilitas	139	126	140	152	161	165	213	219	140	195
w	lbf	4118,06	3738,53	4147,21	4496,42	4757,68	4873,62	6256,22	6427,93	4147,21	5739,61
x	kg	1831,80	1662,97	1844,76	2000,10	2116,31	2167,88	2782,89	2859,27	1844,76	2553,09
y	koreksi (tebal)	0,932	0,773	0,895	0,874	0,872	0,872	0,865	0,859	0,929	0,864
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1706,87	1285,04	1651,01	1748,75	1844,70	1889,65	2408,44	2456,90	1714,01	2205,05
aa	Flow	2,1	3,0	2,3	2,8	2,3	2,5	2,3	2,5	2,6	3,5
ab	Marshall Quotient	812,80	428,35	717,83	624,55	802,04	755,86	1070,42	982,76	672,16	630,01

Tabel 5.6 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 3% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

	Prosentase Subtitusi	3 %									
	No. Benda Uji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,22	10,23	10,22	10,22	10,22	10,21	10,22	10,23	10,22	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,61	6,76	6,73	6,91	6,74	6,60	6,67	6,64	6,72	6,70
c	Tinggi 2 (cm)	6,61	6,76	6,76	6,93	6,72	6,59	6,63	6,70	6,67	6,69
d	Tinggi 3 (cm)	6,64	6,63	6,74	6,81	6,65	6,59	6,65	6,68	6,70	6,69
e	Tinggi rata-rata (mm)	66,20	67,17	67,43	68,83	67,03	65,93	66,50	66,73	66,97	66,93
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1188,5	1190,8	1191,9	1185,4	1193,0	1188,7	1189,1	1189,5	1189,9	1189,7
I	Berat SSD (gram)	1197,0	1198,9	1200,0	1193,1	1199,4	1197,1	1197,7	1198,2	1198,5	1198,4
j	Berat dalam air (gram)	653,1	658,7	665,2	659,7	657,8	654,1	655,0	655,7	657,0	655,9
k	Isi (gram)	543,90	540,2	534,8	533,4	541,6	543	542,7	542,5	541,5	542,5
l	Berat isi	2,185	2,204	2,229	2,222	2,203	2,189	2,191	2,193	2,197	2,193
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	14,855	14,985	15,151	15,108	14,974	14,882	14,895	14,906	14,938	14,908
o	((100-g)*l)/bj agregat	77,358	78,039	78,900	78,675	77,981	77,500	77,568	77,623	77,793	77,636
p	Jumlah kandungan rongga (%)	7,79	6,976	5,950	6,217	7,045	7,619	7,536	7,471	7,269	7,456
q	% rongga thd agregat VMA	22,642	21,961	21,100	21,325	22,019	22,500	22,432	22,377	22,207	22,364
r	% rongga terisi aspal	65,608	68,236	71,803	70,846	68,006	66,140	66,403	66,612	67,267	66,662
s	% rongga dlm campuran VIM	7,784	6,972	5,946	6,213	7,041	7,615	7,533	7,468	7,266	7,452
t	Jam Masuk waterbath	11:45	11:50	11:55	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:25	12:30
u	Jam Test	12:15	12:20	12:25	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55	13:00
v	Pembacaan arloji stabilitas	156	127	132	134	126	140	132	127	140	130
w	lbf	4612,61	3767,77	3913,84	3972,22	3738,53	4147,21	3913,84	3767,77	4147,21	3855,43
x	kg	2051,78	1675,98	1740,96	1766,92	1662,97	1844,76	1740,96	1675,98	1844,76	1714,97
y	koreksi (tebal)	0,931	0,905	0,898	0,860	0,908	0,938	0,923	0,917	0,910	0,911
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1910,02	1516,56	1562,81	1519,83	1510,78	1730,46	1606,65	1536,16	1679,25	1562,65
aa	Flow	2,5	2,4	2,8	2,0	2,1	2,5	2,3	2,5	2,6	3,0
ab	Marshall Quotient	764,01	631,90	558,15	759,91	719,42	692,18	698,55	614,46	645,87	520,88

Tabel 5.7 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 3,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60^{0}C

Prosentase Subtitusi		3,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,22	10,24	10,25	10,24	10,21	10,22	10,21	10,22	10,22	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,46	6,46	6,44	6,43	6,44	6,45	6,43	6,46	6,45	6,44
c	Tinggi 2 (cm)	6,45	6,46	6,54	6,46	6,45	6,46	6,45	6,44	6,45	6,44
d	Tinggi 3 (cm)	6,44	6,44	6,44	6,44	6,41	6,45	6,44	6,46	6,44	6,44
e	Tinggi rata-rata (mm)	64,50	64,53	64,73	64,43	64,33	64,53	64,40	64,53	64,47	64,40
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1199,6	1329,0	1191,1	1191,4	1192,5	1194,0	1189,8	1202,4	1186,5	1195,7
I	Berat SSD (gram)	1204,6	1339,4	1199,0	1201,7	1201,0	1201,9	1199,1	1212,3	1193,8	1204,4
j	Berat dalam air (gram)	675,0	743,3	655,5	649,7	652,9	652,4	646,6	658,3	663,7	653,2
k	Isi (gram)	529,6	596,1	543,5	552	548,1	549,5	552,5	554	530,1	551,2
l	Berat isi	2,265	2,229	2,192	2,158	2,176	2,173	2,153	2,170	2,238	2,169
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	15,398	15,156	14,898	14,673	14,791	14,771	14,640	14,755	15,216	14,747
o	((100-g)*l)/bj agregat	80,189	78,928	77,585	76,409	77,024	76,924	76,237	76,836	79,239	76,796
p	Jumlah kandungan rongga (%)	4,413	5,915	7,517	8,918	8,186	8,304	9,123	8,409	5,546	8,457
q	% rongga thd agregat VMA	19,811	21,072	22,415	23,591	22,976	23,076	23,763	23,164	20,761	23,204
r	% rongga terisi aspal	77,727	71,927	66,464	62,196	64,374	64,013	61,608	63,696	73,289	63,554
s	% rongga dlm campuran VIM	4,409	5,912	7,514	8,915	8,182	8,301	9,120	8,406	5,542	8,454
t	Jam Masuk waterbath	19:05	19:07	19:09	19:11	19:13	19:15	19:17	19:19	19:21	19:23
u	Jam Test	19:35	19:37	19:39	19:41	19:43	19:45	19:47	19:49	19:51	19:53
v	Pembacaan arloji stabilitas	100	97	88	97	117	108	93	112	101	119
w	lbf	2975,97	2887,68	2622,44	2887,68	3475,09	3211,10	2769,86	3328,50	3005,38	3533,68
x	kg	1323,77	1284,50	1166,51	1284,50	1545,79	1428,36	1232,09	1480,58	1336,85	1571,85
y	koreksi (tebal)	0,976	0,975	0,970	0,978	0,980	0,975	0,978	0,975	0,977	0,978
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1292	1252	1131	1256	1515	1393	1206	1444	1306	1538
aa	Flow	2,0	2,6	2,3	2,2	2,5	2,1	2,1	2,5	2,5	3,1
ab	Marshall Quotient	645,88	481,66	491,83	570,76	606,04	663,14	588,05	577,40	522,28	496,11

Tabel 5.8 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 0% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60^{0}C

Prosentase Subtitusi		0 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,20	10,21	10,20	10,20	10,21	10,22	10,21	10,23	10,21	10,25
b	Tinggi 1 (cm)	6,15	6,49	6,49	6,38	6,49	6,80	6,60	6,61	6,32	6,50
c	Tinggi 2 (cm)	6.19	6,50	6,50	6,39	6,50	6,78	6,65	6,61	6,32	6,55
d	Tinggi 3 (cm)	6,18	6,41	6,41	6,39	6,48	6,75	6,66	6,60	6,35	6,58
e	Tinggi rata-rata (mm)	61,65	64,67	64,67	63,87	64,90	67,77	66,37	66,07	63,30	65,43
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1137,7	1190,6	1188,2	1189,3	1189,7	1191,4	1189,8	1187,8	1191,1	1192,8
I	Berat SSD (gram)	1139,1	1196,9	1194,4	1191,9	1211,6	1199,0	1195,8	1195,1	1197,1	1199,7
j	Berat dalam air (gram)	640,3	657,0	660,4	666,1	677,0	639,0	651,3	650,5	666,5	650,0
k	Isi (gram)	498,80	539,90	534,00	525,80	534,60	560,00	544,50	544,60	530,60	549,70
l	Berat isi	2,281	2,205	2,225	2,262	2,225	2,128	2,185	2,181	2,245	2,170
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	15,506	14,991	15,126	15,376	15,128	14,463	14,855	14,827	15,260	14,751
o	((100-g)*l)/bj agregat	80,747	78,069	78,773	80,075	78,783	75,318	77,358	77,213	79,471	76,819
p	Jumlah kandungan rongga (%)	3,747	6,94	6,10	4,55	6,09	10,22	7,79	7,96	5,27	8,43
q	% rongga thd agregat VMA	19,253	21,931	21,227	19,925	21,217	24,682	22,642	22,787	20,529	23,181
r	% rongga terisi aspal	80,537	68,357	71,258	77,172	71,305	58,596	65,605	65,069	74,335	63,635
s	% rongga dlm campuran VIM	3,744	6,936	6,098	4,545	6,085	10,216	7,784	7,956	5,265	8,426
t	Jam Masuk waterbath	12:30	12:32	12:35	12:37	12:40	12:42	12:45	12:47	12:50	12:52
u	Jam Test	12:30	12:32	12:35	12:37	12:40	12:42	12:45	12:47	12:50	12:52
v	Pembacaan arloji stabilitas	103	78	102	120	110	124	133	113	115	130
w	Lbf	3064,19	2327,07	3034,79	3562,97	3269,81	3680,04	3943,04	3357,83	3416,48	3855,43
x	Kg	1363,01	1035,13	1349,94	1584,88	1454,48	1636,95	1753,94	1493,63	1519,72	1714,97
y	koreksi (tebal)	1,049	0,971	0,971	0,992	0,965	0,889	0,926	0,934	1,007	0,951
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1429,65	1005,61	1311,43	1572,55	1404,12	1454,72	1624,92	1395,77	1530,00	1631,50
aa	Flow	2,3	4,3	2,3	3,9	2,1	2,8	2,9	3,1	3,2	1,7
ab	Marshall Quotient	621,59	233,86	570,19	403,22	668,63	519,54	560,32	450,25	478,12	959,71

Tabel 5.9 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 1,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		1,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,23	10,21	10,24	10,21	10,25	10,23	10,22	10,23	10,22	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,34	6,21	6,31	6,75	6,40	6,31	6,38	6,35	6,34	6,38
c	Tinggi 2 (cm)	6,32	6,25	6,30	6,75	6,39	6,32	6,35	6,32	6,37	6,35
d	Tinggi 3 (cm)	6,39	6,24	6,31	6,74	6,41	6,29	6,38	6,33	6,35	6,37
e	Tinggi rata-rata (mm)	63,50	62,33	63,07	67,47	64,00	63,07	63,70	63,33	63,53	63,67
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1191,4	1193,7	1171,2	1191,4	1190,8	1190,4	1195,6	1192,1	1186,3	1190,3
I	Berat SSD (gram)	1197,9	1198,6	1180,7	1197,9	1194,1	1200,2	1199,7	1200,3	1194,7	1195,9
j	Berat dalam air (gram)	660,8	670,7	645,7	660,8	657,6	650,4	658,4	653,5	660,6	662,7
k	Isi (gram)	537,10	527,90	535,00	537,10	536,50	549,80	541,30	546,80	534,10	533,20
l	Berat isi	2,218	2,261	2,189	2,218	2,220	2,165	2,209	2,180	2,221	2,232
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	15,079	15,371	14,881	15,079	15,088	14,718	15,015	14,820	15,099	15,175
o	((100-g)*l)/bj agregat	78,529	80,052	77,500	78,529	78,577	76,650	78,194	77,181	78,632	79,030
p	Jumlah kandungan rongga (%)	6,392	4,58	7,62	6,39	6,33	8,63	6,79	8,00	6,27	5,79
q	% rongga thd agregat VMA	21,471	19,948	22,500	21,471	21,423	23,350	21,806	22,819	21,368	20,970
r	% rongga terisi aspal	70,228	77,055	66,141	70,228	70,430	63,034	68,856	64,946	70,660	72,366
s	% rongga dlm campuran VIM	6,389	4,574	7,615	6,389	6,331	8,628	6,788	7,995	6,266	5,791
t	Jam Masuk waterbath	13:20	13:22	13:25	13:27	13:30	13:32	13:35	13:37	13:40	13:42
u	Jam Test	13:20	13:22	13:25	13:27	13:30	13:32	13:35	13:37	13:40	13:42
v	Pembacaan arloji stabilitas	98	140	112	130	125	110	100	117	110	97
w	lbf	2917,12	4147,21	3328,50	3855,43	3709,29	3269,81	2975,97	3475,09	3269,81	2887,68
x	kg	1297,59	1844,76	1480,58	1714,97	1649,96	1454,48	1323,77	1545,79	1454,48	1284,50
y	koreksi (tebal)	1,002	1,031	1,013	0,897	0,989	1,013	0,997	1,006	1,001	0,997
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1299,72	1902,75	1499,43	1537,94	1631,45	1472,99	1319,15	1554,93	1455,62	1281,11
aa	Flow	2,5	2,7	2,5	3,5	2,5	2,6	3,1	2,8	2,1	2,1
ab	Marshall Quotient	519,89	704,72	599,77	439,41	652,58	566,54	425,53	555,33	693,15	610,05

Tabel 5.10 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 2% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		2 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,21	10,21	10,22	10,20	10,21	10,21	10,24	10,21	10,24	10,21
b	Tinggi 1 (cm)	6,90	6,78	6,90	6,89	6,78	6,80	6,75	6,80	6,88	6,79
c	Tinggi 2 (cm)	6,89	6,70	6,88	6,80	6,77	6,78	6,74	6,82	6,85	6,80
d	Tinggi 3 (cm)	6,95	6,71	6,88	6,92	6,74	6,77	6,78	6,79	6,87	6,80
e	Tinggi rata-rata (mm)	69,13	67,30	68,87	68,70	67,63	67,83	67,57	68,03	68,67	67,97
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1183,7	1186,5	1189,6	1187,2	1192,7	1185,2	1182,1	1184,2	1183,2	1183,5
I	Berat SSD (gram)	1187,1	1190,0	1193,2	1196,2	1195,1	1189,4	1187,3	1187,3	1188,5	1187,8
j	Berat dalam air (gram)	644,5	657,0	660,5	647,3	663,1	635,1	625,2	634,2	635,2	633,3
k	Isi (gram)	542,60	533,00	532,70	548,90	532,00	554,30	562,10	553,10	553,30	554,50
l	Berat isi	2,182	2,226	2,233	2,163	2,242	2,138	2,103	2,141	2,138	2,134
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	14,829	15,132	15,180	14,702	15,240	14,535	14,296	14,554	14,536	14,509
o	((100-g)*l)/bj agregat	77,230	78,807	79,058	76,570	79,368	75,696	74,450	75,796	75,705	75,560
p	Jumlah kandungan rongga (%)	7,94	6,06	5,76	8,73	5,39	9,77	11,25	9,65	9,76	9,93
q	% rongga thd agregat VMA	22,770	21,193	20,942	23,430	20,632	24,304	25,550	24,204	24,295	24,440
r	% rongga terisi aspal	65,128	71,403	72,486	62,750	73,865	59,804	55,952	60,131	59,833	59,365
s	% rongga dlm campuran VIM	7,937	6,057	5,758	8,724	5,389	9,766	11,251	9,646	9,755	9,928
t	Jam Masuk waterbath	13:20	13:22	13:25	13:27	13:30	13:32	13:35	13:37	13:40	13:42
u	Jam Test	13:20	13:22	13:25	13:27	13:30	13:32	13:35	13:37	13:40	13:42
v	Pembacaan arloji stabilitas	119	140	120	135	115	130	130	131	128	130
w	lbf	3533,68	4147,21	3562,97	4001,41	3416,48	3855,43	3855,43	3884,64	3796,99	3855,43
x	kg	1571,85	1844,76	1584,88	1779,91	1519,72	1714,97	1714,97	1727,97	1688,98	1714,97
y	koreksi (tebal)	0,852	0,901	0,859	0,864	0,892	0,887	0,894	0,881	0,865	0,883
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1339,68	1662,64	1361,85	1537,26	1356,00	1520,97	1533,31	1523,18	1460,23	1514,81
aa	Flow	3,0	3,1	2,4	2,6	2,3	2,5	2,6	2,5	2,7	2,3
ab	Marshall Quotient	446,56	536,34	567,44	591,26	589,57	608,39	589,74	609,27	540,82	658,61

Tabel 5.11 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 2,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		2,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,21	10,22	10,22	10,21	10,22	10,22	10,22	10,22	10,22	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,75	6,52	6,71	6,86	6,66	6,74	6,72	6,83	6,65	6,64
c	Tinggi 2 (cm)	6,76	6,54	6,63	6,83	6,65	6,72	6,74	6,85	6,63	6,64
d	Tinggi 3 (cm)	6,76	6,52	6,76	6,76	6,65	6,73	6,65	6,83	6,61	6,61
e	Tinggi rata-rata (mm)	67,57	65,27	67,00	68,17	66,53	67,30	67,03	68,37	66,30	66,30
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1192,3	1196,1	1192,7	1191,9	1191,2	1190,5	1190,4	1191,7	1189,0	1193,0
I	Berat SSD (gram)	1200,8	1224,5	1200,1	1199,7	1198,1	1198,3	1199,9	1197,2	1194,9	1200,2
j	Berat dalam air (gram)	641,4	652,9	643,0	639,7	642,2	646,3	641,9	642,6	639,5	654,7
k	Isi (gram)	559,40	571,60	557,10	560,00	555,90	552,00	558,00	554,60	555,40	545,50
l	Berat isi	2,131	2,093	2,141	2,128	2,143	2,157	2,133	2,149	2,141	2,187
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	14,488	14,224	14,553	14,468	14,566	14,660	14,501	14,606	14,552	14,866
o	((100-g)*l)/bj agregat	75,455	74,080	75,792	75,349	75,860	76,351	75,524	76,070	75,788	77,423
p	Jumlah kandungan rongga (%)	10,06	11,70	9,65	10,18	9,57	8,99	9,97	9,32	9,66	7,71
q	% rongga thd agregat VMA	24,545	25,920	24,208	24,651	24,140	23,649	24,476	23,930	24,212	22,577
r	% rongga terisi aspal	59,028	54,878	60,117	58,691	60,341	61,992	59,248	61,038	60,104	65,848
s	% rongga dlm campuran VIM	10,053	11,692	9,651	10,180	9,570	8,985	9,971	9,320	9,656	7,707
t	Jam Masuk waterbath	14:10	14:12	14:15	14:17	14:20	14:22	14:25	14:27	14:30	14:32
u	Jam Test	14:10	14:12	14:15	14:17	14:20	14:22	14:25	14:27	14:30	14:32
v	Pembacaan arloji stabilitas	152	118	173	176	126	140	85	185	86	125
w	lbf	4496,42	3504,39	5105,16	5191,87	3738,53	4147,21	2533,90	5451,64	2563,42	3709,29
x	kg	2000,10	1558,82	2270,88	2309,45	1662,97	1844,76	1127,13	2425,00	1140,26	1649,96
y	koreksi (tebal)	0,894	0,956	0,909	0,878	0,922	0,901	0,908	0,873	0,928	0,928
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1788,23	1489,82	2065,09	2027,48	1533,20	1662,64	1023,98	2115,93	1058,42	1531,55
aa	Flow	3,2	3,3	3,2	2,3	2,6	2,4	2,0	2,4	2,7	2,6
ab	Marshall Quotient	558,82	451,46	645,34	881,51	601,25	692,77	511,99	881,64	392,01	600,61

Tabel 5.12 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 3% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60^{0}C

Kadar Aspal		3 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,22	10,22	10,23	10,23	10,22	10,23	10,22	10,22	10,23	10,21
b	Tinggi 1 (cm)	6,85	6,81	6,75	6,81	6,73	6,80	6,82	6,82	6,83	6,79
c	Tinggi 2 (cm)	6,92	6,86	6,82	6,71	6,74	6,83	6,85	6,85	6,84	6,82
d	Tinggi 3 (cm)	6,82	6,83	6,71	6,72	6,82	6,84	6,82	6,84	6,84	6,80
e	Tinggi rata-rata (mm)	68,63	68,33	67,60	67,47	67,63	68,22	68,30	68,37	68,37	68,03
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1182,0	1183,9	1190,9	1191,5	1188,1	1187,3	1187,2	1189,1	1181,4	1189,4
I	Berat SSD (gram)	1186,9	1189,2	1196,3	1196,1	1193,1	1192,3	1191,6	1193,7	1186,9	1195,1
j	Berat dalam air (gram)	657,2	667,6	668,2	633,7	653,5	613,8	628,7	635,9	624,3	632,6
k	Isi (gram)	529,70	521,6	528,1	562,4	539,6	578,5	562,9	557,8	562,6	562,5
l	Berat isi	2,231	2,270	2,255	2,119	2,202	2,052	2,109	2,132	2,100	2,114
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	15,168	15,428	15,329	14,401	14,967	13,951	14,336	14,491	14,274	14,373
o	((100-g)*l)/bj agregat	78,998	80,353	79,834	75,002	77,948	72,658	74,665	75,469	74,340	74,857
p	Jumlah kandungan rongga (%)	5,83	4,218	4,838	10,596	7,085	13,391	10,998	10,041	11,386	10,770
q	% rongga thd agregat VMA	21,002	19,647	20,166	24,998	22,052	27,342	25,335	24,531	25,660	25,143
r	% rongga terisi aspal	72,221	78,530	76,011	57,610	67,872	51,024	56,588	59,070	55,628	57,165
s	% rongga dlm campuran VIM	5,831	4,215	4,834	10,593	7,081	13,388	10,995	10,037	11,383	10,767
t	Jam Masuk waterbath	12:10	12:12	12:15	12:17	12:20	12:22	12:25	12:27	12:30	12:32
u	Jam Test	12:10	12:12	12:15	12:17	12:20	12:22	12:25	12:27	12:30	12:32
v	Pembacaan arloji stabilitas	125	140	120	116	135	114	119	103	109	115
w	lbf	3709,29	4147,21	3562,97	3445,79	4001,41	3387,16	3533,68	3064,19	3240,46	3416,48
x	kg	1649,96	1844,76	1584,88	1532,76	1779,91	1506,68	1571,85	1363,01	1441,42	1519,72
y	koreksi (tebal)	0,865	0,873	0,893	0,897	0,892	0,877	0,874	0,873	0,873	0,881
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1427,95	1611,29	1415,57	1374,54	1588,16	1320,70	1374,32	1189,30	1257,71	1339,62
aa	Flow	2,9	3,1	2,5	2,5	2,2	2,4	2,5	2,4	2,6	2,2
ab	Marshall Quotient	492,40	519,77	566,23	549,81	721,89	550,29	549,73	495,54	483,74	608,92

Tabel 5.13 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik PET 3,5% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60^{0}C

	Kadar Aspal	3,5 %									
	No. Benda Uji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,22	10,22	10,21	10,2	10,2	10,2	10,21	10,22	10,21	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,80	6,92	6,77	6,79	6,71	6,69	6,45	6,67	6,76	6,65
c	Tinggi 2 (cm)	6,71	6,98	6,79	6,79	6,7	6,655	6,41	6,67	6,75	6,79
d	Tinggi 3 (cm)	6,81	6,89	6,71	6,78	6,79	6,7	6,43	6,65	6,78	6,77
e	Tinggi rata-rata (mm)	67,73	69,30	67,57	67,87	67,33	66,82	64,30	66,63	67,63	67,37
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
h	Berat sampel (gram)	1185,1	1189,3	1194,5	1196,5	1191,7	1185,2	1192,4	1188,4	1187,6	1191,6
I	Berat SSD (gram)	1193,6	1197,2	1203,4	1204,3	1198,4	1195,7	1197,8	1193,3	1193,8	1196,5
j	Berat dalam air (gram)	629,9	641,0	635,0	642,3	641,7	627,4	632,1	627,6	620,3	627,1
k	Isi (gram)	563,7	556,2	568,4	562	556,7	568,3	565,7	565,7	573,5	569,4
l	Berat isi	2,102	2,138	2,102	2,129	2,141	2,086	2,108	2,101	2,071	2,093
m	BJ maksimum teoritis	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370	2,370
n	(g*l)/bj aspal campuran)	14,290	14,534	14,285	14,472	14,551	14,176	14,328	14,280	14,076	14,225
o	((100-g)*l)/bj agregat	74,428	75,698	74,398	75,371	75,783	73,831	74,621	74,371	73,310	74,087
p	Jumlah kandungan rongga (%)	11,282	9,767	11,318	10,158	9,666	11,993	11,051	11,349	12,614	11,688
q	% rongga thd agregat VMA	25,572	24,302	25,602	24,629	24,217	26,169	25,379	25,629	26,690	25,913
r	% rongga terisi aspal	55,882	59,809	55,794	58,758	60,085	54,172	56,455	55,716	52,739	54,894
s	% rongga dlm campuran VIM	11,279	9,764	11,314	10,154	9,663	11,989	11,048	11,346	12,611	11,685
t	Jam Masuk waterbath	12:35	12:37	12:40	12:42	12:45	12:47	12:50	12:52	12:55	12:57
u	Jam Test	12:35	12:37	12:40	12:42	12:45	12:47	12:50	12:52	12:55	12:57
v	Pembacaan arloji stabilitas	84	74	103	90	89	105	98	94	100	89
w	lbf	2504,38	2208,74	3064,19	2681,43	2651,94	3122,98	2917,12	2799,33	2975,97	2651,94
x	kg	1114,00	982,49	1363,01	1192,75	1179,64	1389,16	1297,59	1245,20	1323,77	1179,64
y	koreksi (tebal)	0,890	0,848	0,894	0,886	0,900	0,914	0,981	0,919	0,892	0,899
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	991	833	1219	1057	1062	1270	1273	1145	1181	1061
aa	Flow	2,5	2,3	2,4	2,9	2,4	2,5	2,7	2,4	1,7	2,3
ab	Marshall Quotient	396,39	362,23	507,76	364,40	442,55	508,06	471,47	476,95	694,80	461,3

5.2. Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data penelitian yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pegujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (*Sudjana, 1982*). Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diizinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Berikut ini adalah contoh perhitungan Interval Kepercayaan untuk Data Stabilitas pada variasi Substitusi Plastik 1,5 % direndam dalam waterbath selama 30 menit.

Tabel 5.14 Data Stabilitas (Perendaman 30 menit)

Nomor Benda uji	Stabilitas (a)	$(a-X)^2$
1	1040,36	323760,836
2	1962,92	125001,599
3	1903,70	86635,7651
4	1625,26	252,588452
5	1332,05	76904,9839
6	1624,59	231,801948
7	1634,00	606,954157
8	1624,59	231,801948
9	1726,10	13627,4265
10	1620,07	114,618769
Jumlah	16093,64	627368,375

$$X = \frac{\sum_{n=1}^{n} Stabilitas\,(a)}{n}$$

$$= \frac{16093,64}{10} \quad = 1609,364 \text{ kg}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{n}(a_n - X)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{637368,375}{10-1}}$$

$$= 266,118$$

P $= {}^1/_2 (1 + 0,095) = 0,975$

dk $= n - 1 = 10 - 1 = 9$

$t_{0,975} = 2,262$ (tabel student)

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

$t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$= 1609,364 - \left(2,262x \frac{266,118}{\sqrt{10}} \right) < \mu < 1609,364 + \left(2,262x \frac{266,118}{\sqrt{10}} \right)$$

$$= 1419,0078 < \mu < 1799,7201$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Berikut ini adalah tabel interval kepercayaan :

Tabel 5.15 Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	1498,19	247,446	0,975	9	2.262	1.321,194	$< \mu <$	1.675,194
Kadar Plastik 1,5%	1609,36	264,022	0,975	9	2.262	1.420,507	$< \mu <$	1.798,221
Kadar Plastik 2%	1698,65	548,145	0,975	9	2.262	1.306,561	$< \mu <$	2.090,746
Kadar Plastik 2,5%	1891,04	364,996	0,975	9	2.262	1.629,959	$< \mu <$	2.152,128
Kadar Plastik 3%	1613,52	127,295	0,975	9	2.262	1.522,464	$< \mu <$	1.704,573
Kadar Plastik 3,5%	1333,13	134,508	0,975	9	2.262	1.236,915	$< \mu <$	1.429,344

Tabel 5.16 Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
Stabilitas	1434,070	1040,364	900,041	1706,873	1910,023	1291,763
	1379,247	1962,920	2036,312	1285,044	1516,560	1252,325
	1461,780	1903,704	2072,123	1651,011	1562,812	1131,212
	1426,198	1625,257	1570,547	1748,753	1519,827	1255,667
	1664,373	1332,047	999,921	1844,703	1510,781	1515,111
	1735,325	1624,589	1577,985	1889,655	1730,460	1392,586
	1339,849	1634,000	1750,730	2408,441	1606,655	1205,504
	1020,205	1624,589	2316,264	2456,901	1536,161	1443,500
	1600,213	1726,101	2530,466	1714,010	1679,252	1305,691
	1920,681	1620,070	1232,146	2205,049	1562,653	1537,935
Jumlah Data Yang Digunakan	10305,732	9854,606	13456,148	10555,004	7947,533	6498,032
Banyak pengamatan Yang Digunakan	7	6	8	6	5	5
Rata-Rata Data Yang Digunakan	1472,24738	1642,4344	1682,01844	1759,167336	1589,5065	1299,6065

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.17 Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	2,81	0,666	0,975	9	2.262	2,334	$< \mu <$	3,286
Kadar Plastik 1,5%	2,55	0,306	0,975	9	2.262	2,331	$< \mu <$	2,769
Kadar Plastik 2%	2,58	0,264	0,975	9	2.262	2,386	$< \mu <$	2,764
Kadar Plastik 2,5%	2,58	0,419	0,975	9	2.262	2,280	$< \mu <$	2,880
Kadar Plastik 3%	2,47	0,298	0,975	9	2.262	2,257	$< \mu <$	2,683
Kadar Plastik 3,5%	2,39	0,330	0,975	9	2.262	2,149	$< \mu <$	2,621

Tabel 5.18 Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
Flow	2,400	2,500	3,000	2,100	2,500	2,000
	3,900	3,200	2,500	3,000	2,400	2,600
	2,200	2,700	2,400	2,300	2,800	2,300
	2,700	2,400	2,700	2,800	2,000	2,200
	2,500	2,700	2,850	2,300	2,100	2,500
	3,000	2,600	2,500	2,500	2,500	2,100
	2,600	2,400	2,400	2,250	2,300	2,050
	4,000	2,000	2,800	2,500	2,500	2,500
	2,000	2,600	2,500	2,550	2,600	2,500
	2,800	2,400	2,100	3,500	3,000	3,100
Jumlah Data Yang Digunakan	16,000	20,300	15,000	12,450	14,800	14,600
Banyak pengamatan Yang Digunakan	6	8	6	6	6	6
Rata-Rata Data Yang Digunakan	2,67	2,54	2,50	2,08	2,47	2,43

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.19 Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	3,95	3,075	0,975	9	2.262	1,748	$< \mu <$	6,147
Kadar Plastik 1,5%	4,99	0,586	0,975	9	2.262	4,566	$< \mu <$	5,405
Kadar Plastik 2%	5,35	0,326	0,975	9	2.262	5,113	$< \mu <$	5,579
Kadar Plastik 2,5%	5,57	1,597	0,975	9	2.262	4,431	$< \mu <$	6,715
Kadar Plastik 3%	7,13	0,609	0,975	9	2.262	6,694	$< \mu <$	7,564
Kadar Plastik 3,5%	7,48	1,611	0,975	9	2.262	6,323	$< \mu <$	8,628

Tabel 5.20 Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
VIM	4,349	4,091	4,610	6,592	7,784	4,409
	4,245	5,206	5,520	9,149	6,972	5,912
	2,654	4,727	5,597	3,580	5,946	7,514
	2,735	5,287	5,342	5,476	6,213	8,915
	2,646	3,899	5,688	5,012	7,041	8,182
	12,465	5,203	5,339	5,333	7,615	8,301
	2,787	5,818	5,385	5,375	7,533	9,120
	2,522	5,267	5,654	3,446	7,468	8,406
	2,777	5,099	5,019	5,861	7,266	5,542
	2,298	5,258	5,307	5,904	7,452	8,454
Jumlah Data Yang Digunakan	27,012	36,047	26,894	39,553	43,732	40,856
Banyak pengamatan Yang Digunakan	9	7	5	7	6	5
Rata-Rata Data Yang Digunakan	3,00	5,15	5,38	5,65	7,29	8,17

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.21 Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	19,42	2,580	0,975	9	2.262	17,579	$< \mu <$	21,269
Kadar Plastik 1,5%	20,29	0,492	0,975	9	2.262	19,942	$< \mu <$	20,646
Kadar Plastik 2%	20,60	0,274	0,975	9	2.262	20,401	$< \mu <$	20,792
Kadar Plastik 2,5%	20,79	1,339	0,975	9	2.262	19,828	$< \mu <$	21,744
Kadar Plastik 3%	22,09	0,511	0,975	9	2.262	21,727	$< \mu <$	22,458
Kadar Plastik 3,5%	22,38	1,352	0,975	9	2.262	21,416	$< \mu <$	23,350

Tabel 5.22 Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
VMA	19,760	19,544	19,978	21,641	22,642	19,811
	19,673	20,479	20,742	23,787	21,961	21,072
	18,339	20,077	20,807	19,114	21,100	22,415
	18,406	20,547	20,593	20,705	21,325	23,591
	18,332	19,383	20,883	20,316	22,019	22,976
	26,569	20,476	20,591	20,585	22,500	23,076
	18,450	20,992	20,629	20,620	22,432	23,763
	18,228	20,530	20,855	19,002	22,377	23,164
	18,442	20,389	20,322	21,028	22,207	20,761
	18,040	20,523	20,563	21,064	22,364	23,204
Jumlah Data Yang Digunakan	167,670	143,021	123,925	145,959	133,360	135,907
Banyak pengamatan Yang Digunakan	9	7	5	7	6	5
Rata-Rata Data Yang Digunakan	18,63	20,43	24,78	20,85	22,23	27,18

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.23 Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	564,45	161,843	0,975	9	2.262	448,681	$< \mu <$	680,215
Kadar Plastik 1,5%	636,21	111,144	0,975	9	2.262	556,703	$< \mu <$	715,708
Kadar Plastik 2%	669,73	225,739	0,975	9	2.262	508,256	$< \mu <$	831,201
Kadar Plastik 2,5%	749,68	183,853	0,975	9	2.262	618,168	$< \mu <$	881,190
Kadar Plastik 3%	660,53	81,404	0,975	9	2.262	602,304	$< \mu <$	718,763
Kadar Plastik 3,5%	564,32	64,499	0,975	9	2.262	518,179	$< \mu <$	610,451

Tabel 5.24 Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
MQ	597,529	416,146	300,014	812,797	764,009	645,881
	353,653	613,412	814,525	428,348	631,900	481,664
	664,445	705,075	863,385	717,831	558,147	491,831
	528,222	677,190	581,684	624,555	759,913	570,758
	665,749	493,351	350,850	802,045	719,420	606,045
	578,442	624,842	631,194	755,862	692,184	663,136
	515,327	680,834	729,471	1070,418	698,545	588,051
	255,051	812,295	827,237	982,760	614,464	577,400
	800,107	663,885	1012,187	672,161	645,866	522,276
	685,958	675,029	586,736	630,014	520,884	496,108
Jumlah Data Yang Digunakan	3549,714	4640,268	4170,847	5015,263	3282,960	2864,530
Banyak pengamatan Yang Digunakan	6	7	6	7	5	5
Rata-Rata Data Yang Digunakan	591,619006	662,8954	695,141102	716,4661971	656,59201	572,90591

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.25 Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	1436,03	184,143	0,975	9	2.262	1.304,308	$< \mu <$	1.567,745
Kadar Plastik 1,5%	1495,51	184,744	0,975	9	2.262	1.363,361	$< \mu <$	1.627,658
Kadar Plastik 2%	1480,99	102,003	0,975	9	2.262	1.408,030	$< \mu <$	1.553,957
Kadar Plastik 2,5%	1629,63	386,178	0,975	9	2.262	1.353,398	$< \mu <$	1.905,871
Kadar Plastik 3%	1389,92	131,630	0,975	9	2.262	1.295,760	$< \mu <$	1.484,072
Kadar Plastik 3,5%	1109,16	136,876	0,975	9	2.262	1.011,252	$< \mu <$	1.207,070

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

Tabel 5.26 Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
Stabilitas	1429,652	1299,721	1339,677	1788,234	1427,954	990,982
	1005,605	1902,748	1662,641	1489,819	1611,290	833,122
	1311,433	1499,431	1361,848	2065,094	1415,571	1218,634
	1572,545	1537,944	1537,264	2027,481	1374,536	1056,753
	1404,117	1631,451	1356,002	1533,197	1588,160	1062,117
	1454,718	1472,994	1520,969	1662,641	1320,701	1270,152
	1624,923	1319,145	1533,311	1023,978	1374,324	1272,959
	1395,767	1554,930	1523,185	2115,931	1189,299	1144,673
	1529,998	1455,622	1460,225	1058,425	1257,712	1181,163
	1631,504	1281,111	1514,809	1531,546	1339,616	1061,054
Jumlah Data Yang Digunakan	8525,685	7520,921	9089,763	8005,438	8252,702	5505,761
Banyak pengamatan Yang Digunakan	6	5	6	5	6	5
Rata-Rata Data Yang Digunakan	1420,9476	1504,1842	1514,9605	1601,0875	1375,4504	1101,1521

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.27 Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	2,86	0,809	0,975	9	2.262	2,282	$< \mu <$	3,438
Kadar Plastik 1,5%	2,64	0,425	0,975	9	2.262	2,336	$< \mu <$	2,944
Kadar Plastik 2%	2,60	0,271	0,975	9	2.262	2,406	$< \mu <$	2,794
Kadar Plastik 2,5%	2,66	0,437	0,975	9	2.262	2,347	$< \mu <$	2,973
Kadar Plastik 3%	2,53	0,283	0,975	9	2.262	2,328	$< \mu <$	2,732
Kadar Plastik 3,5%	2,41	0,311	0,975	9	2.262	2,188	$< \mu <$	2,632

Tabel 5.28 Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
Flow	2,300	2,500	3,000	3,200	2,900	2,500
	4,300	2,700	3,100	3,300	3,100	2,300
	2,300	2,500	2,400	3,200	2,500	2,400
	3,900	3,500	2,600	2,300	2,500	2,900
	2,100	2,500	2,300	2,550	2,200	2,400
	2,800	2,600	2,500	2,400	2,400	2,500
	2,900	3,100	2,600	2,000	2,500	2,700
	3,100	2,800	2,500	2,400	2,400	2,400
	3,200	2,100	2,700	2,700	2,600	1,700
	1,700	2,100	2,300	2,550	2,200	2,300
Jumlah Data Yang Digunakan	15,800	15,600	12,900	12,600	14,900	16,800
Banyak pengamatan Yang Digunakan	6	6	5	5	6	7
Rata-Rata Data Yang Digunakan	2,63	2,60	2,58	2,52	2,48	2,40

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.29 Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	6,71	1,953	0,975	9	2.262	5,308	$< \mu <$	8,103
Kadar Plastik 1,5%	6,68	1,159	0,975	9	2.262	5,847	$< \mu <$	7,506
Kadar Plastik 2%	8,42	2,043	0,975	9	2.262	6,960	$< \mu <$	9,883
Kadar Plastik 2,5%	9,68	1,002	0,975	9	2.262	8,962	$< \mu <$	10,396
Kadar Plastik 3%	8,91	3,154	0,975	9	2.262	6,656	$< \mu <$	11,169
Kadar Plastik 3,5%	11,09	0,960	0,975	9	2.262	10,398	$< \mu <$	11,772

Tabel 5.30 Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
VIM	3,744	6,389	7,937	10,053	5,831	11,279
	6,936	4,574	6,057	11,692	4,215	9,764
	6,098	7,615	5,758	9,651	4,834	11,314
	4,545	6,389	8,724	10,180	10,593	10,154
	6,085	6,331	5,389	9,570	7,081	9,663
	10,216	8,628	9,766	8,985	13,388	11,989
	7,784	6,788	11,251	9,971	10,995	11,048
	7,956	7,995	9,646	9,320	10,037	11,346
	5,265	6,266	9,755	9,656	11,383	12,611
	8,426	5,791	9,928	7,707	10,767	11,685
Jumlah Data Yang Digunakan	34,859	32,163	45,829	77,387	49,473	56,672
Banyak pengamatan Yang Digunakan	5	5	5	8	5	5
Rata-Rata Data Yang Digunakan	6,97	6,43	9,17	9,67	9,89	11,33

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.31 Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	21,74	1,639	0,975	9	2.262	20,565	$< \mu <$	1.567,745
Kadar Plastik 1,5%	21,71	0,973	0,975	9	2.262	21,017	$< \mu <$	22,408
Kadar Plastik 2%	23,18	1,714	0,975	9	2.262	21,950	$< \mu <$	24,402
Kadar Plastik 2,5%	24,23	0,841	0,975	9	2.262	23,629	$< \mu <$	24,832
Kadar Plastik 3%	23,59	2,646	0,975	9	2.262	21,695	$< \mu <$	25,480
Kadar Plastik 3,5%	25,41	0,806	0,975	9	2.262	24,834	$< \mu <$	25,987

Tabel 5.32 Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
VMA	19,253	21,471	22,770	24,545	21,002	25,572
	21,931	19,948	21,193	25,920	19,647	24,302
	21,227	22,500	20,942	24,208	20,166	25,602
	19,925	21,471	23,430	24,651	24,998	24,629
	21,217	21,423	20,632	24,140	22,052	24,217
	24,682	23,350	24,304	23,649	27,342	26,169
	22,642	21,806	25,550	24,476	25,335	25,379
	22,787	22,819	24,204	23,930	24,531	25,629
	20,529	21,368	24,295	24,212	25,660	26,690
	23,181	20,970	24,440	22,577	25,143	25,913
Jumlah Data Yang Digunakan	109,804	107,539	119,002	193,809	122,058	128,096
Banyak pengamatan Yang Digunakan	5	5	5	8	5	5
Rata-Rata Data Yang Digunakan	21,96	21,51	23,80	24,23	24,41	25,62

= *Data yang tidak dipakai*

Tabel 5.33 Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Plastik 0%	546,54	190,025	0,975	9	2.262	410,616	$< \mu <$	682,468
Kadar Plastik 1,5%	576,70	95,940	0,975	9	2.262	508,071	$< \mu <$	645,325
Kadar Plastik 2%	573,80	56,937	0,975	9	2.262	533,071	$< \mu <$	614,526
Kadar Plastik 2,5%	621,74	163,052	0,975	9	2.262	505,108	$< \mu <$	738,372
Kadar Plastik 3%	553,83	70,493	0,975	9	2.262	503,408	$< \mu <$	604,256
Kadar Plastik 3,5%	468,59	95,717	0,975	9	2.262	400,127	$< \mu <$	537,060

Tabel 5.34 Validasi Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)

	Kadar Plastik (%)					
	0%	1,50%	2%	2,50%	3%	3,50%
MQ	621,588	519,888	446,559	558,823	492,398	396,393
	233,862	704,722	536,336	451,460	519,771	362,227
	570,188	599,772	567,437	645,342	566,228	507,764
	403,217	439,413	591,255	881,514	549,814	364,398
	668,627	652,580	589,566	601,254	721,891	442,549
	519,542	566,536	608,388	692,767	550,292	508,061
	560,318	425,531	589,735	511,989	549,730	471,466
	450,247	555,332	609,274	881,638	495,541	476,947
	478,124	693,153	540,824	392,009	483,735	694,802
	959,708	610,053	658,612	600,606	608,916	461,328
Jumlah Data Yang Digunakan	3868,636	2851,582	4632,815	3610,781	2735,835	3232,513
Banyak pengamatan Yang Digunakan	7	5	8	6	5	6
Rata-Rata Data Yang Digunakan	552,66222	570,31635	579,10186	601,79688	547,16709	538,75217

= *Data yang tidak dipakai*

5.2.1. Perhitungan Indeks perendaman

Uji Indeks Perendaman (Marshall Imersion Test) dimaksudkan untuk mengukur tingkat durabilitas campuran (merupakan indikator dari tingkat ketahanan campuran) terhadap pengaruh cuaca. Ukuran ini dinyatakan dalam nilai stabilitas sisa yang didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Indeks\ Perendaman = \frac{Stabilitas\ pada\ rendaman\ 24\ \ jam,\ \ suhu\ \ 60^{o}C}{Stabilitas\ pada\ rendaman\ 30\ \ menit,\ \ suhu\ \ 60^{o}C}$$

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 5.35 Data Indeks Perendaman

Kadar Plastik (%)	Stabilitas (30 menit)	Stabilitas (24 jam)	Indeks Perendaman (%)	Syarat
0	1420,94758	1472,24738	97	> 85%
1,5	1504,18421	1642,4344	92	
2	1514,96052	1682,01844	90	
2,5	1601,08751	1759,16734	91	
3	1375,45039	1589,5065	87	
3,5	1101,15212	1299,60646	85	

5.2.2. Analisa Kadar Campuran Plastik Optimum

5.2.2.1. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel

Berdasarkan dari tabel 5.14 sampai 5.34. diatas dapat diplotkan data dalam grafik yng menunjukkan hubungan antara lain :

a. Antara kadar campuran plastik dengan Stabilitas

b. Antara kadar campuran plastik dengan Flow

c. Antara kadar campuran plastik dengan VIM

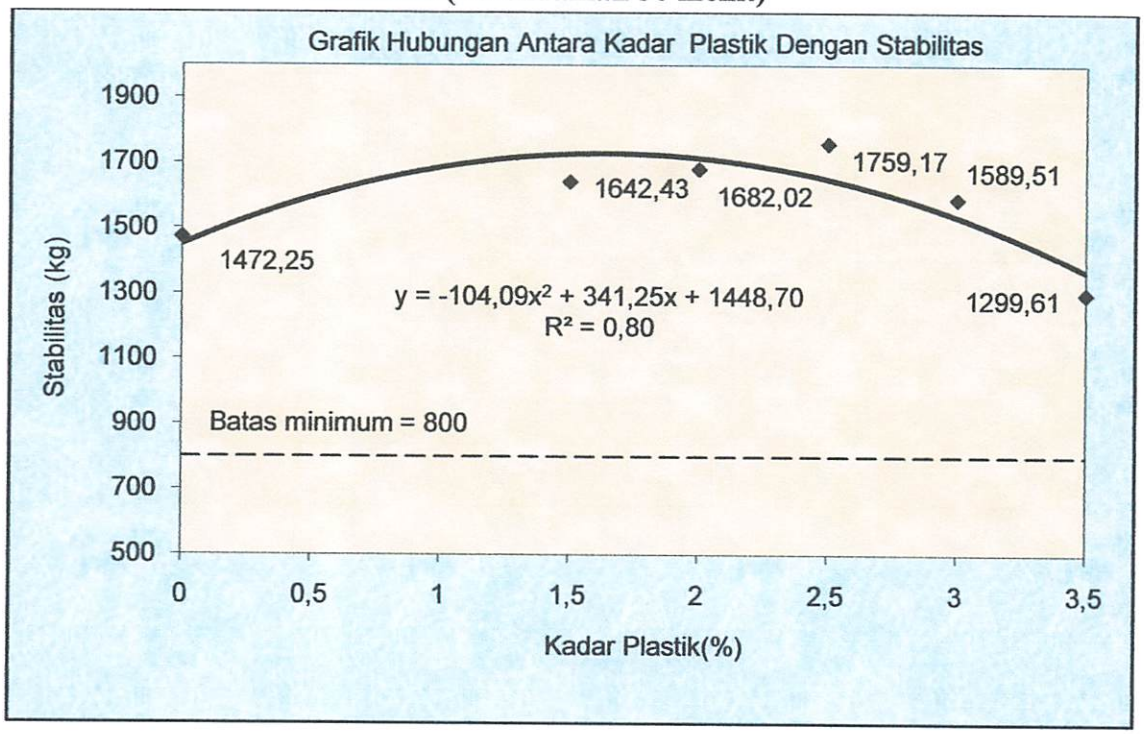
d. Antara kadar campuran plastik dengan VMA

e. Antara kadar campuran plastik dengan Marshall Quotient

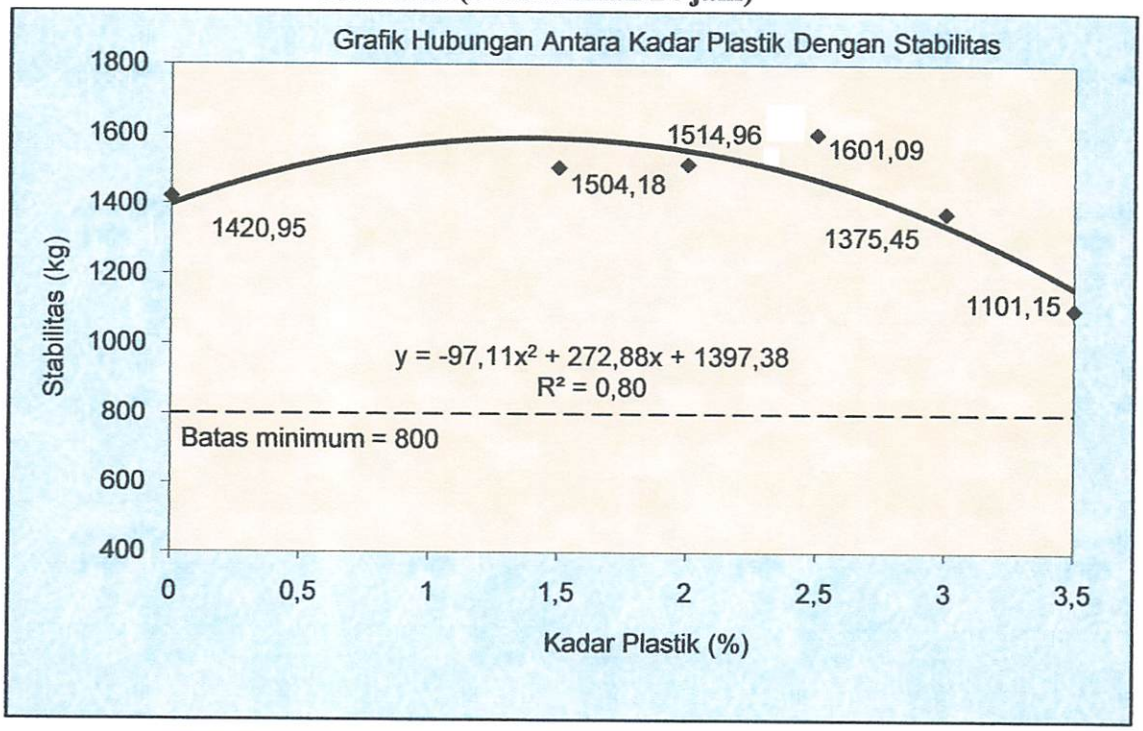
f. Antara kadar campuran plastik dengan Indeks Perendaman

Perhitungan kadar campuran plastik optimum didasarkan pada hasil dari perhitungan parameter Marshall yang digambarkan dalam beberapa grafik berikut ini:

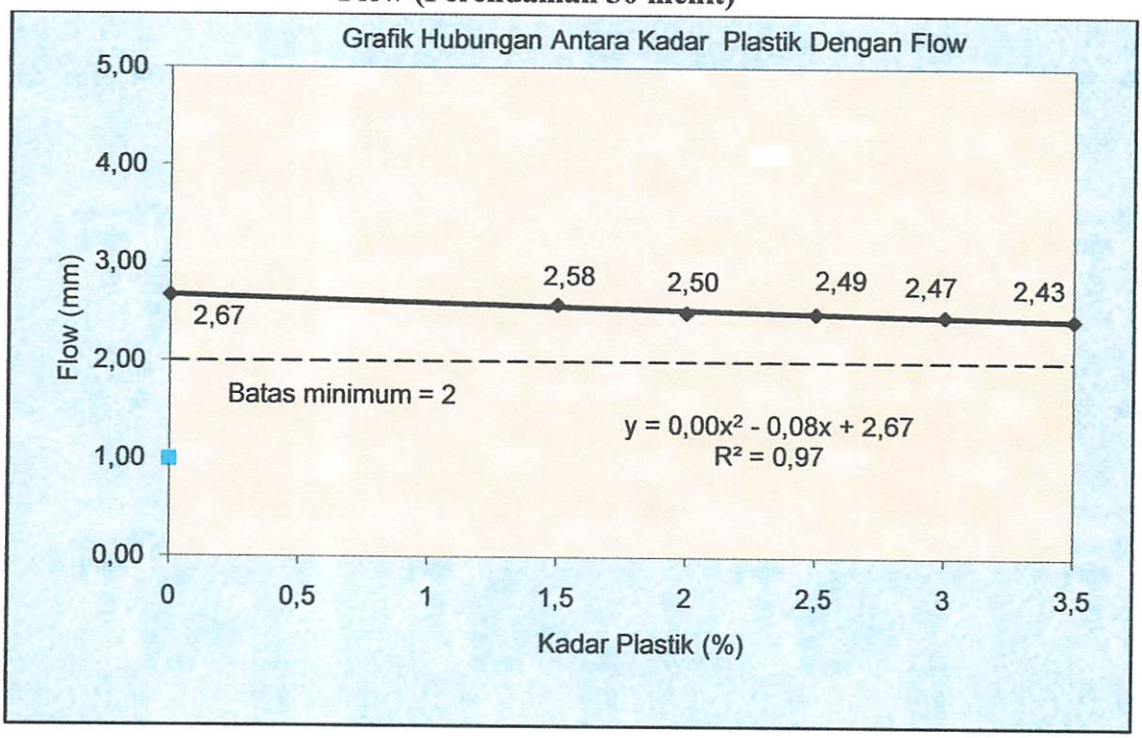
Grafik 5.1 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)



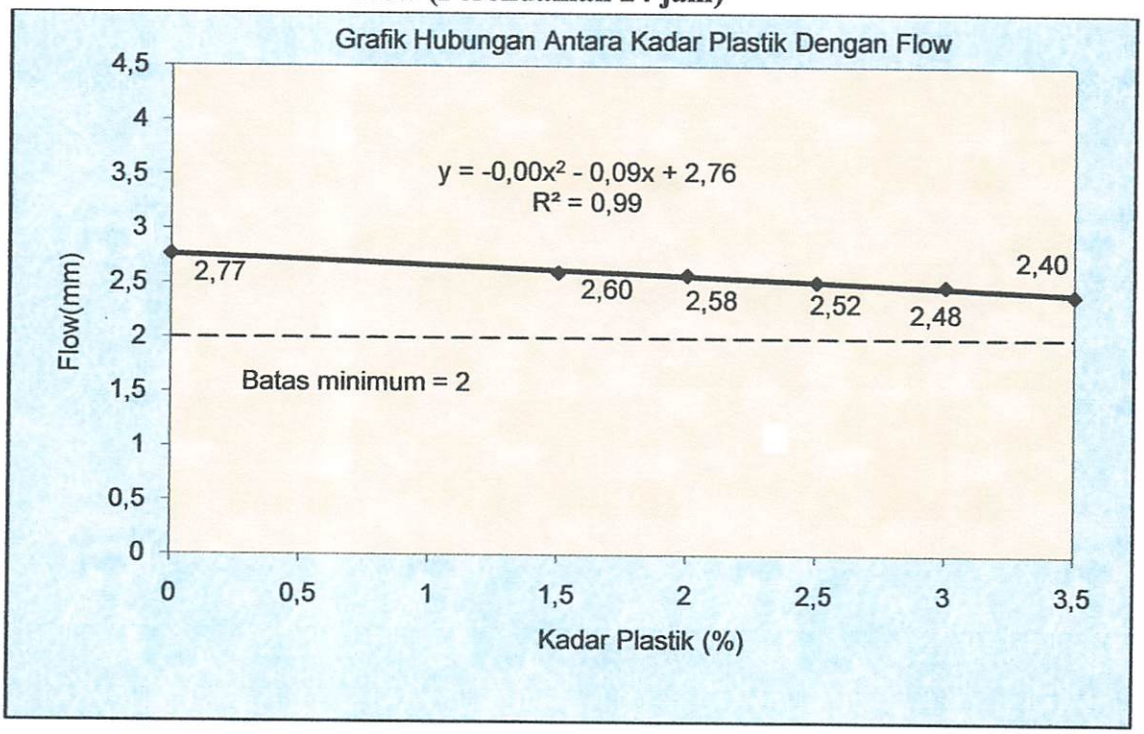
Grafik 5.2 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)



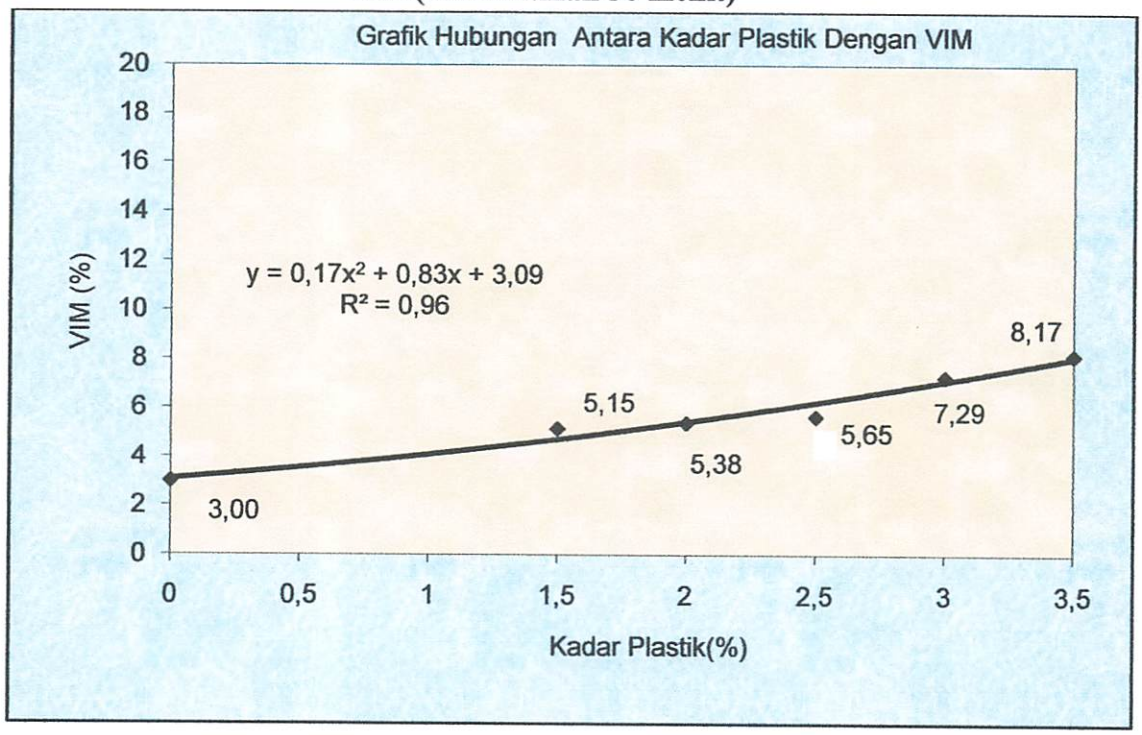
Grafik 5.3 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Flow (Perendaman 30 menit)



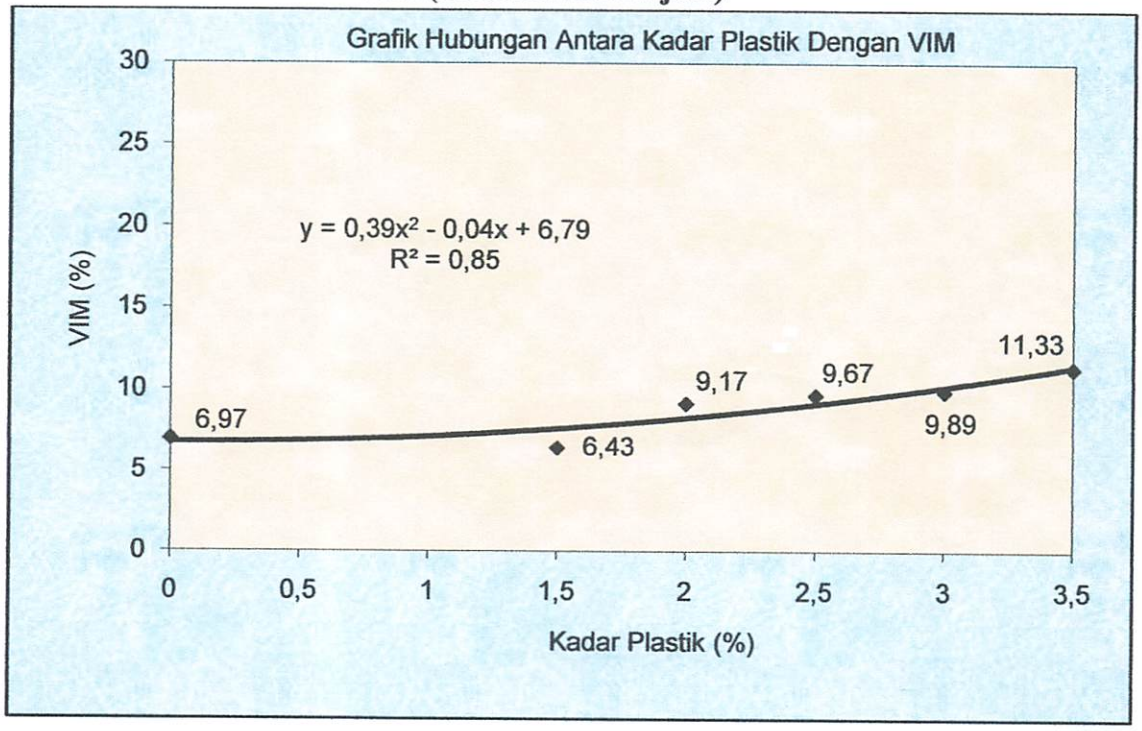
Grafik 5.4 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Flow (Perendaman 24 jam)



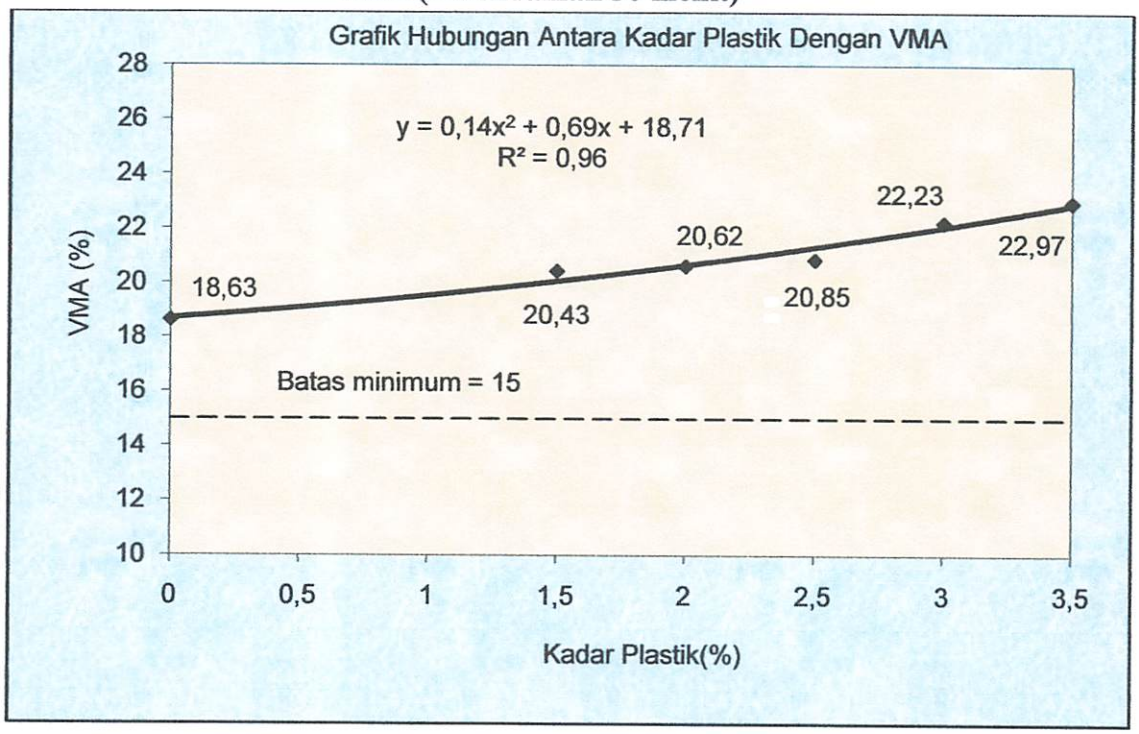
Grafik 5.5 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan VIM (Perendaman 30 menit)



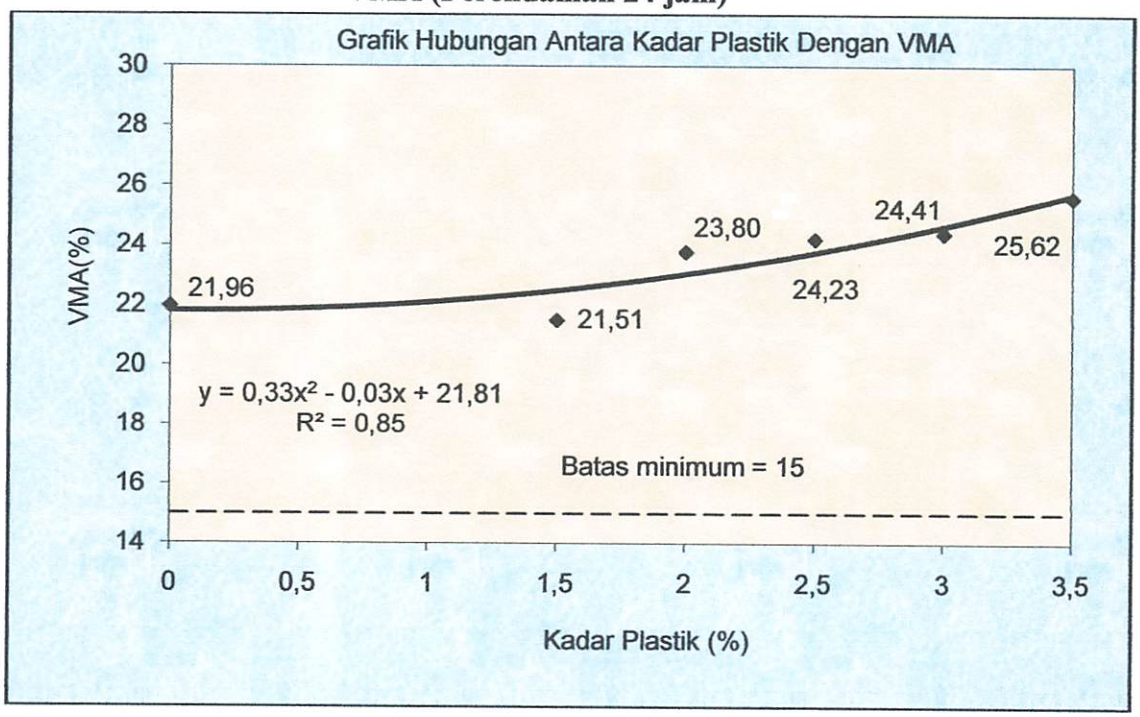
Grafik 5.6 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan VIM (Perendaman 24 jam)



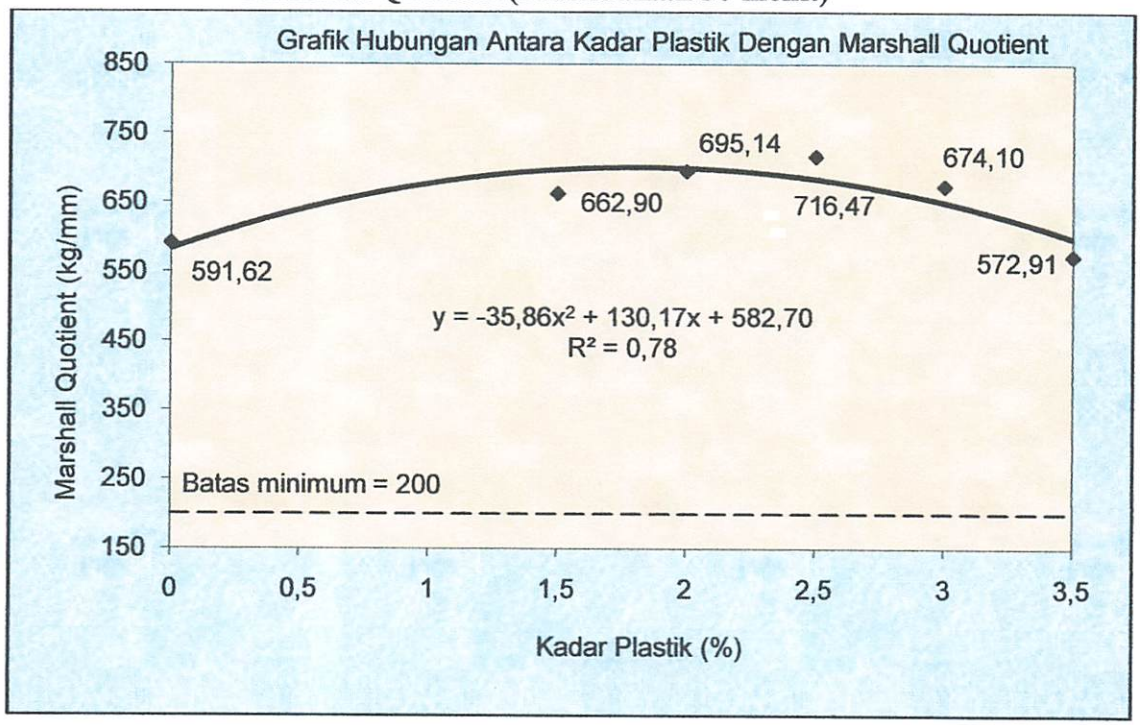
Grafik 5.7 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan VMA (Perendaman 30 menit)



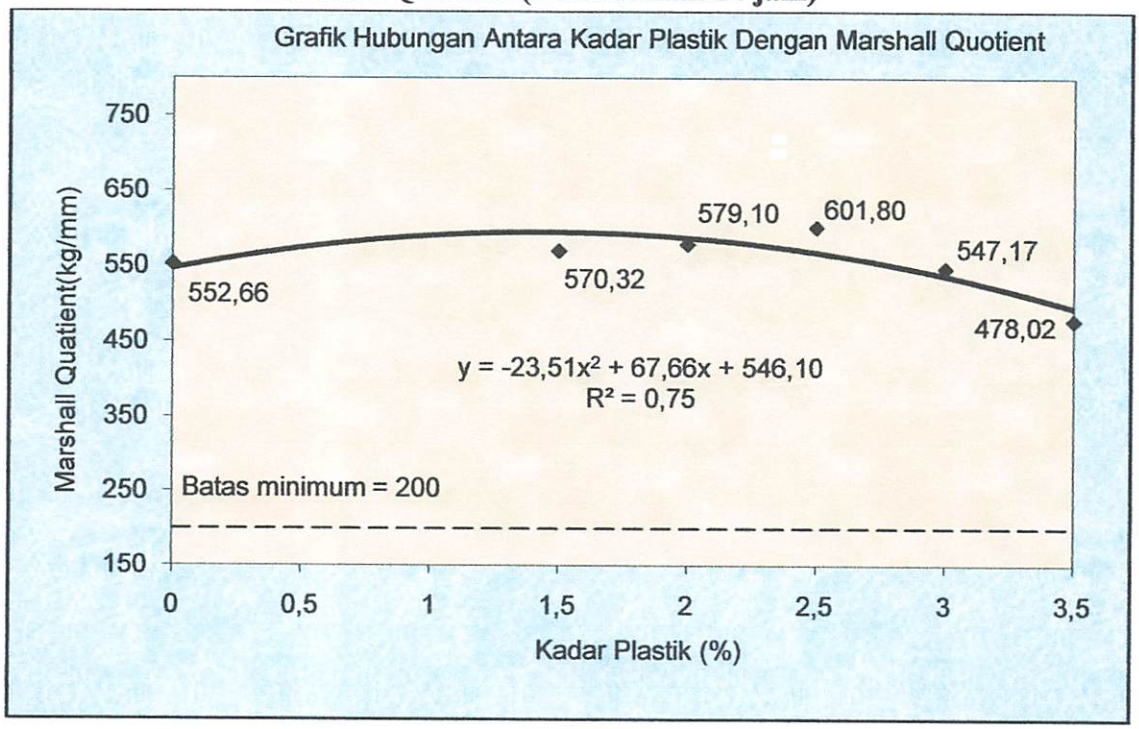
Grafik 5.8 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan VMA (Perendaman 24 jam)



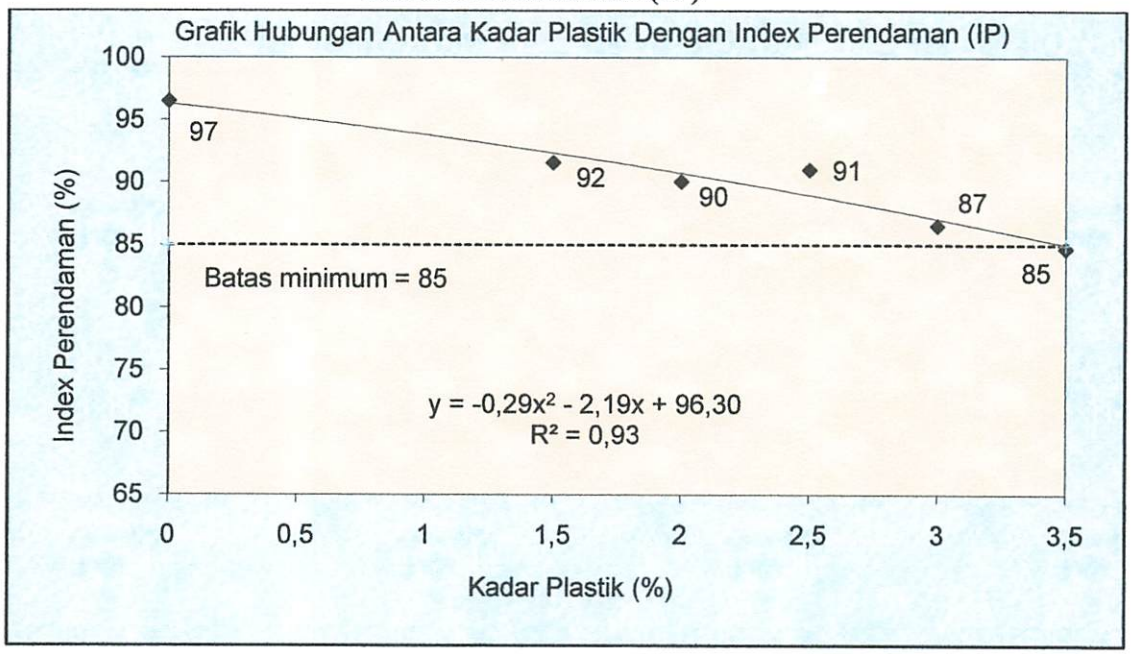
Grafik 5.9 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)



Grafik 5.10 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)



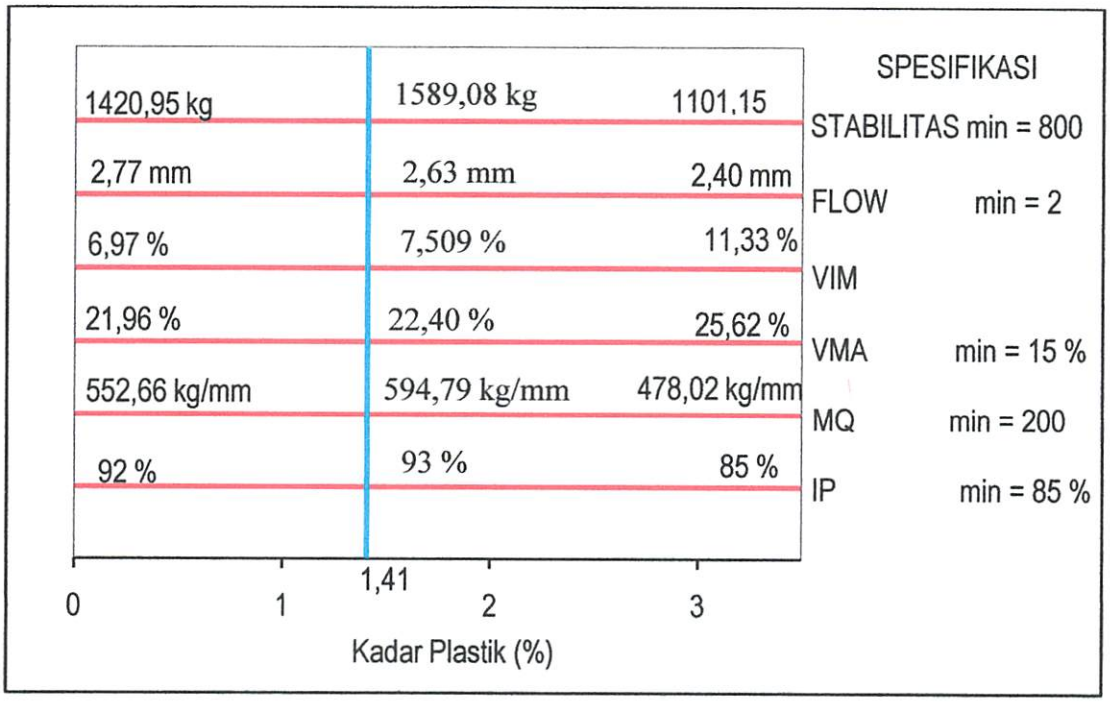
Grafik 5.11 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan Indeks Perendaman (IP)



5.2.2.2. Kadar Campuran Plastik Optimum

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh Kadar Aspal Optimum sebagai berikut:

Grafik 5.12 Diagram Batang Hubungan Kadar Plastik Dengan Parameter Marshall



Dari grafik 5.2 diperoleh fungsi $y = -97{,}11x^2 + 272{,}88x + 1397{,}38$. Untuk mendapatkan nilai y maksimum maka :

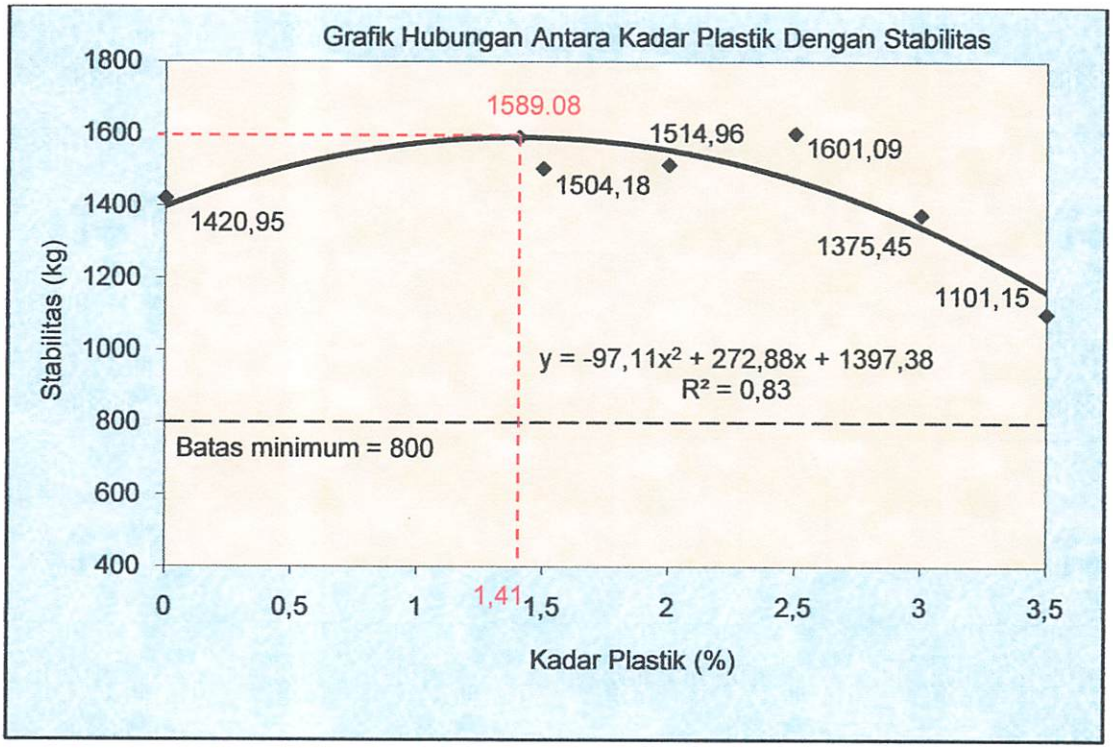
$y = -97{,}11x^2 + 272{,}88x + 1397{,}38$

$$\frac{dy}{dx} = 2 \times (-97{,}11x) + 272{,}88$$

$0 = -194{,}92x + 272{,}88$

$$x = \frac{-272{,}88}{-194{,}92} = 1{,}41$$

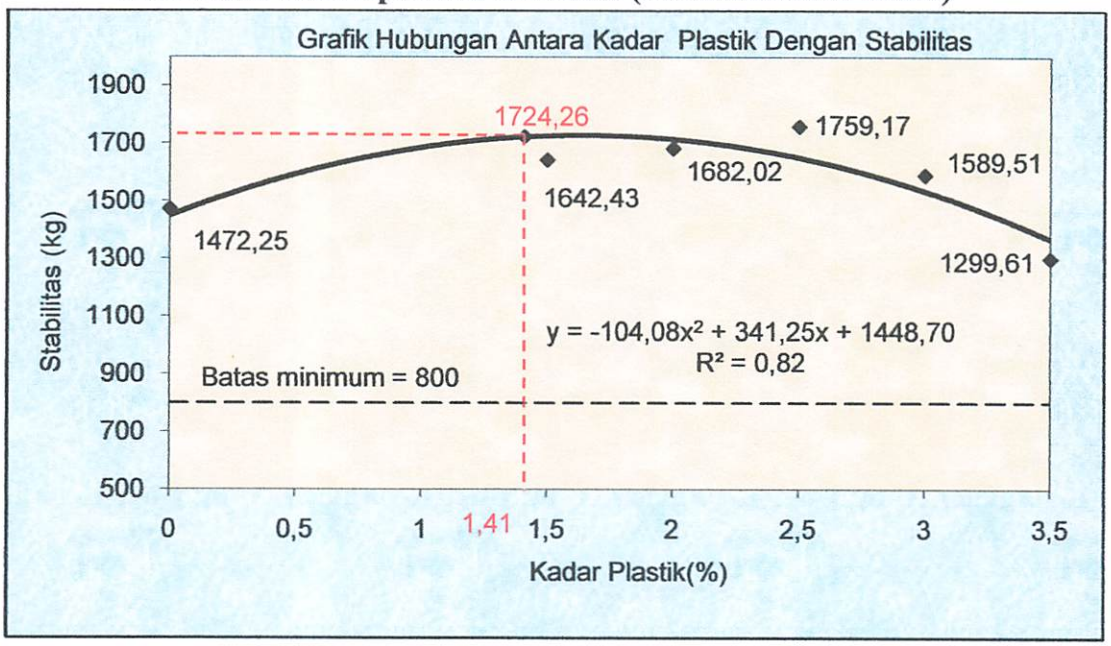
Grafik 5.15 Nilai Optimum Stabilitas (Perendaman 24 jam)



Perhitungan : $y = -97{,}11\ (1{,}41)^2 + 272{,}88(1{,}41) + 1397{,}38$

$y = 1589{,}08$

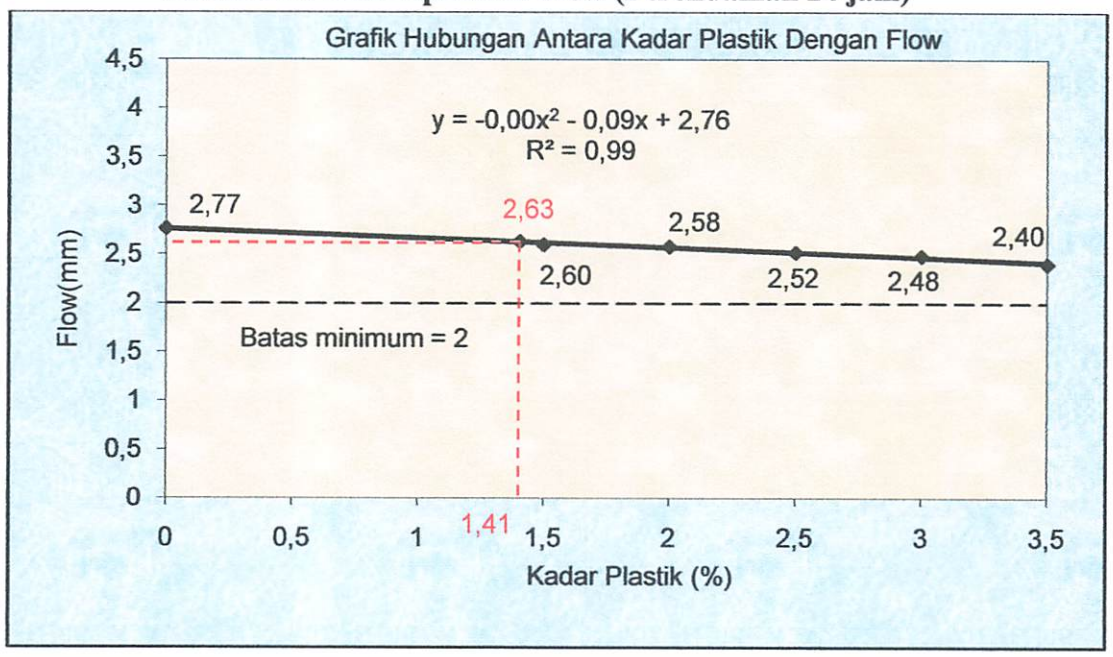
Grafik 5.16 Nilai Optimum Stabilitas (Perendaman 30 menit)



Perhitungan : $y = -104{,}08(1{,}41)^2 + 341{,}25(1{,}41) + 1448{,}70$

$y = 1724{,}26$

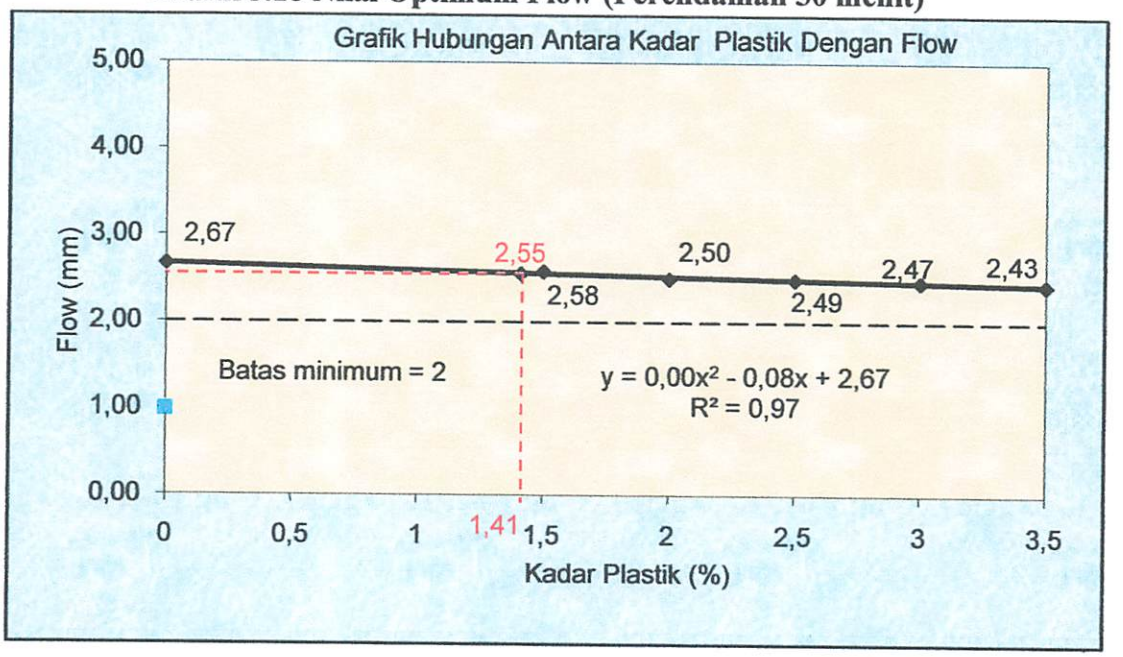
Grafik 5.17 Nilai Optimum Flow (Perendaman 24 jam)



Perhitungan : $y = -0{,}00(1{,}41)^2 - 0{,}09(1{,}41) + 2{,}76$

$y = 2{,}63$

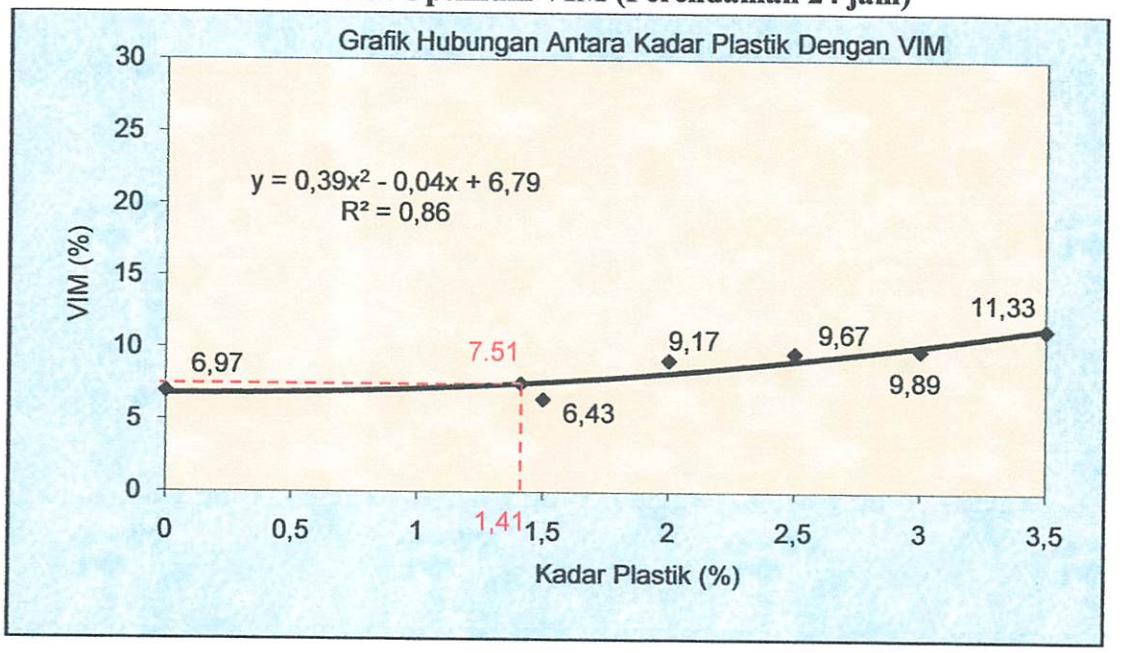
Grafik 5.18 Nilai Optimum Flow (Perendaman 30 menit)



Perhitungan : $y = -0{,}00(1{,}41)^2 - 0{,}08(1{,}41) + 2{,}67$

$y = 2{,}55$

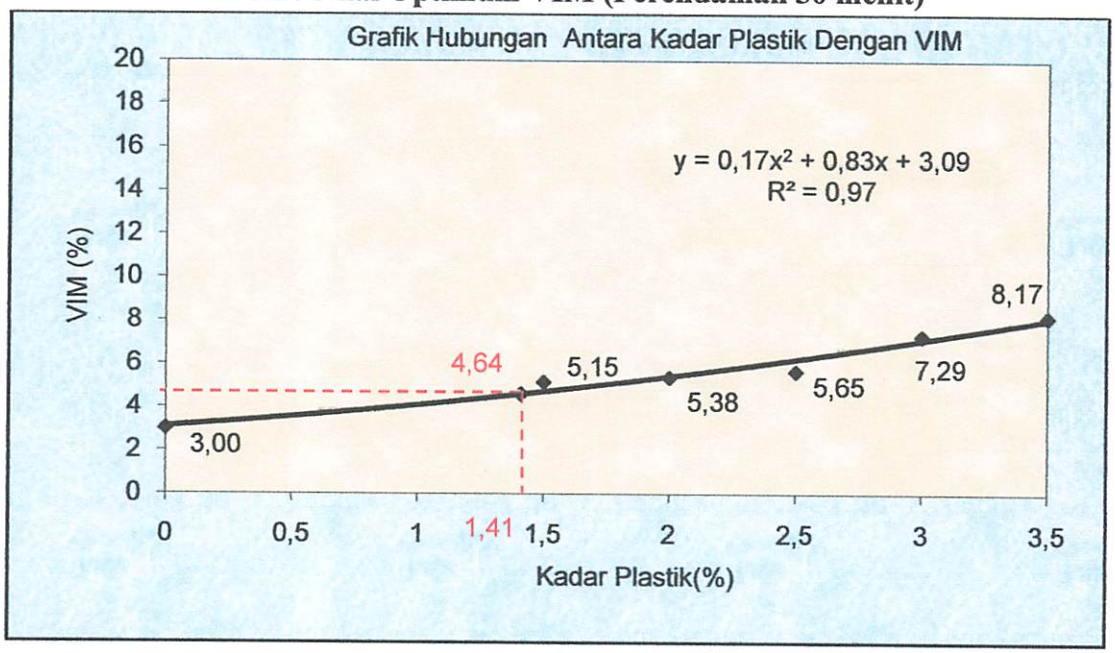
Grafik 5.19 Nilai Optimum VIM (Perendaman 24 jam)



Perhitungan : $y = 0{,}40(1{,}41)^2 - 0{,}05(1{,}41) + 6{,}79$

$y = 7{,}51$

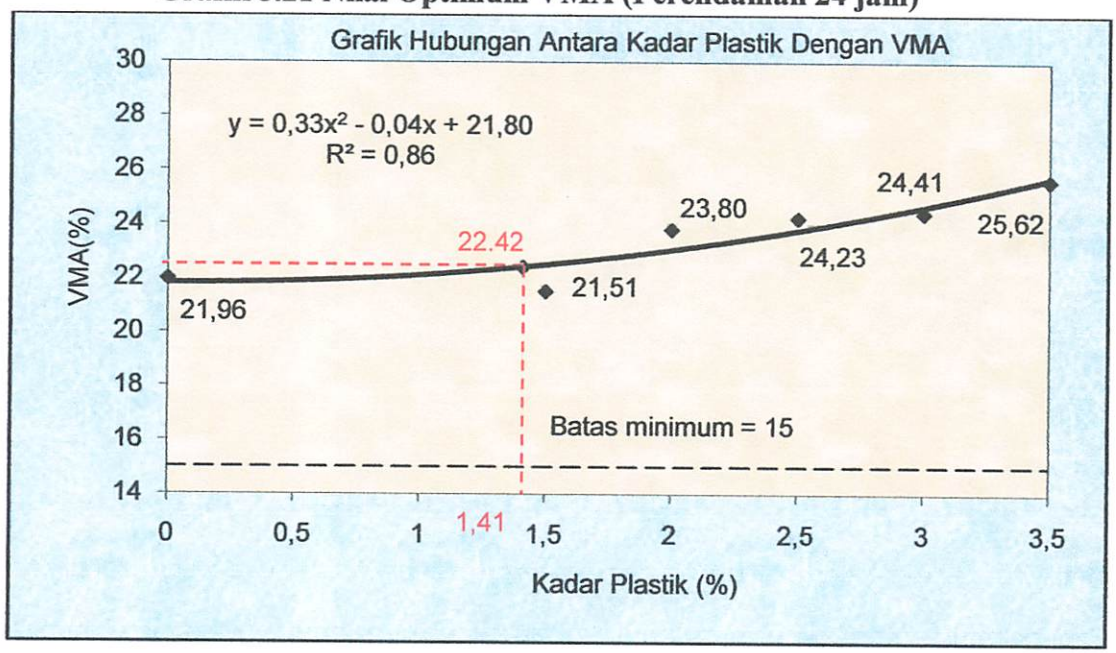
Grafik 5.20 Nilai Optimum VIM (Perendaman 30 menit)



Perhitungan : $y = 0{,}17(1{,}41)^2 + 0{,}83(1{,}41) + 3{,}09$

$y = 4{,}64$

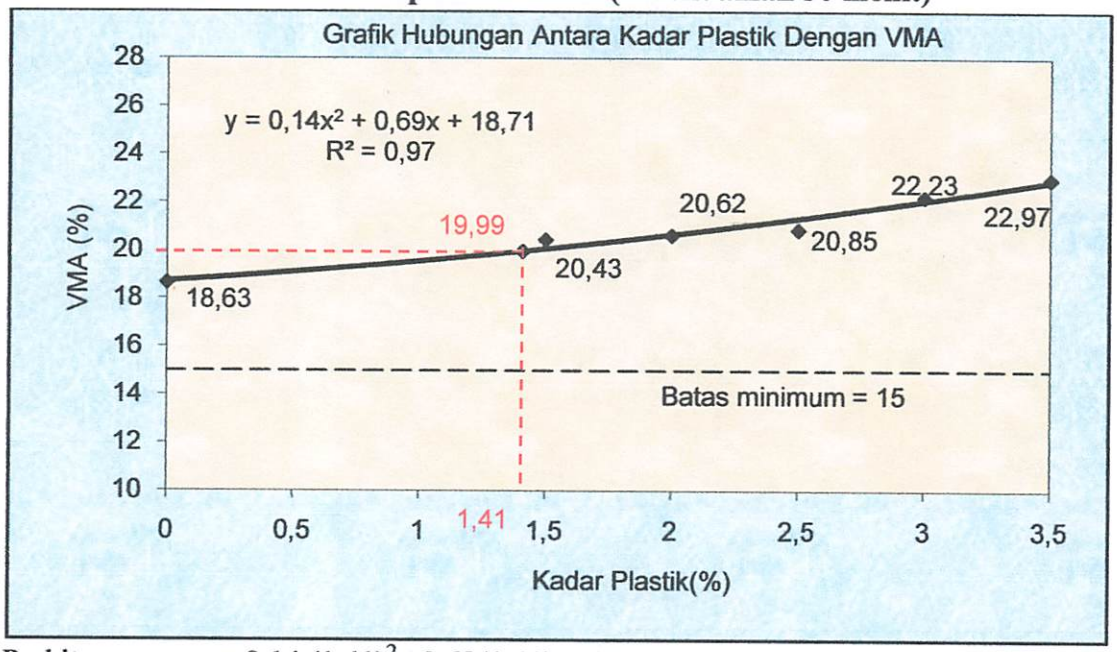
Grafik 5.21 Nilai Optimum VMA (Perendaman 24 jam)



Perhitungan : $y = 0{,}33(1{,}41)^2 - 0{,}04(1{,}41) + 21{,}80$

$y = 22{,}42$

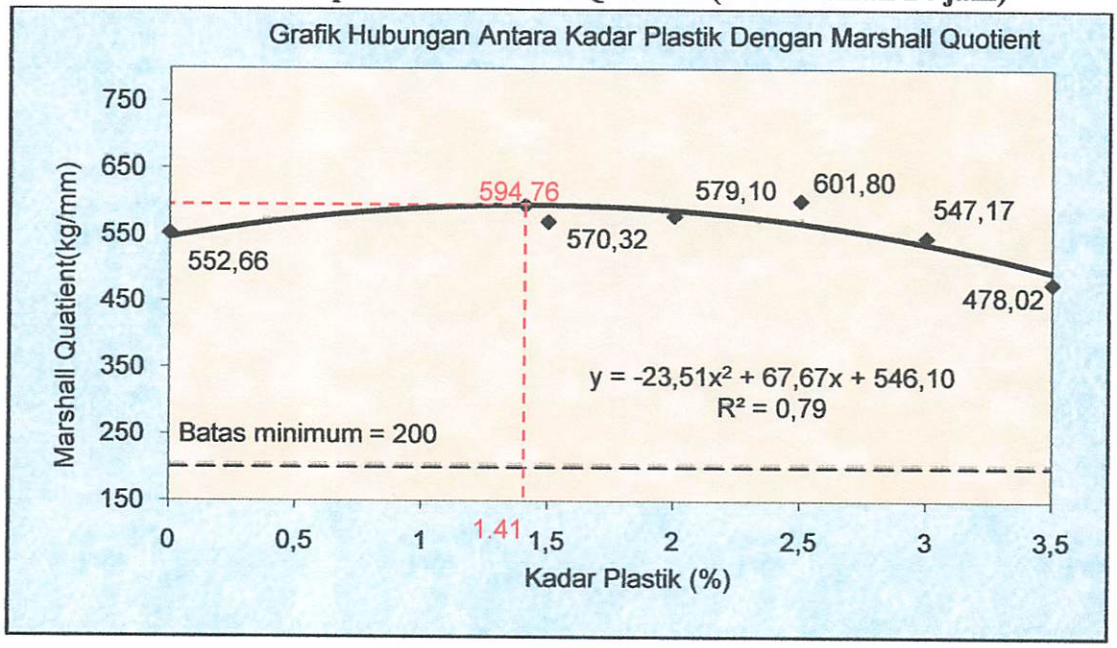
Grafik 5.22 Nilai Optimum VMA (Perendaman 30 menit)



Perhitungan : $y = 0{,}14\ (1{,}41)^2 + 0{,}69(1{,}41) + 18{,}71$

$y = 19{,}99$

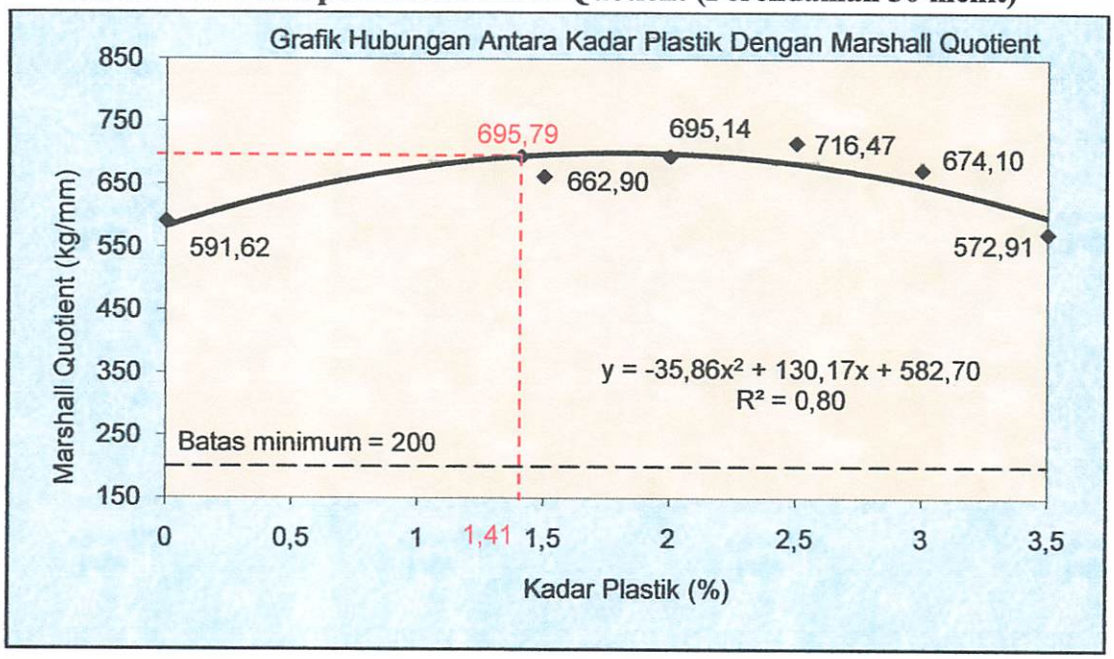
Grafik 5.13 Nilai Optimum Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)



Perhitungan : $y = -23{,}51(1{,}41)^2 + 67{,}67(1{,}41) + 546{,}10$

$y = 594{,}7$

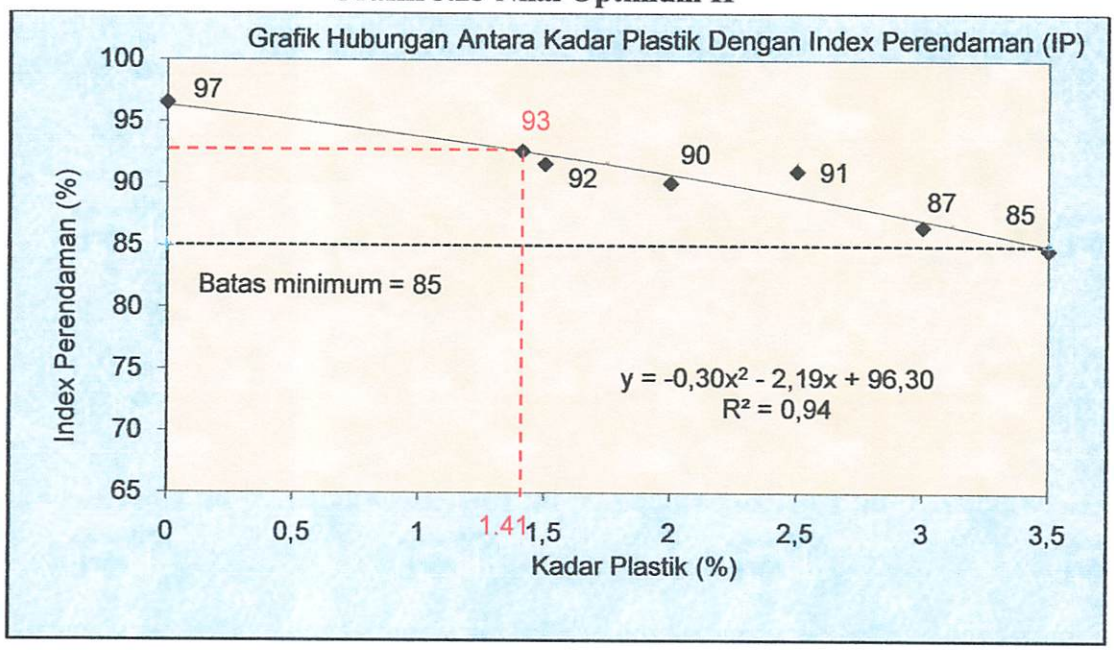
Grafik 5.14 Nilai Optimum Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)



Perhitungan : $y = -35{,}86(1{,}41)^2 + 130{,}17(1{,}41) + 582{,}70$

$y = 695{,}79$

Grafik 5.23 Nilai Optimum IP



Perhitungan : $y = -0{,}30(1{,}41)^2 - 2{,}19(1{,}41) + 96{,}30$

$y = 93$

5.3. PEMBAHASAN

5.3.1. Pengujian Hipotesis

Untuk menguji hipotesis penelitian yang ada pada bab I, maka dilakukan uji **Analisa Varian Satu Arah** dengan data yang telah disortir dengan interval kepercayaan, untuk melihat apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi subtitusi kadar plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap Kadar Aspal Optimum.

Sebagai contoh, di bawah ini adalah cara perhitungan analisa varian satu arah untuk stabilitas dengan variasi subtitusi kadar plastik *Polyethilene Terephthalate*.

Tabel 5.35 Data Stabilitas Dengan Variasi Subtitusi Kadar Plastik *Polyethilene Terephthalate* (30 menit)

Variasi Subtitusi Kadar Plastik (%)	0	1,5	2	2,5	3	3,5	Jumlah
Stabilitas	1434,07	1798,56	1471,13	1706,87	1471,35	1291,76	9173,75
	1379,25	1581,86	1384,89	1421,18	1633,52	1497,43	8898,13
	1461,78	1634,00	1808,89	1569,66	1641,89	1255,67	9371,88
	1426,20	1416,34	1368,15	1844,70	1679,25	1422,84	9157,49
	1664,37	1415,44	1577,98	1522,49	1537,02	1448,67	7717,30
	1339,85	1620,07	1750,73	1658,38			1339,85
	1600,21		2465,48				4065,70
			2110,67				2110,67
Jumlah	10305,73	9466,26	13937,93	9723,28	7963,04	6916,37	51834,76
Banyak Pengamatan	7	6	8	6	5	5	37
Rata-rata	1472,25	1577,71	308,19	1620,55	1592,61	1383,27	7954,57

Selanjutnya diperlukan :

a) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\Sigma Y^2 = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{ni} Y_{ij}^2$$

b) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^{k} n_i}$$

c) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^{k} n_i}\right) - R_y$$

d) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel 5.35 di atas selanjutnya dihitung :

a) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$\Sigma Y^2 = (1434,07)^2+(1379,25)^2+\ldots+(1844,70^2)+(1537,02^2) +$

$(1448,67^2) = 93801830,68$

b) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{51834,76^2}{37} = 72617350,8$$

c) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{10305,73^2}{7} + \frac{9466,26^2}{6} + \frac{13937,93^2}{8} + \frac{9723,28^2}{6} + \frac{7963,04^2}{5} + \frac{6916,37^2}{5}\right) - 72617350,8 = 19779729,6$$

d) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 93801830,68 - 72617350,8 - 19779729,6 = 1404750,2$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.36 Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	93801830,68	93801830,68
Antar perlakuan	5	19779729,60	3955945,92
Dalam Perlakuan	31	1404750,24	45314,52
Jumlah	37		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT\,(antar\ perlakuan)}{KT\,(kekeliruan)}$

$$F_{hitung} = \frac{3955945,92}{45314,52} = 87,2997$$

Dalam tabel V pada buku Dasar-dasar Statistika *(Riduwan; 272)*, nilai F_{tabel} (0.05 ; 5 ; 35) = 2,49. Jadi nilai $F_{hitung} = 87,2997 > F_{tabel} = 2,469$. Dengan demikian Ha diterima Ho ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi subtitusi kadar plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai stabilitas.

Perhitungan analisa varian satu arah ini dapat juga dilakukan dengan bantuan software Microsoft Excel XP, dan hasil dari perhitungan tersebut selengkapnya ditabelkan pada tabel berikut ini.

Tabel 5.37 Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan

No	Parameter	F_{hitung}	F_{tabel}	Hipotesa		Keterangan
1	Stabilitas 30 menit	87,2997	2,4696	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat pengaruh terhadap nilai Stabilitas, Flow, VIM, VMA, MQ, dan Indeks Perendaman
2	Stabilitas 24 jam	10,1661	2,5026	Ha diterima	Ho ditolak	
3	Flow 30 menit	26,6466	2,4851	Ha diterima	Ho ditolak	
4	Flow 24 jam	4,3788	2,4851	Ha diterima	Ho ditolak	
5	VIM 30 menit	28,1142	2,4558	Ha diterima	Ho ditolak	
6	VIM 24 jam	21,9518	2,4558	Ha diterima	Ho ditolak	
7	VMA 30 menit	8,2947	2,4558	Ha diterima	Ho ditolak	
8	VMA 24 jam	2,8247	2,5026	Ha diterima	Ho ditolak	
9	MQ 30 menit	23,0139	2,4778	Ha diterima	Ho ditolak	
10	MQ 24 jam	5,8359	2,4696	Ha diterima	Ho ditolak	
11	IP	4,9051	2,408514	Ha diterima	Ho ditolak	

5.3.2. Analisis Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan pada sub bab 5.1, kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi subtitusi kadar plastik *Polyethilene Terephthalate* yang telah diberikan.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (*Sudjana,2002; 338)* sebagai regresi, dengan bentuk persamaan

$\hat{Y} = a + bX + cX^2$.

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$

$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$

$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$

Sebagai contoh diambil data stabilitas 30 menit untuk diuji dengan regresi.

Tabel 5.37. Daftar Nilai Stabilitas Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi

No	X	Y	Y^2	X^2	X^3	X^4	XY	X^2Y
1	0,00	1472,25	2167512,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,50	1642,43	2697590,76	2,25	3,38	5,06	2463,65	3695,48
3	2,00	1682,02	2829186,03	4,00	8,00	16,00	3364,04	6728,07
4	2,50	1759,17	3094669,72	6,25	15,63	39,06	4397,92	10994,80
5	3,00	1589,51	2526530,93	9,00	27,00	81,00	4768,52	14305,56
6	3,50	1299,61	1688976,94	12,25	42,88	150,06	4548,62	15920,18
Total	12,50	9444,98	15004466,74	33,75	96,88	291,19	19542,75	51644,08

Dari tabel 5.37. maka didapat persamaan :

$9444,98 = 6a + 12,5b + 33,75c$

$19542,75 = 12,5a + 33,75b + 96,88c$

$51644,08 = 33,75a + 96,88b + 291,19c$

Dari ketiga persamaan didapat :

$a = 1448,70$

$b = 341,25$

$c = -104,09$

Maka persamaannya adalah :

$\hat{Y} = -104,09\,x^2 + 341,25\,x + 1448,70$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$JK(b|a) = \left(b\left\{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}\right\}\right) + \left(c\left\{\sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n}\right\}\right)$$

$$= \left(341,25\left\{19542,75 - \frac{12,5 \times 9444,98}{6}\right\}\right) + \left(-104,09\left\{51644,08 - \frac{33,75 \times 9444,98}{6}\right\}\right)$$

$$= -45827,77 + 154462,36$$

$$= 108634,59$$

$$JK(E) = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$= 15004466,74 - \frac{(9444,98)^2}{6}$$

$$= 136523,9$$

$$R^2 = \frac{JK(b|a)}{JK(E)}$$

$$= \frac{108634,59}{136523,9}$$

$$= 0,8$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar plastik dengan stabilitas menghasilkan persamaan y = **-104,09 x^2 + 341,25 x + 1448,70** dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8. Hal ini berarti bahwa 80% perubahan nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar plastik *Polyethilene Terephthalate*.

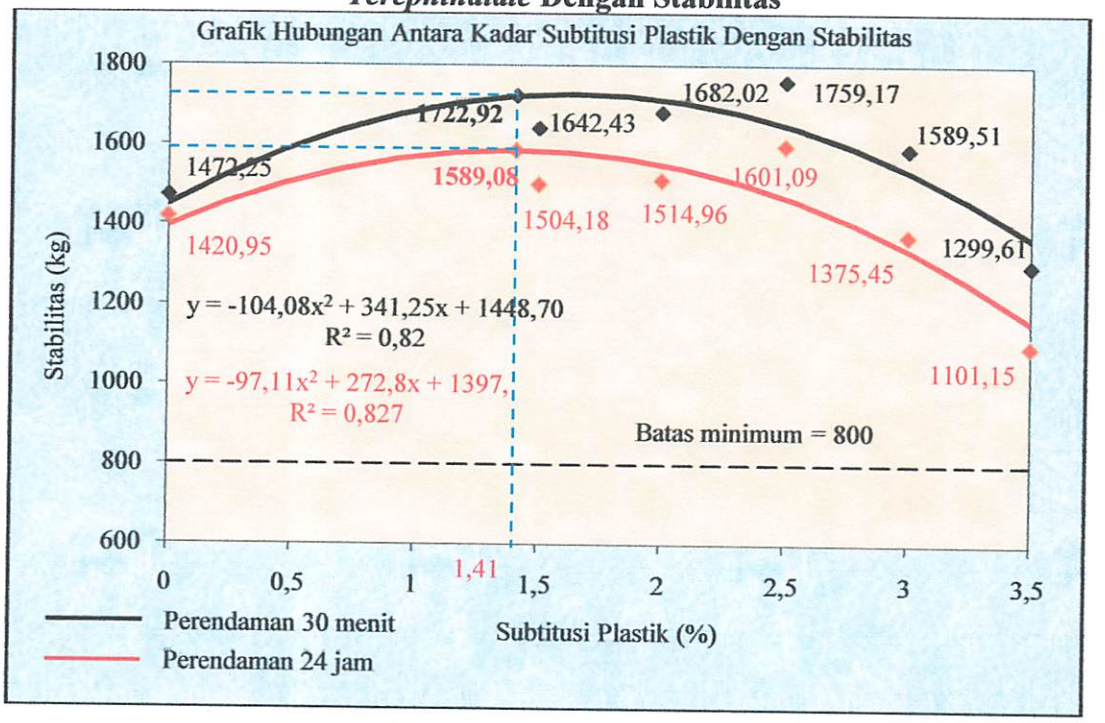
Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik. Data hasil pengujian keseluruhan kemudian diplotkan ke dalam grafik kuadratik yang menunjukkan hubungan antara variasi subtitusi kadar plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap Stabilitas, Flow, VIM, VMA, Marshall Quotient, dan Indeks Perendaman yang disajikan pada sub bab pembahasan.

5.3.3. Pembahasan

Dari pengujian analisis regresi, dapat dilihat trend dari grafik yang dihasilkan dari titik-titik yang telah dihubungkan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat rekomendasikan hal-hal sebagai berikut.

a. Stabilitas

Grafik 5.24. Hubungan Antara Subtitusi Plastik *Polyethilene Terephthalate* Dengan Stabilitas



Dari grafik diatas terlihat bahwa stabilitas Marshall ditambah dengan plastik mutu rendah *Polyethilene Terephthalate* menjadi lebih tinggi 1,41% dari pada nilai stabilitas campuran aspal penetrasi 60-80. Peningkatan nilai stabilitas ini diakibatkan oleh Sifat plastik yang dapat mengikat campuran agregat dan aspal. Namun apabila penambahan plastik PET ini melebihi kadar subtitusi optimumnya yaitu 1,41% maka berpengaruh terhadap penurunan nilai stabilitas. Penurunan nilai stabilitas ini diakibatkan oleh pengurangan

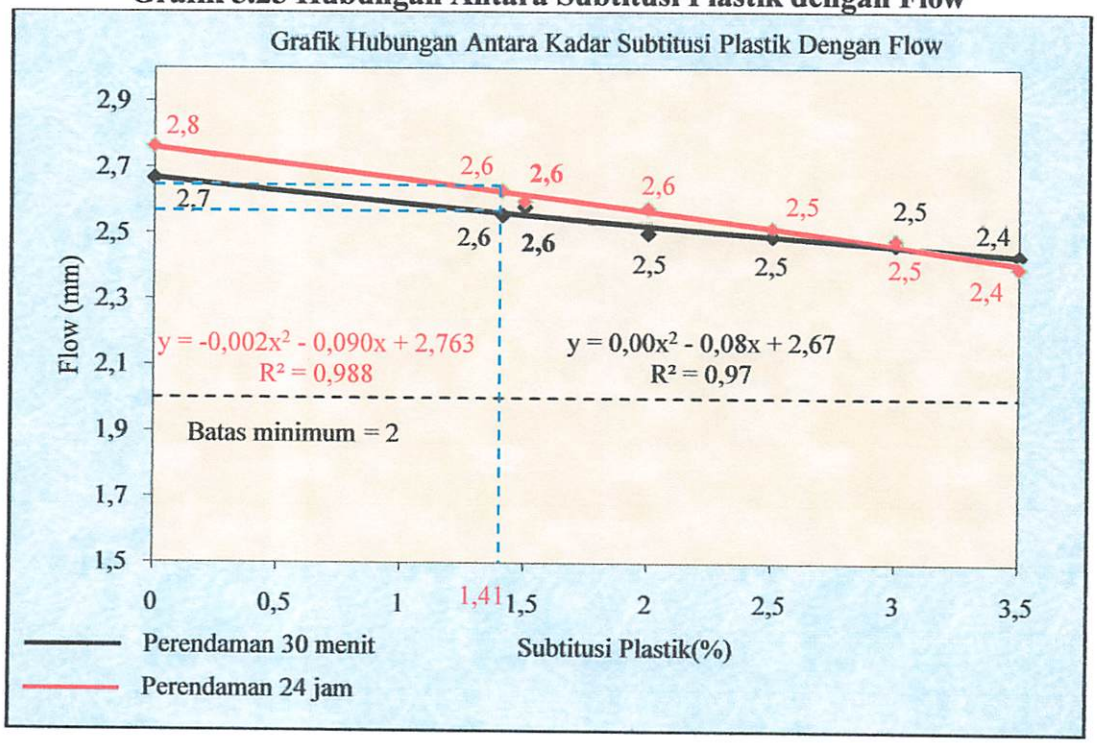
kadar aspal yang lebih banyak, sehingga campuran menjadi rapuh dan tidak dapat menahan beban lalu lintas diatasnya. Namun hasil percobaan diatas tetap dapat digunakan karena memenuhi syarat batas minimum 800 kg.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan F_{hitung} = **87,2997** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,4696**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai stabilitas. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan F_{hitung} = **10,1661** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,5026**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai stabilitas.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -104{,}08x^2 + 341{,}25x + 1448{,}70$ dengan koefisien determinasi R^2 = 0,82 maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **82%** nilai stabilitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap berat aspal, dan analisa regresi perendaman 24 jam maka didapatkan persamaan $y = -97{,}11x^2 + 272{,}88x + 1397{,}38$ dengan koefisien determinasi R^2 = 0,83 maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **83%** nilai stabilitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap berat aspal.

b. Flow

Grafik 5.25 Hubungan Antara Subtitusi Plastik dengan Flow



Hasil Pengaruh pengujian variasi bahan tambahan plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap *flow* menunjukan nilai flow yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran aspal penetrasi 60-80. Terjadi penurunan sebesar 1,41% tiap kadar variasinya. Penurunan ini terjadi akibat berkurangnya kadar aspal didalam campuran dan digantikan oleh plastik yang lebih kaku dari pada aspal. Dengan demikian perkerasan diperkirakan akan lebih tahan terhadap repetisi beban dan terhadap deformasi permanent, sehingga perkerasan akan mempunyai umur lebih lama dari campuran aspal penetrasi 60-80.

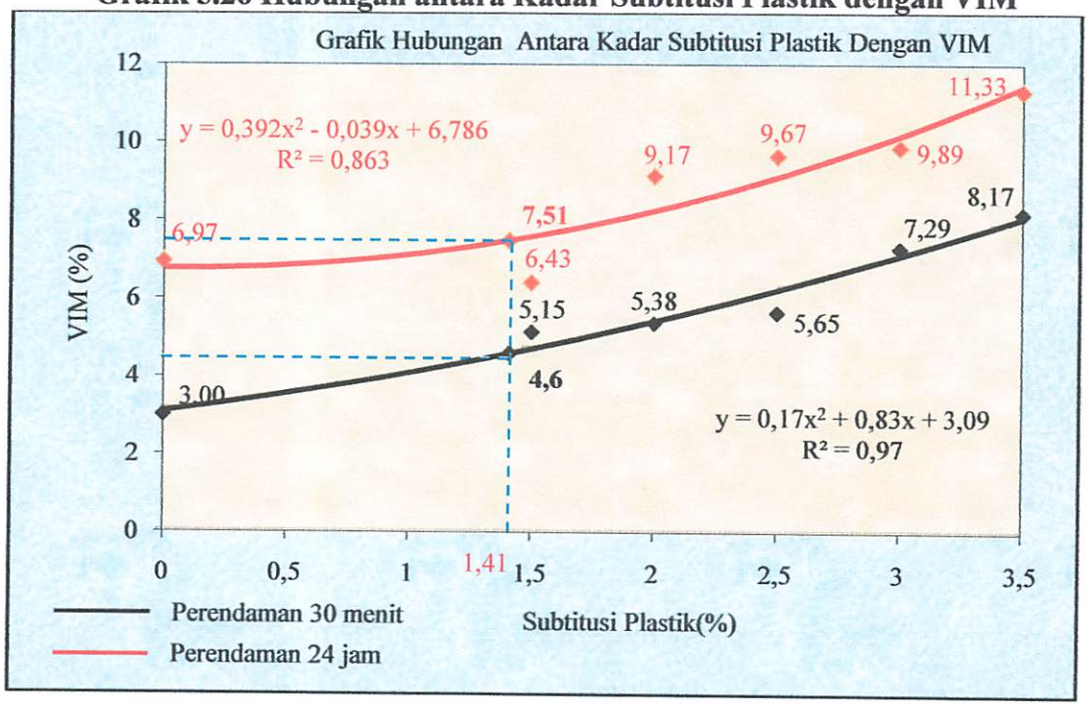
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan F_{hitung} = **26,6466** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,4851**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar subtitusi plastik *Polyethilene*

Terephthalate terhadap nilai flow, dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan F_{hitung} = **4,3788** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,4851**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai flow.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 0{,}00x^2 - 0{,}08x + 2{,}67$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0{,}97$ maka berarti bahwa **97%** perubahan nilai flow diakibatkan oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate*, dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -0{,}00x^2 - 0{,}09x + 2{,}76$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0{,}99$ maka berarti bahwa **99%** nilai flow yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* mempengaruhi nilai flow.

c. VIM

Grafik 5.26 Hubungan antara Kadar Subtitusi Plastik dengan VIM



Terjadi perilaku untuk aspal murni persentase 0% cenderung naik membentuk garis linier dari kadar subtitusi plastik 1,5% - 3,5%. Peningkatan nilai VIM disebabkan oleh plastik *Polyethilene Terephthalate* yang mengisi pori-pori yang tersisa pada campuran. Namun nilai VIM yang terlalu besar mengakibatkan beton aspal kurang kedap air, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal dan penurunan sifat durabilitasnya.

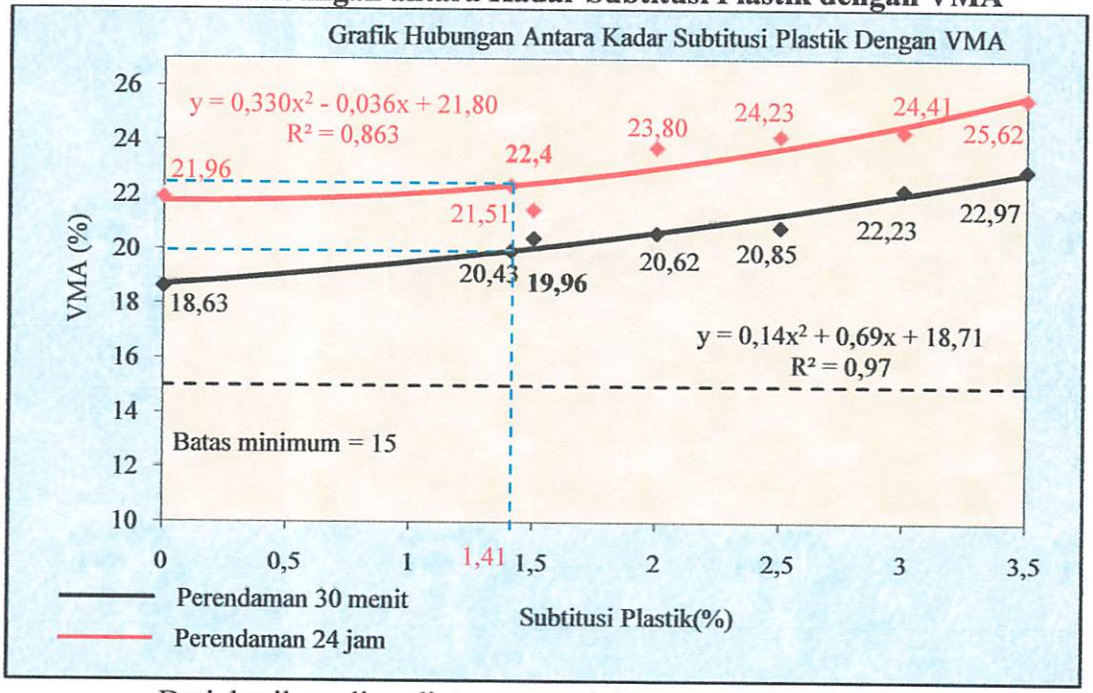
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan F_{hitung} = **28,1142** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,4558**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai VIM, dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan F_{hitung} = **21,951** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,4558**, maka H_0

ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai VIM.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendamanan 30 jam didapatkan persamaan $y = 0{,}17x^2 + 0{,}83x + 3{,}09$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0{,}97$ maka berarti bahwa **97%** perubahan nilai VIM diakibatkan oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate*, dan analisa regresi perendamanan 24 jam didapatkan persamaan $y = 0{,}39x^2 - 0{,}04x + 6{,}79$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0{,}86$ maka berarti bahwa **86%** perubahan nilai VIM diakibatkan oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate*.

d. VMA

Grafik 5.27 Hubungan antara Kadar Subtitusi Plastik dengan VMA



Dari hasil analisa diatas menunjukan secara keseluruhan pengaruh variasi bahan tambah dengan plastik PET 1,5%-3,5% dari kadar aspal pen 60-80 terhadap perendaman mengakibatkan peningkatan nilai VMA sebesar

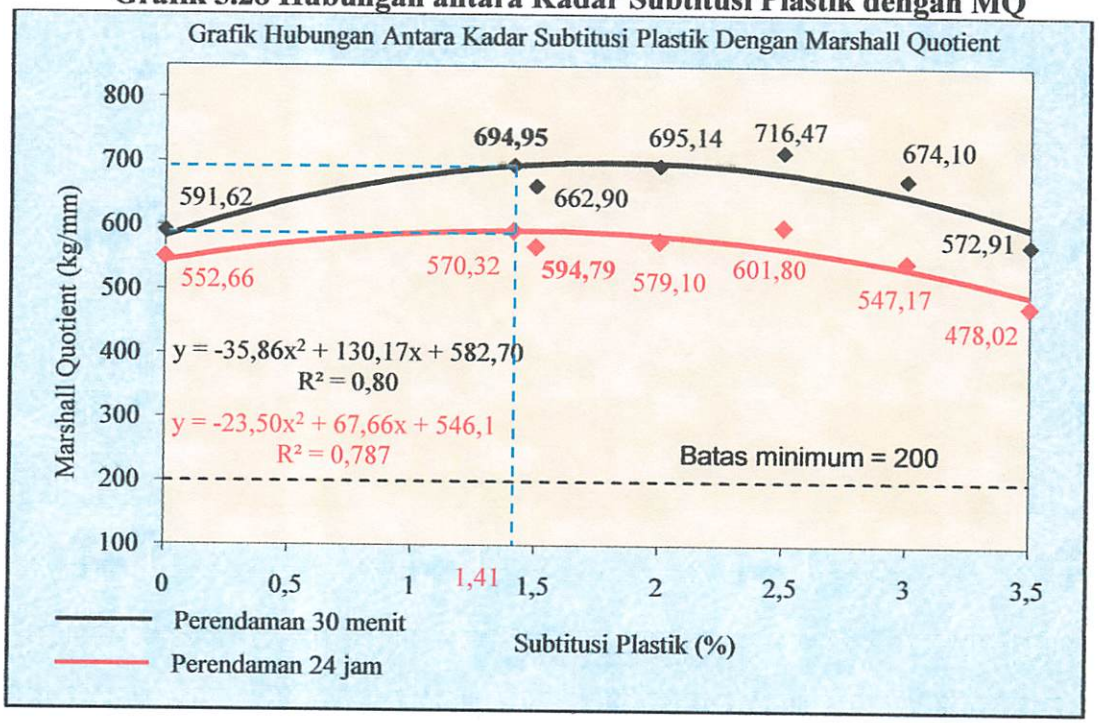
kadar subtitusi optimum 1,41%. Peningkatan nilai ini dipengaruhi oleh penambahan plastik yang mengisi pori yang ada diantara butir agregat didalam campuran beton aspal akan bertambah kecil. Pada kelima sampel diatas masih berada diatas 15% (syarat minimal spesifikasi).

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan F_{hitung} = **8,2947** lebih besar dari F_{tabel} = **2,4558**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai VMA, dan dari uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan F_{hitung} = **2,8247** lebih besar dari F_{tabel} = **2,5026**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai VMA.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 0{,}14x^2 + 0{,}69x + 18{,}71$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0{,}97$ maka berarti bahwa **97%** perubahan nilai VMA diakibatkan oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate,* dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = 0{,}33x^2 - 0{,}04x + 21{,}80$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0{,}86$ maka berarti bahwa **86%** perubahan nilai VMA diakibatkan oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate.*

e. MQ (Marshall Quotient)

Grafik 5.28 Hubungan antara Kadar Subtitusi Plastik dengan MQ



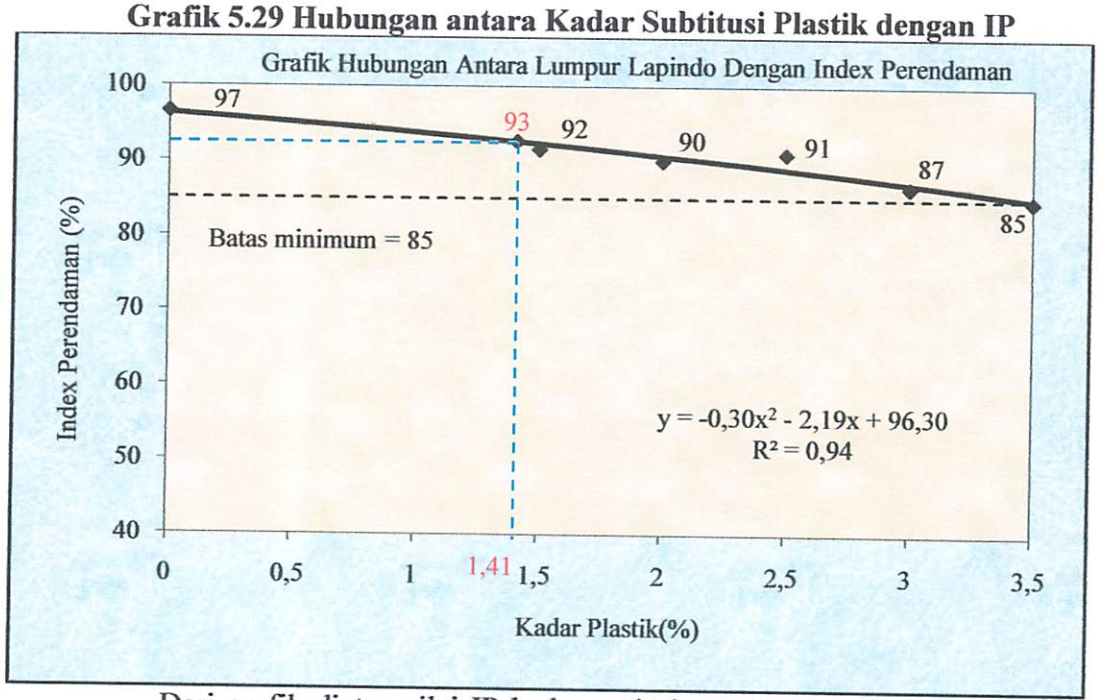
Dari grafik diatas variasi campuran 1,5%-3,5% mengalami peningkatan dari nilai kadar variasi 0% (kadar aspal pen60). Peningkatan nilai MQ akibat penambahan kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* hingga kadar subtitusi optimum sebesar 1,41%. Namun apabila penambahan plastik PET ini melebihi kadar subtitusi optimumnya yaitu 1,41% maka berpengaruh terhadap penurunan nilai MQ. Pengaruh plastik PET terhadap aspal mempunyai nilai MQ terbesar pada lama perendaman 30 menit, selanjutnya pada durasi perendaman 24 jam mengalami penurunan. MQ (Marshall Quotient) adalah rasio dari stabilitas dibandingkan dengan flow. Semakin jauh perbedaan nilai stabilitas dan flow, maka nilai MQ semakin tinggi. Nilai MQ yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan kurang lentur.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan F_{hitung} = **23,0139** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,4696**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai MQ, dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan F_{hitung} = **5,8359** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,408514**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai MQ.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi 30 menit didapatkan persamaan $y = -35{,}86x^2 + 130{,}17x + 582{,}70$ dengan koefisien determinasi R^2 = 0,80, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **80%** nilai MQ yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* dan analisa regresi 24 jam didapatkan persamaan $y = -23{,}51x^2 + 67{,}67x + 546{,}10$ dengan koefisien determinasi R^2 = 0,79, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **79%** nilai MQ yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate.*

f. IP (Indeks Perendaman)

Grafik 5.29 Hubungan antara Kadar Subtitusi Plastik dengan IP



Dari grafik diatas nilai IP kadar variasi aspal murni 0% lebih tinggi dibandingkan dengan nilai IP kadar aspal subtitusi plastik 1,5% - 3,5%. Penurunan nilai IP akibat penambahan kadar aspal subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* hingga kadar subtitusi optimum sebesar 1,41%. Namun penurunan nilai IP dari kelima sampel ini tetap mmemenuhi syarat 85% (syarat minimal spesifikasi). IP (Indeks Perendaman) adalah tingkat durabilitas campuran terhadap pengaruh cuaca. Semakin jauh perbedaan nilai stabilitas perendaman 30 menit terhadap stabilitas perendaman 24 jam, maka nilai IP semakin kecil.

Dari uji hipotesis didapatkan F_{hitung} = **4,9051** yang lebih besar dari F_{tabel} = **2,408514**, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate* terhadap nilai IP.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $y = -0{,}30x^2 + 130{,}17x + 582{,}70$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0{,}94$, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **94%** nilai IP yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar subtitusi plastik *Polyethilene Terephthalate*.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN
MALANG

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat direkomendasikan hal-hal sebagai berikut :

a. Penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan subtitusi aspal berpengaruh terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC). Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian hipotesis, dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$ (tabel 5.38).

b. Penambahan serpihan plastik *Polyethilene Terephthalate* (PET) layak digunakan sebagai bahan subtitusi aspal. Hal ini dapat dilihat dari parameter stabilitas yang meningkat hingga kadar subtitusi serpihan plastik optimum (grafik 5.24).

c. Kadar optimum penambahan serpihan *High Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan subtitusi aspal sebesar 1.41% (grafik 5.12).

6.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal – hal sebagai berikut :

1. Agregat merupakan elemen yang rentan oleh berubahan suhu, dan akan menyebabkan setiap parameternya mudah berubah (kadar air, berat jenis,

berat isi), dan pada akhirnya job mix tidak sesuai. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan lebih seksama.

2. Peniliti selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan menggunakan serpihan dari jenis plastik yang lain sebagai bahan subtitusi.
3. Peneliti selanjutnya dapat menganalisa dari segi ekonomi terhadap penambahan serpihan *Polyethilene Terephthalate* (PET) sebagai bahan subtitusi aspal.
4. Perlu ditambahkan katalisator antara plastik dengan aspal sehingga dapat tercampur secara homogen.
5. Saat pencampuran hingga pendinginan benda uji harap dilakukan dengan lebih seksama.
6. Bagi peneliti yang lain dapat menggunakan jenis aspal yang berbeda dan agregat ditempat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2000. *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*, Departemen Pekerjaan Umum.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. *Pemeriksaan Material /Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. *Pemeriksaan Material /Bahan Jalan, BukuII Pengujian Produk Pabrikasi.*

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. *Pemeriksaan Material /Bahan Jalan, BukuIII Pengujian Produk Olahan.*

Hasan, Iqbal M. 2002. *Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensif).* Jakarta; Bumi Aksara.

http://pranaindonesia.wordpress.com/pemanasan-global/bahaya-plastik-pete-atau-pet.htm

Riduwan, 2012. *Dasar – Dasar Statistika.* Bandung; Alfabeta.

Sudjana, 1992. *Metode Statistika.* Bandung; Tarsito.

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

Suroso, T. W. 2008, *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Poly Etilen) Cara Basah Dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal.* Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil. Bandung.

Wirartha, I. Made. 2006. *Pedoman Penulisan Usulan Penel*itian. Yogjakarta; C.V.Andi Offset.

Zulfiani, AR. 2012, *Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) Terhadap Pengaruh Plastik Sebagai Bahan Subtitusi Aspal.* Jurnal Tugas Akhir, Makasar.

Rekapitulasi Pengujian Agregat

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	AIV	9,91 %	Maks 30 %
2	Indeks Kepipihan	9,75 %	Maks 10 %
3	Anggulariti Number	2,7	0-12
4	Berat Isi Agregat	1,59 kg/dm^3	
5	Berat Jenis Agregat Halus	2,66	Min 2,5
6	Penyerapan Agregat Halus	1,37 %	Maks 3%
7	Berat Jenis Agregat Kasar	2,79	Min 2,5
8	Penyerapan Agregat Kasar	2,7 %	Maks 3%
9	Abrasi Los Angeles	16,87%	Maks 40%

Rekapitulasi Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	Penetrasi Sebelum Kehilangan Berat	79	79
2	Penetrasi Setelah kehilang Berat	74	Min 75% dari penetrasi awal
3	Titik Nyala	304^{0}C	Min 200^{0}C
4	Titik bakar	307^{0}C	
5	Titik Lembek Sebelum Kehilangan Berat	49^{0}C	48-50^{0}C
6	Titik Lembek Setelah Kehilangan Berat	51^{0}C	
7	Daktilitas Sebelum Kehilangan Berat	123,5 cm	Min 100 cm
8	Daktilitas Setelah Kehilangan Berat	121 cm	Min 100 cm
9	Berat Jenis	1,04	Min 1
10	Penurunan Berat	0,18%	0,4%

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

Sumber contoh :
Permintaan :

AGGREGATE IMPACT VALUE

BS 812 : Part 3 : 1975

			I	II
(A)	Berat benda uji	gram	500	500
(B)	berat benda uji setelah tes dan lewat saringan # 2,36 mm BS	gram	53,9	45,2
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS	gram	446,1	454,8
	Aggregate Impact Value (AIV)	(%)	10,78	9,04
	Rata-rata Aggregate Impact Value	(%)	9,91	

Catatan :

Rata-rata Aggregate Impact Value = 9,91 %
(Maksimum 30%)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

Sumber contoh :
Permintaan :

FLAKINESS INDEX

BS 812 : Part 1 : 1975

Analisa saringan		Berat kering oven = 3500 gram
Saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Prosentase tertahan (%)
63		
50		
37,5		
28		
19,1	1829,7	52%
13,2	899,7	26%
9,5	459,8	13%
6,3		

Berat benda uji	M1	3500	gram
Total prosentase berat tertahan di atas 5 %	M2	3189,2	gram
Total berat lolos pada tes flakiness dari M2	M3 F	310,8	gram
Flakiness Index	$\frac{M3F \times 100}{M2}$	9,75	%

Catatan :

Flakiness Index = 9,75 %
(maksimum 10 %)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
I. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

0

Sumber contoh :

Permintaan :

ANGULARITY NUMBER

BS 812 : Part 1 : 1975

Uraian		berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	3560
Berat silinder + air penuh	W2	6420
Berat air	C = W2 - W1	2860
Percobaan I		
Berat silinder + agregat	W3	8440
Berat agregat	W4 = W3 - W1	4880
8120		
Berat silinder + agregat	W5	8450
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4890
Percobaan III		
Berat silinder + agregat 3	W7	8470
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4910

Angka Angularitas = $67 - \frac{100\ M}{C\ Ga}$

Dimana :
- M = Berat agregat dalam silinder rata-rata
  = (W4 + W6 + W8) / 3
- C = Berat air diisi penuh dalam silinder
- Ga = Berat jenis (Specific Gravity) dari agregat

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

Sumber contoh :
Permintaan :

PENGUJIAN BERAT ISI DAN RONGGA UDARA DALAM AGREGAT

AASHTO T-19-80

Uraian		berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	7910
Berat silinder + air penuh	W2	17690
Berat air	C = W2 - W1	9780
Agregat lepas		
Berat silinder + agregat	W2	22610
Berat agregat	W3 = W2 - W1	14700
Agregat padat dengan tusukan		
Berat silinder + agregat	W2	23620
Berat agregat 2	W3 = W2 - W1	15710
Agregat padat dengan goyangan		
Berat silinder + agregat 3	W7	24080
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	16170

Berat isi agregat = $\frac{W_3}{V}$	W_3 = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder
Berat isi agregat lepas	1,50
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1,61
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1,65

Catatan :

Rata-rata total berat isi = 1,59

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :
0
Sumber contoh :
Permintaan :

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
50,8 mm (2")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 mm (1,5")	0,00	0,00	0,00	100,00
25,4 mm (1")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,1 mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
13,2 mm (1/2")	13580	13580,00	66,23	33,77
9,6 mm (3/8")	4930	18510,00	90,27	9,73
4,75 mm (No. 4)	1920	20430,00	99,64	0,36
2,38 mm (No. 8)	3,9	20433,90	99,66	0,34
1,19 mm (No. 16)	3	20436,90	99,67	0,33
0,59 mm (No. 30)	32,5	20469,40	99,83	0,17
0,279 mm (No. 50)	13,9	20483,30	99,90	0,10
0,15 mm (No. 100)	11,7	20495,00	99,96	0,04
0,075 mm (No. 200)	5,1	20500,10	99,98	0,02
p a n	4,1	20504,20	100,00	0,00
Total berat	20504,20			

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

0

Sumber contoh :

Permintaan :

ANALISA SARINGAN AGREGAT SEDANG

AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
50,8 mm (2")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 mm (1,5")	0,00	0,00	0,00	100,00
25,4 mm (1")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,1 mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
13,2 mm (1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
9,6 mm (3/8")	32,60	32,60	1,64	98,36
4,75 mm (No. 4)	1491,00	1523,60	76,60	23,40
2,38 mm (No. 8)	314,80	1838,40	92,42	7,58
1,19 mm (No. 16)	73,40	1911,80	96,11	3,89
0,59 mm (No. 30)	17,00	1928,80	96,97	3,03
0,279 mm (No. 50)	5,60	1934,40	97,25	2,75
0,15 mm (No. 100)	11,30	1945,70	97,82	2,18
0,075 mm (No. 200)	13,20	1958,90	98,48	1,52
p a n	30,20	1989,10	100,00	0,00
Total berat	1989,10			

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :
0
Sumber contoh :
Permintaan :

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
50,8 mm (2")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 mm (1,5")	0,00	0,00	0,00	100,00
25,4 mm (1")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,1 mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
13,2 mm (1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
9,6 mm (3/8")	6,2	6,20	0,59	99,41
4,75 mm (No. 4)	35,8	42,00	4,00	96,00
2,38 mm (No. 8)	61,4	103,40	9,85	90,15
1,19 mm (No. 16)	144,5	247,90	23,61	76,39
0,59 mm (No. 30)	221	468,90	44,66	55,34
0,279 mm (No. 50)	171	639,90	60,94	39,06
0,15 mm (No. 100)	285,1	925,00	88,10	11,90
0,075 mm (No. 200)	98,5	1023,50	97,48	2,52
p a n	26,5	1050,00	100,00	0,00
Total berat	1050,00			

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

0

Sumber contoh :

Permintaan :

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

AASHTO T-84-81

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	492,80	493,70	493,25
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	666,70	661,70	664,20
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	981,60	976,30	978,95
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B+Bj-Bt)}$	2,66	2,66	2,66
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B+Bj-Bt)}$	2,70	2,70	2,70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$	2,66	2,66	2,66
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\ \%$	1,46%	1,28%	1,37%

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :

Sumber contoh :
Permintaan :

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

AASHTO T-85-81

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4865	4872	4868,5
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	Ba	3143,3	3100,3	3121,8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj-Ba}$	2,62	2,56	2,59
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj-Ba}$	2,69	2,63	2,66
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk-Ba}$	2,83	2,75	2,79
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\ \%$	2,77%	2,63%	2,70%

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan :
0
Sumber contoh :
Permintaan :

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96 - 77

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2,5")				
63,50 mm (2,5")	50,80 mm (2")				
50,80 mm (2")	37,50 mm (1,5")				
37,50 mm (1,5")	25,40 mm (1")				
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")				
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	2500		2500	
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")	2500		2500	
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)		3410		3350
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000		5000	
Berat tertahan saringan no 12			746,5		812

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000	5000	gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	4156,5	4162	gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100\ \%$	16,87	16,76	%

Catatan :

Keausan = 16,82 % < 40 %

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 17 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN PENETRASI BAHAN-BAHAN BITUMEN

(AASHTO T-49-80)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 14.25	140 °C
	Selesai jam : 15.25	

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 15.25	25 °C
	Selesai jam : 16.55	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C	Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam :17.00	25 °C
	Selesai jam :17.58	

Penetrasi pada 25°C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	78	79	79	80	80
Benda uji II	77	77	78	78	81
Rata-rata	79				

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 17 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL

dengan Cleveland Open Cup
(AASHTO T-48-81)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	
Menentukan titik nyala	Penuangan contoh	Pembacaan suhu menuang
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	
Kenaikan suhu contoh	Sampai 56°C di bawah titik nyala	
	Mulai jam :	15°C per menit
	Selesai jam :	
	antara 56 s/d 28°C di bawah titik nyala	
	Mulai jam :	5°C s/d 6°C per menit
	Selesai jam :	
		Titik nyala perkiraan = 340 °C

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
56	15,14	284	
51	15,16	289	
46	15,17	294	
41	15,19	299	
36	15,21	304	Titik Nyala
31	15,23	307	titik bakar
26			
21			
16			
11			
6			
1			

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 17 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN TITIK LEMBEK ASPAL DAN TER
(AASHTO T-53-89)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam :	100 °C
	Selesai jam :	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 14.25	
	Selesai jam : 15.25	
Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5°C	Pembacaan suhu lemari es
	Mulai jam : 18.00	... °C
	Selesai jam :	
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam :	
	Selesai jam :	

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		18.00			
5		18.15			
10		18.18			
15		18.23			
20		18.26			
25		18.27			
30		18.29			
35		18.31			
40		18.32			
45		18.34		49	
50		18.35			51
55					

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 17 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN DAKTILITAS BAHAN-BAHAN ASPAL
(AASHTO T-51-81)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam :	
	Selesai jam :	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam :	25 °C
	Selesai jam :	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam :	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam :	25°C

Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan	122 cm	125 cm
Rata-rata	123,5 cm	

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 17 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN BERAT JENIS ASPAL KERAS
(AASHTO T-226-79)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam :	25 °C
	Selesai jam :	
Pemeriksaan Berat Jenis	Mulai jam :	Pembacaan suhu water bath
	Selesai jam :	25°C

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	37	37
Berat piknometer	11,3	11,3
Berat air (= isi piknometer)	25,7	25,7
Berat piknometer + contoh	29,7	28,4
Berat piknometer	11,3	11,3
Berat contoh	18,4	17,1
Berat pikno + air + contoh	37,9	37,7
Berat piknometer + contoh	29,7	28,4
Berat air	8,2	9,3
Isi bitumen	17,5	16,4
Berat Jenis : Berat contoh / Berat air sebanyak isi bitumen	1,05	1,04

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 20 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN KEHILANGAN BERAT MINYAK DAN ASPAL
(AASHTO T-47-82)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	
Pemeriksaan kehilangan berat pada 163°C	Mulai jam : 10.59	Pembacaan suhu dlm contoh
	Selesai jam : 15.59	... °C

	Sampel I	Sampel II	Sampel II
Berat cawan + aspal keras	74,9	75,1	74,2
Berat cawan kosong	13,3	13,5	13,3
Berat aspal keras			
Berat sebelum pemanasan			
Berat sesudah pemanasan	74,7	75,1	74
Kehilangan berat			
Kehilangan berat dlm %			
Rata-rata (%)			

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 20 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN PENETRASI BAHAN-BAHAN BITUMEN SETELAH KEHILANGAN BERAT

(AASHTO T-49-80)

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C	Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam :	... °C
	Selesai jam :	

Penetrasi pada 25°C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	74	74	75	75	76
Benda uji II	73	74	74	75	76
Rata-rata	75				

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 20 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN TITIK LEMBEK ASPAL DAN TER SETELAH KEHILANGAN BERAT
(AASHTO T-53-89)

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 16.20	
	Selesai jam : 17.20	
Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5°C	Pembacaan suhu lemari es
	Mulai jam : 19.00	... °C
	Selesai jam :	
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam : 19.34	
	Selesai jam :	

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		19.34			
5		19.38			
10		19.39			
15		19.43			
20		19.45			
25		19.47			
30		19.47			
35		19.49			
40		19.50			
45		19.51			
50		19.53		51	52
55					

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. No	:	Tanggal penerimaan	:
Sumber contoh	:	Tanggal pengerjaan	: 20 april 2013
Jenis Contoh	:	Tanggal selesai	:
Dikerjakan oleh	:	Diperiksa oleh	:

PENGUJIAN DAKTILITAS BAHAN-BAHAN ASPAL SETELAH KEHILANGAN BERAT
(AASHTO T-51-81)

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 16.20	
	Selesai jam : 17.20	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 19.00	25 °C
	Selesai jam :	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam :	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam :	25°C

Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan	120 cm	122 cm
Rata-rata	121 cm	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG