

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL TERHADAP KINERJA *HOT ROLLED SHEETWEARING COURSE* (HRS-WC)



disusunoleh :

**GaudensiusYansen A. Wungo
0721035**

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

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK HIGH DENSITY
POLYETHYLENE (HDPE) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL TERHADAP
KINERJA HOT ROLLED SHEET HEAVING COURSE (HRS-WC)

disusun oleh :

Yusuf A. Wungu
0721083

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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *HIGH DENSITY* *POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL TERHADAP KINERJA *HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE* (HRS-WC)

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar

Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S-1)

Institut Teknologi Nasional Malang

disusun oleh :

Gaudensius Yansen A. Wungo

07.21.035

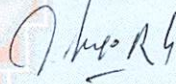
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)

Dosen Pembimbing II



(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

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

2014

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK
HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI 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

Disusun Oleh :

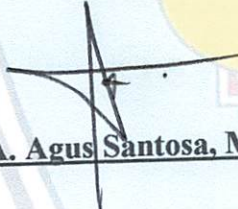
Gaudensius Yansen A. Wungo

07.21.035

Disahkan Oleh:

Ketua

Sekretaris

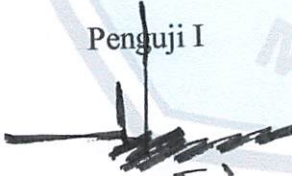

(Ir. A. Agus Santosa, MT.)


(Lila Ayu Ratna Winanda ST, MT)

Anggota Penguji:

Penguji I

Penguji II


(Ir. Agus Prajitno, MT.)


(Ir. Togi H. Nainggolan, MS)

**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 : **Gaudensius Yansen A. Wungo**

NIM : **0721035**

Prodi : **Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

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

“PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) 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, Januari 2014

Yang membuat pernyataan,



Gaudensius Yansen A. Wungo

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria yang telah memberikan kasih dan kemurahan untukku, sehingga Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Serpihan Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 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.

Dalam penyelesaian Skripsi akhir ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. 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.
5. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Koordinator Bidang Struktur serta Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Drs. Kamidjo Rahardjo., ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
7. Kedua orang tua, dan kedua adik tercinta, terima kasih atas segala dukungan material dan doanya.
8. Rekan-rekan Teknik sipil yang telah turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu dengan segala kerendahan hati 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, Oktober 2013

Penulis

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SERPIHAN PLASTIK *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL TERHADAP KINERJA *HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE* (HRS-WC)

Oleh : Gaudensius Yansen A. Wungo, 0721035, Program studi teknik sipil S-1,
Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen : (I) Ir. Bambang Wedyantadji, MT.,
(II) Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT

Campuran beraspal sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Banyak penelitian dan percobaan yang telah dilakukan untuk menaikkan mutu campuran beraspal, salah satunya dengan menambahkan plastik yang dalam istilah kimianya disebut polimer.

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui pengaruh dan kelayakan penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal ditinjau dari segi kekuatannya serta prosentase optimum serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data yang diperlukan, kemudian data tersebut dianalisis secara statistik, dipakai untuk menguji hipotesis, sehingga didapatkan suatu kesimpulan akhir.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa Penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal berpengaruh terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC) dan layak digunakan sebagai bahan substitusi aspal dengan kadar optimum penambahan serpihan *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal sebesar 1.86%.

Kata kunci : Subtitusi Aspal dengan Plastik *High Density Polyethylene*.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR GRAFIK	xx
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Mamfaat Penelitian	5
1.6. Hipotesis Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
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	25
2.4.2. Rancangan Campuran Agregat dengan Metode Grafis	26
2.4.3. Kadar Aspal Total dalam Campuran	28
2.5. Parameter Marshall	30
2.5.1. Pemeriksaan Nilai Stabilitas dan Flow	30
2.5.2. Volume Pori dalam Benda Uji (VIM).....	32
2.5.3. Voluma antar Agregat dalam Benda Uji (VMA)	32
2.5.4. Kousien Marshall	33
2.6. Pengujian Interval Kepercayaan	34
2.7. Pengujian Hipotesis	35
2.8. Pengujian Regresi.....	38
2.9. Tes Perendaman (Immersion Testing)	39
2.10. Penelitian Terdahulu	40
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 Substitusi Serpihan Plastik <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE).....	44
3.3 Populasi Sampel	45

3.4	Pengumpulan Data	48
3.5	Bahan Bahan yang Digunakan	48
3.6	Pengujian Aspal dan Agregat	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	Pengujian Keausan Agregat dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles	74
3.6.9	Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen	76
3.6.10	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	81
3.6.11	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal dan Ter.....	84
3.6.12	Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen	87
3.6.13	Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter	89
3.6.14	Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal	92
3.6.15	Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis...	94
3.6.16	Pembuatan Sampel dan Pengujian Sampel	95
3.7	Bagan Alir Penelitian	101

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
4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal.....	116
4.2.1. Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen	116
4.2.2. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	117
4.2.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal dan Ter.....	118
4.2.4. Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen	119
4.2.5. Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter	120
4.2.6. Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal	121
4.3. Perencanaan Komposisi Campuran.....	122
4.3.1. Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis...	122
4.3.2. Komposisi Campuran untuk Variasi Aspal.....	125
4.3.3. Perhitungan Berat Agregat.....	125
4.4. Marshall Test.....	128
4.4.1. Hasil Pengujian	128
4.4.2. Data Hasil Pengujian Marshall.....	129
4.5. Pengujian Interval Kepercayaan.....	144
4.5.1. Perhitungan Indeks perendaman Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)	156
4.5.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)	156

V. ANALISA ASPAL SUBTITUSI PLASTIK HDPE DAN PEMBAHASAN 164

5.1. Marshall Test..... 164

5.1.1. Data Hasil Pengujian Marshall..... 164

5.2. Pengujian Interval Kepercayaan..... 182

5.2.1. Perhitungan Indeks perendaman 193

5.2.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) 194

5.3. Pembahasan..... 208

5.3.1. Pengujian Hipotesis..... 208

5.3.2. Analisis Regresi..... 211

5.3.3. Pembahasan 214

VI. KESIMPULAN DAN SARAN 225

6.1. Kesimpulan 225

6.2. Saran 225

DAFTAR PUSTAKA 227

LAMPIRAN 228

HALAMAN PERSEMBAHAN 229

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1. Sifat campuran beton aspal Lataston WC (HRS-WC).....	17
2.2. Spesifikasi Agregat Untuk Beton Aspal	19
2.3. Persyaratan Gradasi Agregat Campuran Berbagai Jenis Beton Aspal....	20
2.4. Sifat aspal untuk campuran beton aspal.....	24
2.5. Angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji	31
3.1. Jumlah benda uji untuk mencari Kadar Aspal Optimum	45
3.2. Jumlah Benda Uji dengan Substitusi Serpihan Plastik HDPE	46
3.3. Ukuran agregat standar dan non standar yang dapat digunakan dengan dasar ukuran saringan dari British Standard	50
3.4. Berat minimum benda uji	54
3.5. Data untuk menentukan indeks kepipihan	55
3.6. Data untuk menentukan angka angularitas	58
3.7. Data silinder untuk berat isi	61
3.8. Daftar saringan yang digunakan untuk analisa.....	64
3.9. Berat minimum benda uji agregat halus	64
3.10. Berat minimum benda uji agregat kasar	65
3.11. Daftar Berat dan Gradasi Benda Uji	75
3.12. Ukuran Cawan Penetrasi.....	77
3.13. Toleransi Untuk Hasil Penetrasi	80
3.14. Toleransi Untuk Hasil Titik Nyala dan Titik Bakar	84
4.1. Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (Aggregate Impact Value).....	103
4.2. Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index).....	104
4.3. Hasil Pengujian Angka Angularitas (Angularity Number).....	105

4.4. Hasil Pengujian Berat Isi Agregat	106
4.5. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	108
4.6. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang	109
4.7. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	110
4.8. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	111
4.9. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	113
4.10. Hasil Pengujian Keausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles	114
4.11. Rekapitulasi Pengujian Agregat.....	116
4.12. Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Sebelum Kehilangan Berat.....	116
4.13. Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Setelah Kehilangan Berat.....	116
4.14. Hasil Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar.....	117
4.15. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Sebelum Kehilangan Berat.....	118
4.16. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Setelah Kehilangan Berat.....	118
4.17. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat	119
4.18. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat	119
4.19. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal	120
4.20. Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal	121
4.21. Rekapitulasi Pengujian Aspal	122
4.22. Gradasi Agregat	127
4.23. Perhitungan Berat Agregat Setiap Variasi Kadar Aspal.....	128
4.24. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	134
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 .	135

4.26. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	136
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 .	137
4.28. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 8% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	138
4.29. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 ⁰ C	139
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	140
4.31. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 ⁰ C	141
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	142
4.33. Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 8% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 ⁰ C	143
4.34. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit)	146
4.35. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	146
4.36. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit)	147
4.37. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	147
4.38. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit)	148
4.39. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	148
4.40. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit)	149
4.41. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	149
4.42. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 30 menit).	150
4.43. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	150

4.44. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam)	151
4.45. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	151
4.46. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam)	152
4.47. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	152
4.48. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam)	153
4.49. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	153
4.50. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam)	154
4.51. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	154
4.52. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)	155
4.53. Validasi Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)	155
4.54. Data Indeks Perendaman	156
5.1. Prosentase Substitusi Plastik dan Berat Jenis Aspal Dengan Substitusi Plastik	165
5.2. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Substitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	170
5.3. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Substitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	171
5.4. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Substitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	172
5.5. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Substitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	173
5.6. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Substitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	174
5.7. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Substitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60 ⁰ C	175

5.8. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60 ⁰ C	176
5.9. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60 ⁰ C	177
5.10. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60 ⁰ C	178
5.11. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60 ⁰ C	179
5.12. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60 ⁰ C	180
5.13. Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60 ⁰ C	181
5.14. Data Stabilitas (Perendaman 30 Menit)	182
5.15. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit)	184
5.16. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	184
5.17. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit)	185
5.18. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	185
5.19. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit)	182
5.20. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	186
5.21. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit)	187
5.22. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	187
5.23. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)	188
5.24. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	188
5.25. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam)	189

5.26. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	189
5.27. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam)	190
5.28. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	190
5.29. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam)	191
5.30. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	191
5.31. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam)	192
5.32. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	192
5.33. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)...	193
5.34. Validasi Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)	193
5.35. Data Indeks Perendaman	194
5.36. Data Stabilitas Dengan Variasi Substitusi Kadar Plastik <i>High Density Polyethylene</i> (30 menit)	208
5.37. Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas	209
5.38. Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan	211
5.39. Daftar Nilai Stabilitas Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi	212

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Susunan Lapisan Perkerasan Jalan	18
2.2. Plastik Jenis <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE).....	21
3.1. Bentuk benda uji	45
3.2. Detail Mesin Impact Aggregate	49
3.3. Alat Pengukur Kepipihan.....	53
3.4. Aparatus Pemeriksaan Berat Isi Agregat	61
3.5. Aparatus Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar	66
3.6. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	68
3.7. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar.....	72
3.8. Alat Penetrasi	79
3.9. Alat Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar	82
3.10. Pemeriksaan Titik Lembek	86
3.11. Mesin Pengukur dan Cetakan Daktilitas.....	87
3.12. Pemeriksaan Berat Jenis dan Ter	90
3.13. Aparatus Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal	92
3.14. Agregat Kasar, Sedang, Halus Serta Bahan Filler	95
3.15. Penimbangan Agregat Kasar, Sedang, Halus Serta Filler	96
3.16. Pemanasan dan Pengukuran Suhu Aspal	96
3.17. Pemanasan Agregat, Penambahan Aspal dan Pencampuran Agregat dengan Aspal.....	97
3.18. Pencetakan Sampel dan Penumbukan Sampel.....	98
3.19. Pendinginan dan Pengukuran Sampel.....	98
3.20. Penimbangan Berat Sampel dan Perendaman Sampel	99

3.21. Penimbangan Berat Sampel dalam Air dan SSD 99

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

3.23. Pengujian Sampel dengan Alat Tes Marshall 100

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 2.1. Contoh Rancangan Campuran Agregat Dengan Metode Grafis.	26
Grafik 2.2. Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas.....	30
Grafik 2.3. Hubungan antara kadar aspal dengan keelehan (flow).....	31
Grafik 2.4. Hubungan antara kadar aspal dengan VIM%.....	32
Grafik 2.5. Hubungan antara kadar aspal dengan VMA.....	33
Grafik 2.6. Hubungan antara kadar aspal dengan MQ.....	33
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 Quotient (Perendaman 30 menit)..... 200

Grafik 5.10.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Plastik dengan
Marshall Quotient (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)..... 203

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

Grafik 5.16.Nilai Optimum Flow (Perendaman 30 menit)..... 204

Grafik 5.17.Nilai Optimum VIM (Perendaman 24 jam)..... 205

Grafik 5.18.Nilai Optimum VIM (Perendaman 30 menit)..... 205

Grafik 5.19.Nilai Optimum VMA (Perendaman 24 jam)..... 206

Grafik 5.20.Nilai Optimum VMA (Perendaman 30 menit)..... 206

Grafik 5.21.Nilai Optimum Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)..... 207

Grafik 5.22.Nilai Optimum Marshall Quotient (Perendaman 30 menit).... 207

Grafik 5.23.Nilai Optimum IP..... 208

Grafik 5.24. Hubungan Antara Subtitusi Plastik HDPE Dengan
Stabilitas..... 215

Grafik 5.25.Hubungan Antara Subtitusi Plastik DenganFlow..... 216

Grafik 5.26.Hubungan Antara Kadar Subtitusi Plastik Dengan VIM..... 218

Grafik 5.27.Hubungan Antara Kadar Subtitusi Plastik Dengan VMA..... 220

Grafik 5.28.Hubungan Antara Kadar Subtitusi Plastik Dengan MQ.....221

Grafik 5.29.Hubungan Antara Kadar Subtitusi Plastik Dengan IP.....223

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Campuran beraspal sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. 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.

Peningkatan jumlah penduduk saat ini juga meningkatkan polusi yang terjadi, salah satunya adalah polusi tanah. Plastik merupakan polimer yang lentur. Sekali diciptakan maka plastik akan tetap ada dalam waktu yang sangat lama. Peningkatan jumlah penduduk tentunya meningkatkan pula penggunaan bahan plastik dalam kehidupan sehari-hari. Konsumsi plastik di Indonesia pada tahun 2011 mencapai 2,8 juta ton dan pada tahun 2012 ledih dari 3 juta ton (<http://www.suarapembaruan.com/ekonomidanbisnis/tingkat-konsumsi-plastik-tahun-ini-dapat-tembus-3-juta-ton/18909>). *High Density Polyethylene* (HDPE) merupakan plastik polimer yang mudah dibentuk ketika panas. Plastik jenis ini banyak digunakan untuk tempat makanan, gelas minuman atau tutup botol sabun atau shampo.

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 di setiap 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 Substitusi 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 materinya terhadap pengaruh penambahan serpihan *High Density Polyethylene* (HDPE) 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 yang penulis kemukakan adalah sebagai berikut:

- a. Apakah Penambahan serpihan *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal berpengaruh terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC)?
- b. Apakah penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) layak digunakan sebagai bahan substitusi aspal ditinjau dari segi kekuatannya?

- c. Berapa kadar optimum penambahan serpihan *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course*.
- b. Untuk mengetahui kelayakan penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal ditinjau dari segi kekuatannya.
- c. Untuk mengetahui prosentase optimum serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 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 *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course*.
- b. Penelitian ini menganalisa kelayakan penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal ditinjau dari segi kekuatannya.

- c. Penelitian ini menganalisa prosentase optimum serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 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 *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal terhadap kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course*.

1.6 Hipotesis Penelitian

- a. Hipotesis Nol (H_0)

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

- b. Hipotesis Alternatif (H_a)

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

$$1. H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

μ = Parameter Marshall

μ_1 = pengaruh penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 1,5%.

μ_2 = pengaruh penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 2,0%.

μ_3 = pengaruh penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 2,5%.

μ_4 = pengaruh penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 3,0%.

μ_5 = pengaruh penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 3,5%.

$$2. H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2$$

1 = Penambahan serpihan plastik sebagai bahan substitusi.

2 = Tanpa penambahan serpihan plastik sebagai bahan substitusi.

μ = Parameter Marshall.

H_{01} = Tidak ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 30 menit.

H_{a1} = Ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 30 menit.

H_{02} = Tidak ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 1 hari.

H_{a2} = Ada perbedaan nilai karakteristik Marshall pada campuran dengan penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal dan tanpa penambahan serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal yang direndam air selama 1 hari.

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



The first of these is the question of the
position of the British Empire in the world.
The second is the question of the
position of the British Empire in the world.



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, *fatigue 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 menahan 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 menyesuaikan 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. *Fatigue Resistance*

Fatigue 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 kedap 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 mempengaruhi 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 perkerasan 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 perkerasan dan jenis aspal.

2.2.1. Metode Uji Durabilitas

Uji durabilitas direncanakan untuk melakukan pengujian terhadap pengaruh substitusi plastik dengan memperhatikan tingkah laku pada material

perkerasan dengan campuran terkontrol. Percobaan yang menyeluruh pada material yang dicampur akan memperlihatkan kinerja yang terjadi pada Lataston, dengan membandingkan hasil lapangan pengujian dapat dinyatakan valid.

2.2.2 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° 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

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

Dimana : S_i = persen kekuatan yang tertahan pada waktu t_i .

S_{i+1} = persen kekuatan yang tertahan pada waktu t_{i+1} .

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

b. Indeks keawetan kedua

Indeks ini didefinisikan sebagai daerah kehilangan kekuatan rata-rata meliputi antara kurva keawetan dan garis $S_0 = 100\%$. Indeks (a) ini dinyatakan sebagai berikut :

$$a = \frac{1}{t_a} \sum a_i = \frac{1}{t_a} \sum (S_i - S_{i+1}) \cdot [2t_a - (t_i + t_{i+1})] \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

S_{i+1} = persen kekuatan yang tertahan pada waktu t_{i+1} .

S_i = persen kekuatan yang tertahan pada waktu t_i .

$t_i + t_{i+1}$ = waktu perendaman (mulai dari awal pengujian).

Dari persamaan diatas, dapat diturunkan bentuk persamaan baru untuk pengujian yang menggunakan waktu perendaman 1 hari.

Sehingga persamaan menjadi :

$S_a = (100 - a) \dots$

Artinya, jika nilai (a) yang didapat positif, maka penurunan stabilitas (retained stability) akan terjadi. Sebaliknya jika harga (a) negatif, maka akan terjadi kenaikan stabilitas.

2.3. Lapisan Perkerasan

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan 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 Asphalt). 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 minimum HRS-WC adalah 3 cm.
 - b) Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet - Base*). Tebal 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 menyekannya ke lapisan 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.

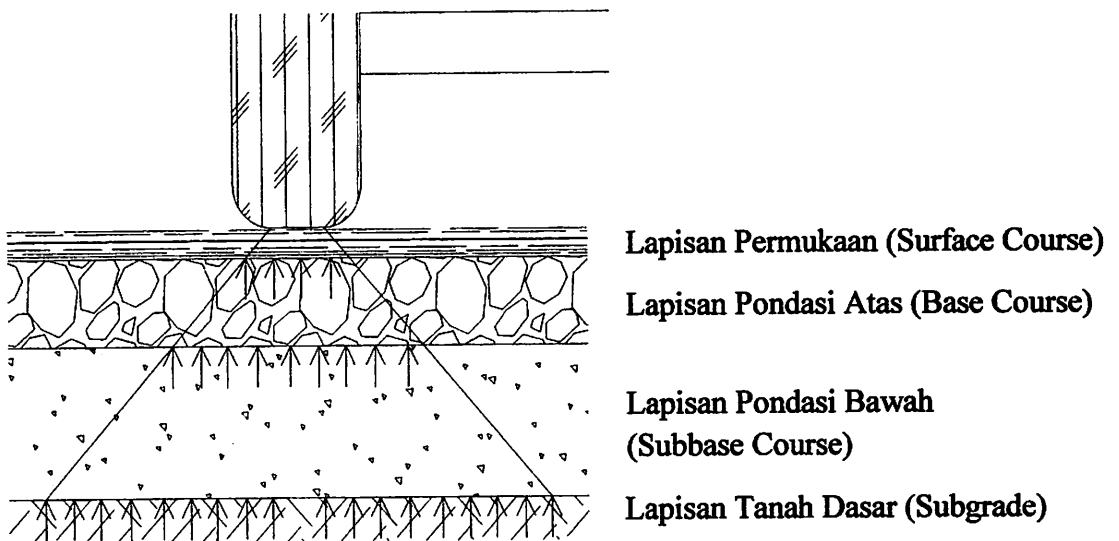
Tabel 2.1 Sifat campuran beton aspal Lataston WC (HRS-WC)

Sifat Campuran			Lataston WC
Penyerapan aspal		maks	1,2 untuk Lalu Lintas (LL) ≥ 1.000.000 .ESA
			1,7 untuk Lalu Lintas (LL) ≤ 1.000.000 .ESA
Jumlah tumbukan/bidang			75
VIM (%)	LL ≥ 1 juta ESA	min	-
		maks	-
	0,5 ≤ ESA < 1 juta	min	4
		maks	6
	LL< 0,5 ESA	min	3
		maks	6
VMA (%)		min	18
VFA (%)	LL ≥ 1 juta ESA	min	65
	0,5 ≤ ESA < 1 juta	min	68
	LL< 0,5 ESA	min	75
Stabilitas Marshall (kg)		min	800
		maks	-
Kelelehan (mm)		min	2
		maks	-
Kuotien Marshall		min	200
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60°C		min	85% untuk Lalu Lintas (LL) ≥ 1.000.000 .ESA
			80% untuk Lalu Lintas (LL) ≤ 1.000.000 .ESA
IM (%) pada kepadatan membal (refusal)	LL ≥ 1 juta ESA	min	-
		maks	-
	0,5 ≤ ESA < 1 juta	min	2
		maks	2
	LL< 0,5 ESA	min	1
		maks	1

Sumber : Beton Aspal Campuran Panas, Silvia Sukirma

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



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 campurannya memiliki kestabilan yang rendah. Oleh sebab itu penggunaan agregat bulat ini dihindari untuk jenis perkerasan yang memiliki beban lalu lintas yang berat.

Agregat untuk lapisan permukaan harus memiliki ketahanan terhadap abrasi, pengujian terhadap abrasi ini dilakukan test Los Angeles Abrasion. 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 yang 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
Absorpsi 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

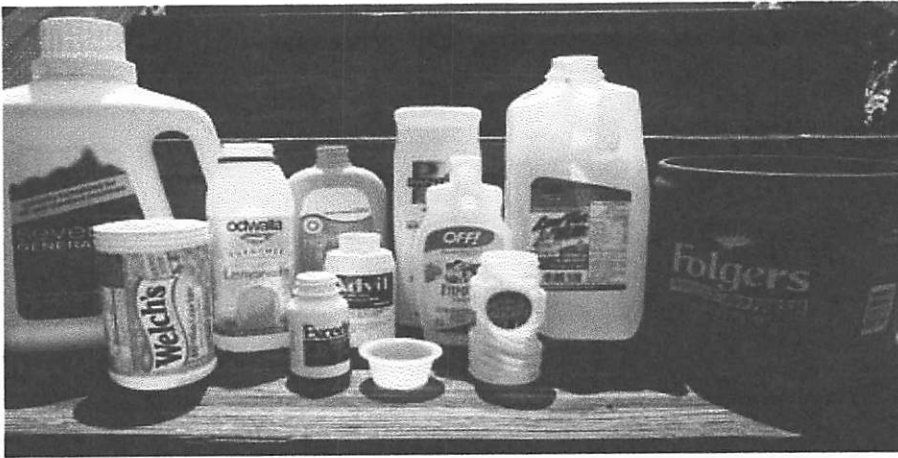
3. Material filler

Menurut Silvia Sukirman (2003:112) bahan pengisi (*filler*) dapat menggunakan debu batu kapur, semen portland, abu terbang, abu tanur semen atau material non plastis lainnya. 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 *High Density Polyethylene* (HDPE)

High Density Polyethylene (HDPE), juga dikenal sebagai plastik #2, merupakan plastik kedua yang paling banyak digunakan setelah PET (plastik #1). Meskipun penggunaannya meningkat, HDPE hanya menyumbang kurang dari 1% pada sampah keras di permukaan tanah. *High Density Polyethylene* (HDPE) resin yang liat, kuat dan kaku yang berasal dari minyak bumi, yang sering dibentuk dengan cara

meniupnya. Berat jenis Plastik HDPE sebesar $0,965 \text{ g/cm}^3$. *High Density Polyethylene* (HDPE) dapat ditemukan pada cerek susu, botol detergen, botol obat, botol oli mesin, botol shampoo, kemasan juice, botol sabun cair, kemasan kopi dan botol sabun bayi. HDPE biasanya berwarna pekat, tidak tembus pandang, dan dapat dibuat dengan berbagai warna. HDPE terasa lebih lunak dibandingkan PET. HDPE dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.2 Plastik Jenis *High Density Polyethylene* (HDPE).

5. Aspal

Aspal adalah campuran 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 kedekatan 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 perkerasan jalan antara lain:

- Tingkat kekerasan (penetrasi) aspal, jenis konstruksi perkerasan yang direncanakan dan kepadatan lalu lintas.
- Titik lembek, berkaitan dengan proses pencampuran, penghamparan dan pemadatan (aspal dengan lembek yang 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, berkaitan dengan 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 kelelahan (*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 kelelahan 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 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.

Cara kedua :

1. Tarik garis lurus untuk lengkung gradasi 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 fraksi agregat.

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 campuran.

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

Dengan menggunakan Spesifikasi Depkimpraswil 2002 didapat rumus sebagai berikut :

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

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

= 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 $(a+1)\%$.

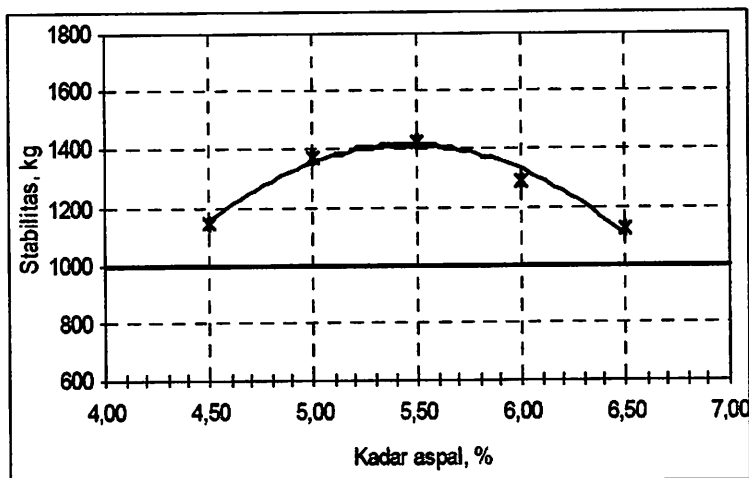
2.5. Parameter Marshall

2.5.1. Pemeriksaan Nilai Stabilitas dan *Flow*

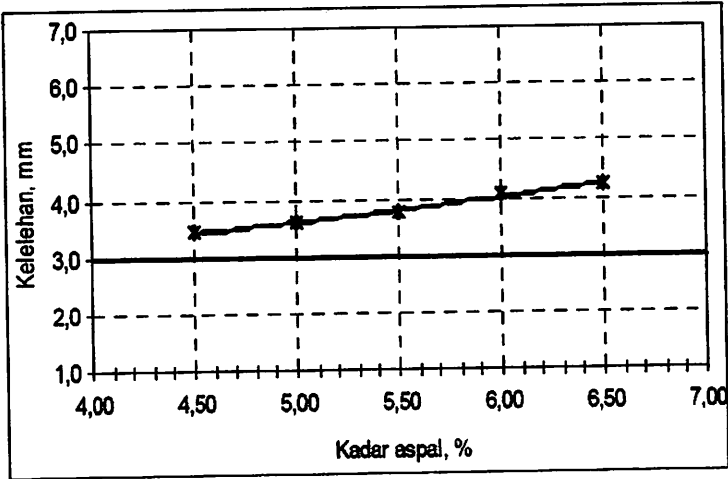
Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban, dan *flowmeter* mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban.

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.

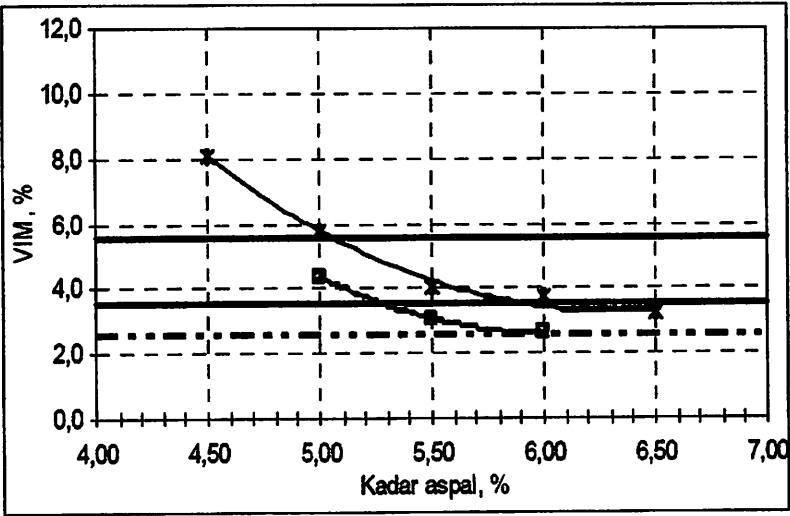
VOLUME BENDA UJI (cm ³)	TEBAL BENDA UJI (mm)	FAKTOR KOREKSI	VOLUME BENDA UJI (cm ³)	TEBAL BENDA UJI (mm)	FAKTOR KOREKSI
200 – 213	25,4	5,56	406 – 420	50,8	1,47
214 – 225	27,0	5,00	421 – 431	52,4	1,39
226 – 237	28,6	4,55	432 – 443	54,0	1,32
238 – 250	30,2	4,17	444 – 456	55,6	1,25
251 – 264	31,8	3,85	457 – 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%.

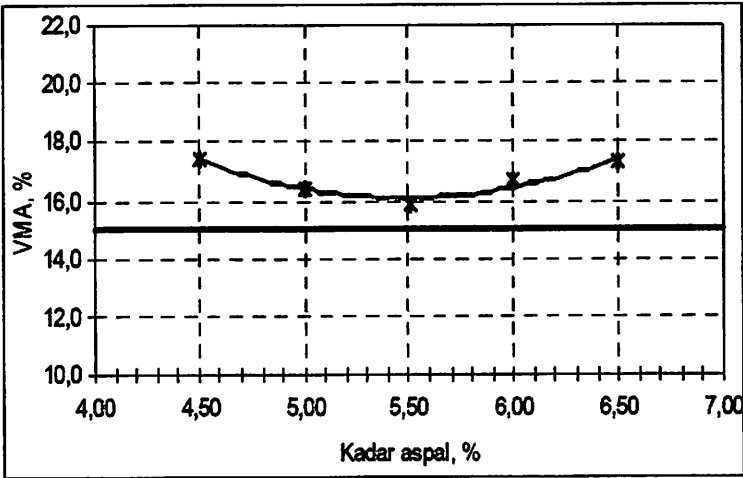


2.5.3. Volume antar Agregat dalam Benda Uji (VMA)

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

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

Grafik 2.4 Hubungan kadar aspal dengan VMA

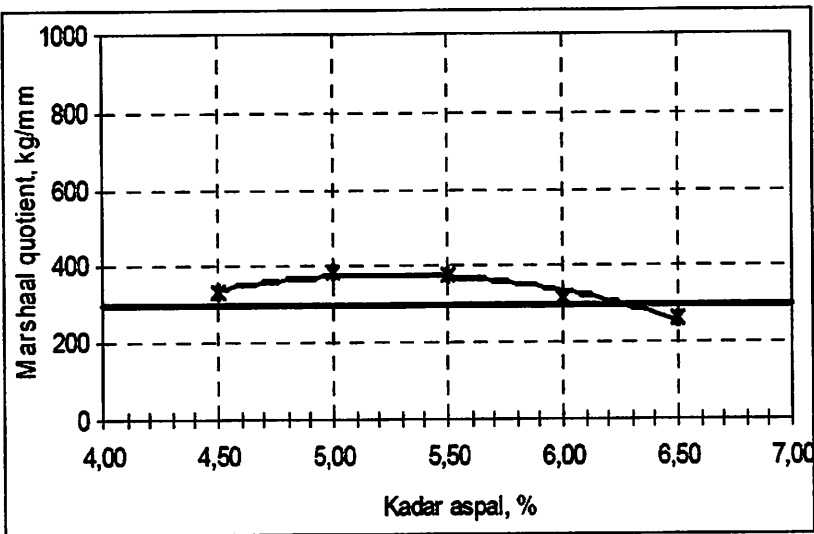


2.5.4. Kousien Marshall

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

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

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 α 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 $\pm Z$ 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 :

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

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

Dimana :

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

Rumus interval kepercayaan :

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

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 (H_0) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.
2. Hipotesis alternatif (H_a) : yaitu hipotesis yang menyamakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara oprasional dapat ditulis : $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$.

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 :

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

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-variable.

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) :

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

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

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

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 kenyataannya 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 stripping. Sifat mekanik yang bisa diukur termasuk kekuatan geser (shear strenght) , kekuatan tekan (Compressive 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 Substitusi Aspal, serpih plastik dapat larut didalam aspal penetrasi 60/70 pada suhu 154°C berdasarkan dari data yang didapat dari pengujian. Substitusi serpih plastik terhadap aspal penetrasi 60/70 dapat menghemat penggunaan aspal sebesar 2,5% terhadap berat aspal yang digunakan dalam campuran aspal beton AC-WC. Substitusi 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 kelelahan 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 nilai 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.



d) Menentukan nilai VIM berdasarkan dari pada kemampuan untuk
meningkatkan efisiensi dari kerja dan biaya relatif terhadap
biaya (biaya)

e) Menentukan nilai VIM dengan standar yang sama, kemudian
dapat lebih besar

f) Menentukan nilai VIM dengan standar yang sama, kemudian
dapat lebih besar atau sama dengan standar yang sama
dan ini standar standar



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 :

$$P = \text{Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran}$$

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 *High Density Polyethylene* (HDPE)

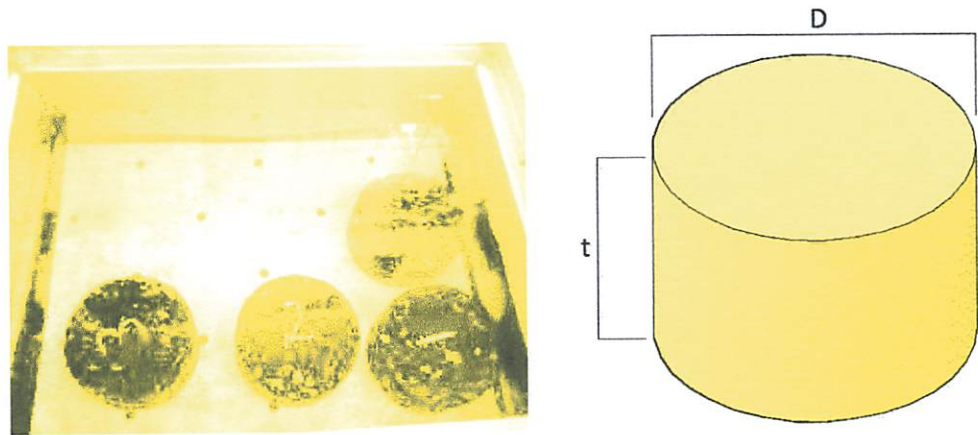
- a. Perhitungan prosentase agregat kasar dan agregat halus dengan kadar aspal optimum.
- b. Substitusi serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) 0%; 1,5%; 2,0%; 2,5%; 3,0% dan 3,5% terhadap berat dari kadar aspal optimum.
- c. Pencampuran agregat kasar, agregat halus, dan aspal dengan substitusi serpihan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE).
- d. Pengujian campuran aspal dengan metode Marshall, dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 1. Pengukuran benda uji meliputi tinggi dan diameter benda uji
 2. Penimbangan benda uji
 3. Perendaman dalam air dengan suhu ruang selama 24 jam
 4. Penimbangan berat dalam air serta dalam kondisi SSD

- 5. Perendaman dalam waterbath dengan suhu 60 °C
- 6. Pengujian benda uji dengan alat marshall dan diperoleh nilai stabilitas dan 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 <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) 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 <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) 1,5%	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 <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) 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 <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) 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 <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) 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 <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) 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:

- Aspal penetrasi 60/70 pertamina.
- Agregat kasar diambil dari tempat pemecahan batu di Madyopuro yang diperoleh dari daerah Krisik, Wlingi.
- Agregat halus menggunakan pasir dari Lumajang.
- Plastik limbah *High Density Polyethylene* (HDPE).
- Semen Gresik PPC 104-005-080228 sebagai filler.
- 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)

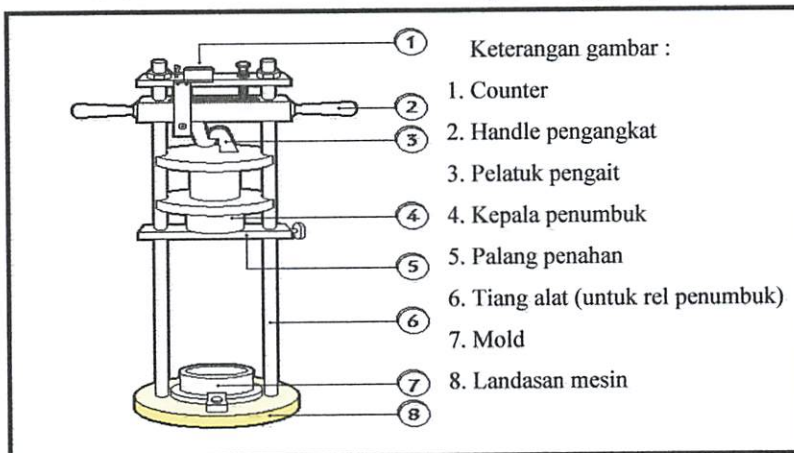
3.6.1.1. Maksud

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. 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

3.6.1.3. 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.

- 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

$$AIV = \frac{B}{A} \times 100\%$$

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)

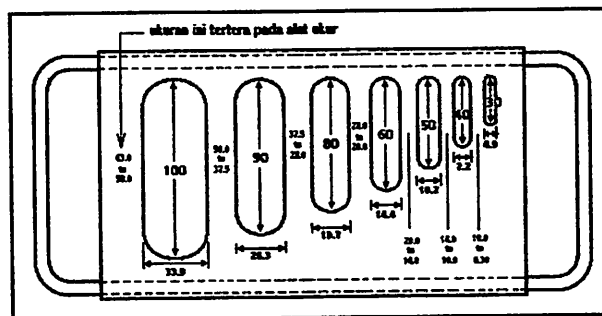
3.6.2.1. Maksud

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 $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 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 $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 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

$$\text{Indeks kepipihan (\%)} = \frac{M_3F \times 100}{M_2}$$

Dimana :

M_2 = jumlah fraksi yang mempunyai prosentase berat lebih besar dari 5% terhadap berat total.

M_3F = 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 $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 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).

3.6.3.3. 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 $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam sampai berat agregat menjadi konstan.
5. Dinginkan temperatur agregat sampai sesuai temperatur ruangan, kemudian seluruh agregat dicampur sampai merata.

3.6.3.4. 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 permukaan 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).

3.6.3.5. Perhitungan

$$\text{Angka angularitas} = 67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot G_a}$$

dimana :

M = berat agregat dalam silinder.

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

G_a = 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

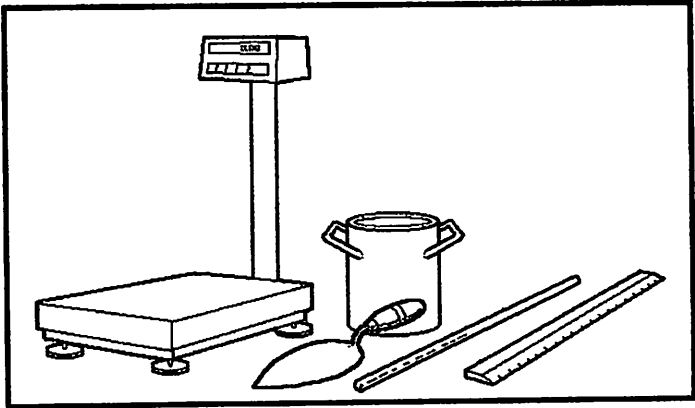
- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- c. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.
- d. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat, sebaiknya terbuat dari baja tahan karat.
- e. Mistar perata (straight edge).
- f. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pengering berkapasitas seperti berikut :

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 $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 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).

- 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) 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

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

dimana :

$$V = \text{isi wadah (dm}^3\text{)}$$

$$W_3 = \text{berat benda uji (kg)}$$

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 :

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 ± 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.

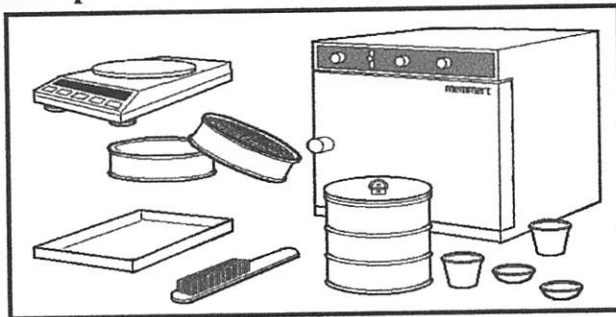
3.6.5.4. Prosedur Penelitian

- a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, 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



3.6.6. 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 (absorpsi) 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

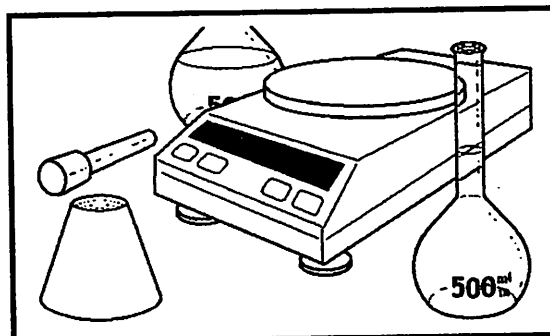
- a. Timbangan, berkapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
- b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml.

- 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



3.6.6.4. Prosedur Pelaksanaan

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, 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

(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 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desicator.
- k. Setelah benda uji 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

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

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

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

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

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 (absorpsi) 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.

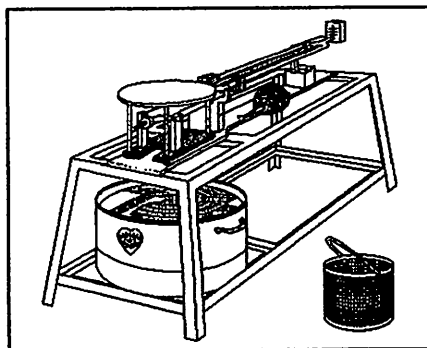
3.6.7.2. Peralatan

- 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 $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 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



3.6.7.4. 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, guncangkan 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)
$$= \frac{B_k}{(B_j - B_a)}$$
- 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 (absorpsi)

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

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").

- 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 (No. 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 (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	3330 ± 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 $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 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.

3.6.9.2. 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 $(47,5 \pm 0,05)$ gr yang dapat dilepas dengan mudah dari alat penetrasi untuk peneraan.
- c. Pemberat sebesar $(50 \pm 0,05)$ gr dan $(100 \pm 0,05)$ 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 $0,1^{\circ}\text{C}$. 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 350 ml dan tinggi yang cukup untuk merendam benda uji tanpa bergerak.

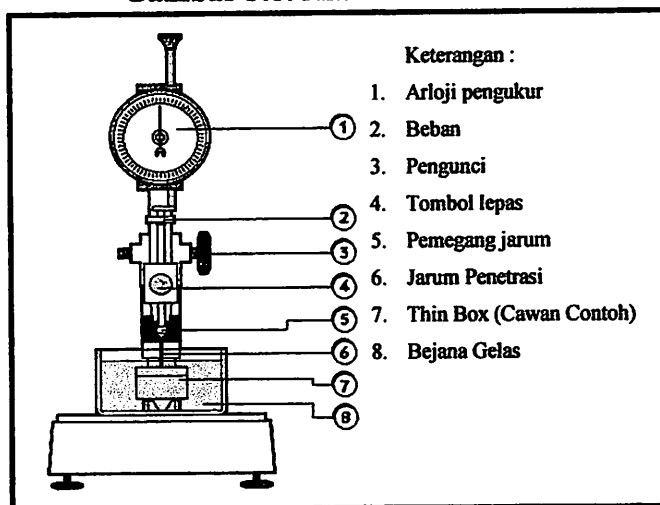
h. Pengukuran waktu.

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.

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 $(100 \pm 0,1)$ 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.

- f. Lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan stopwatch selama ($5 \pm 0,1$) 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)

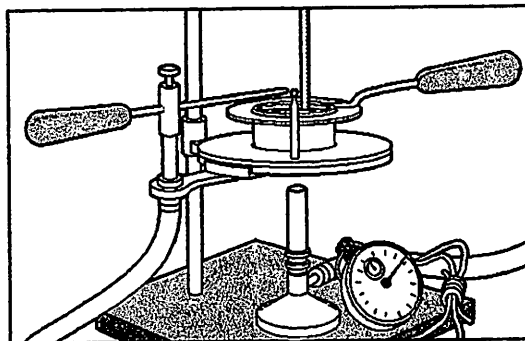
3.6.10.1. Maksud

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 $148,9^{\circ}\text{C}$ 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 $(15 \pm 1) ^\circ\text{C}$ 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.

- 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 $\pm 8^{\circ}\text{C}$ di bawah titik lembeknya sekurang-kurangnya 30 menit.

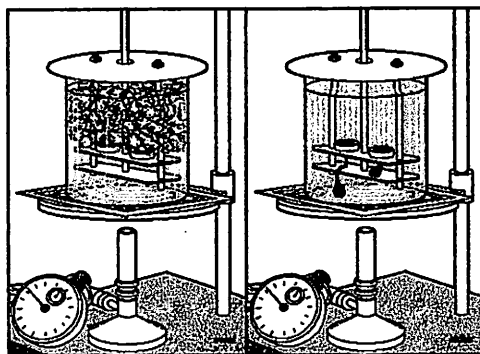
Setelah dingin, ratakan permukaan contoh dalam cincin dengan pisau yang telah dipanaskan.



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 $(5 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 sampai 108 mm.
- c. Letakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini di antara kedua benda uji ($\pm$ 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 $0,5^{\circ}\text{C}$.

Gambar 3.10. Pemeriksaan Titik Lembek



3.6.12. Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen (AASHTO T-51-81)

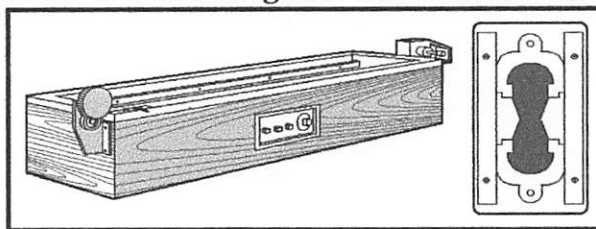
3.6.12.1. Maksud

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 $0,1^{\circ}\text{C}$ 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 daktilitas 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 $(25 \pm 9,5) ^\circ\text{C}$.

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

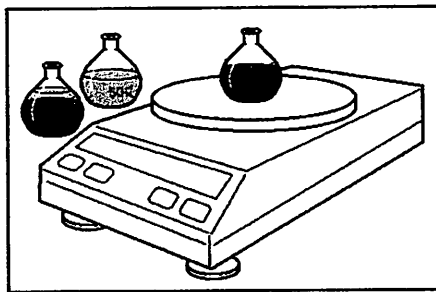
- a. Termometer.
- b. Bak perendam yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan ketelitian $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.
- c. Piknometer.
- d. Air suling sebanyak 1000 cm^3 .
- e. Bejana gelas.
- f. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.

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 $\frac{3}{4}$ 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-kurangnya 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 $\frac{3}{4}$ 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 :

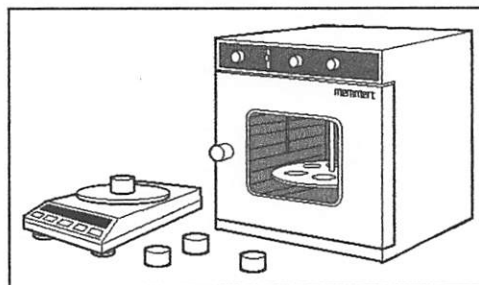
1. Pengatur suhu untuk memanasi sampai $(180 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.
2. Pinggan logam berdiameter 25 cm, menggantung dalam oven pada poros vertikal dan berputar dengan kecepatan 5 sampai 6 putaran per menit.

c. Cawan

Logam atau gelas berbentuk silinder dengan dasar yang rata berdiameter dalam 15 mm dan tinggi 35 mm.

d. Neraca analitik, dengan kapasitas $(200 \pm 0,001)$ 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 ($50,0 \pm 0,5$) 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 padaudukannya sehinggalah 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.

3.6.14.5. 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

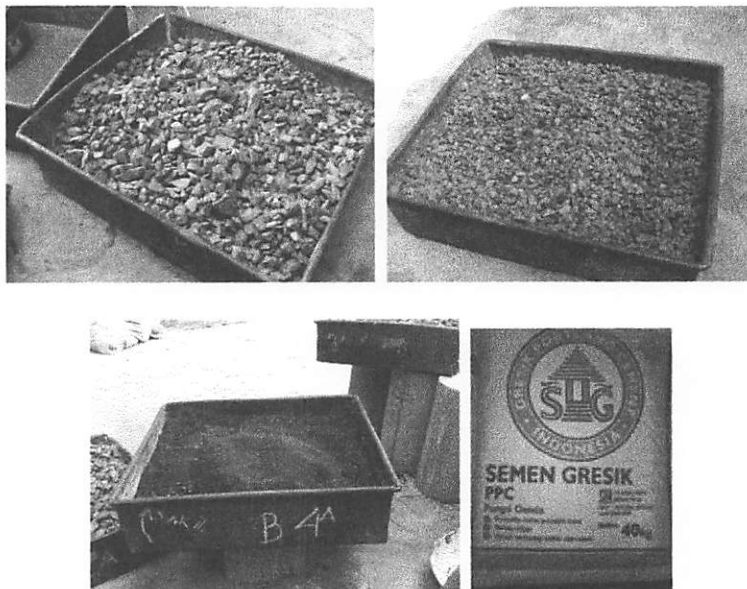
jarak dari tepi bawah ke garis gradasi agregat sedang. Jarak dari tepi atas ke garis gradasi fraksi agregat halus adalah x , yang sama panjang dengan jarak dari garis gradasi fraksi agregat kasar ke tepi bawah, c , ditambah dengan jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat sedang, b . Jadi $x = b + c$.

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



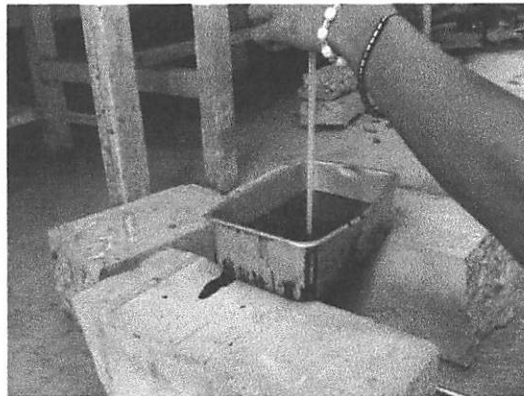
2. Penimbangan agregat sesuai proporsi campuran.

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



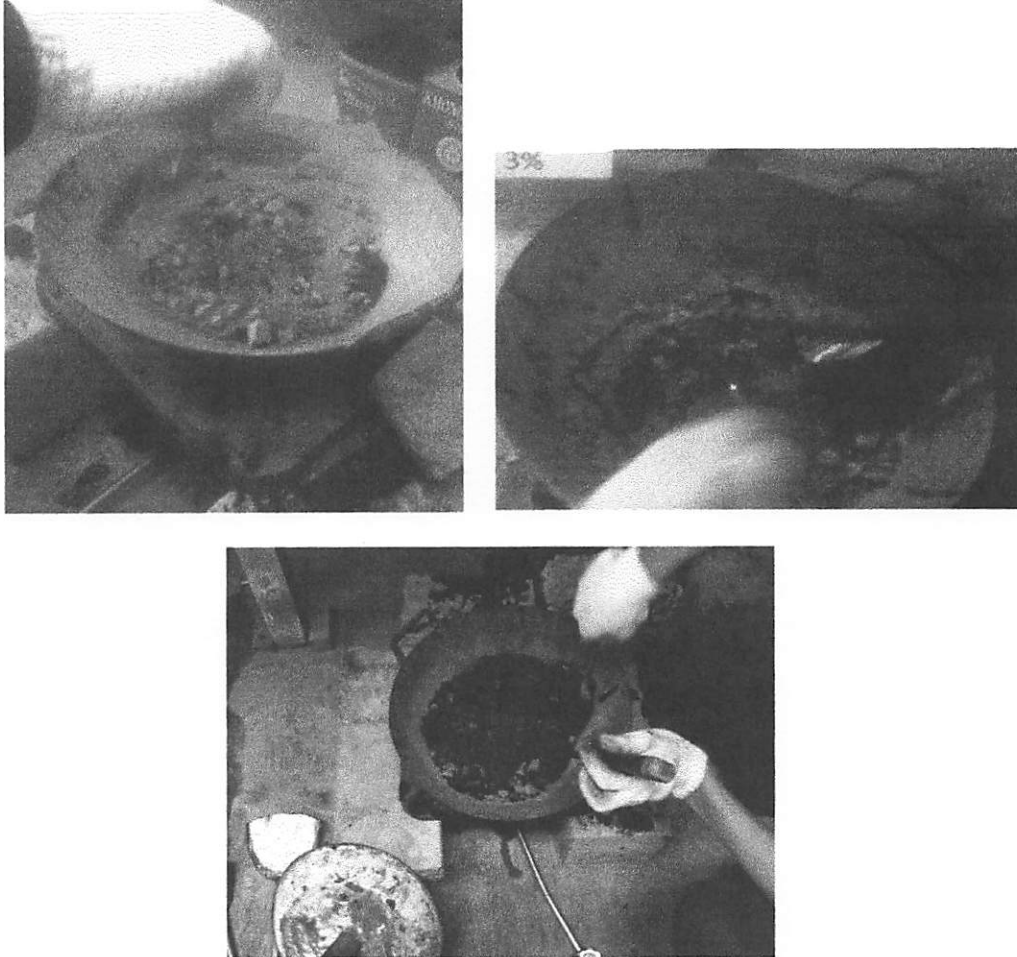
3. Pemanasan aspal sampai suhu $\pm 140^{\circ}\text{C}$.

Gambar 3.16. Pemanasan dan Pengukuran Suhu Aspal



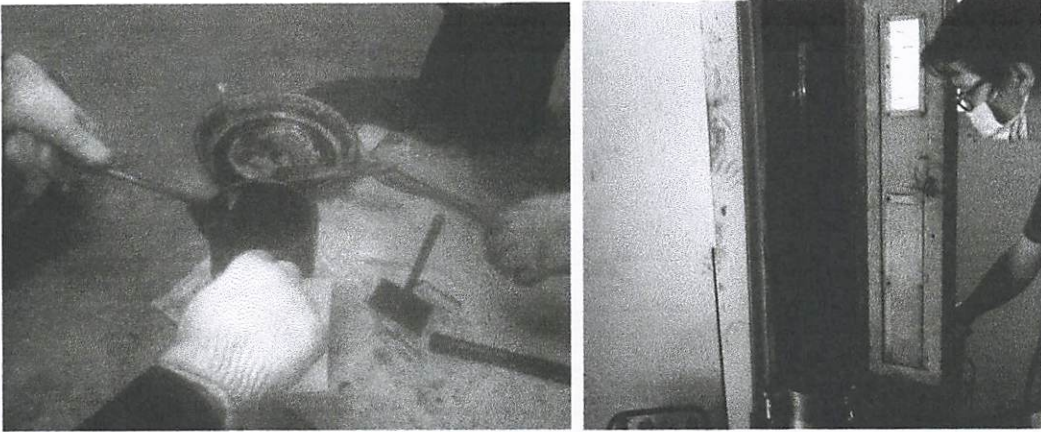
4. Pemanasan agregat sampai suhu 140°C dan pencampuran agregat dengan aspal sesuai prosentase perencanaan sampai tercampur rata.

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



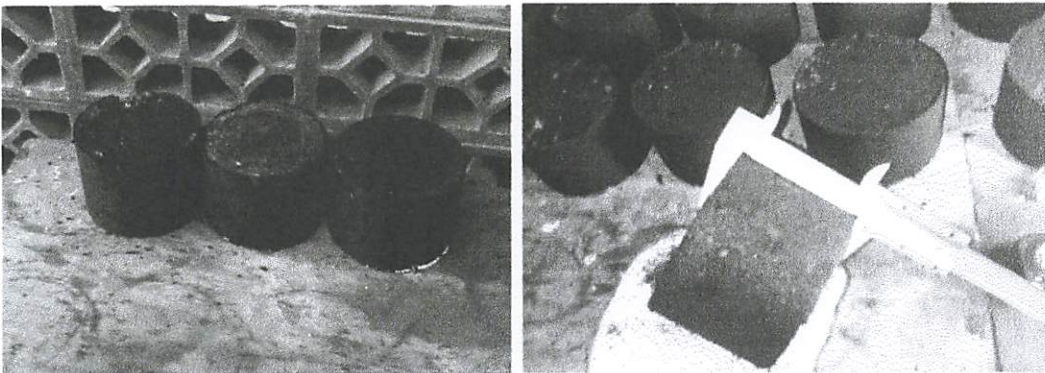
5. Pencetakan sampel dan penumbukan sebanyak 2 x 75 bolak-balik.

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



2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor tersebut.

Gambar 3.18 Penelitian tentang pengaruh dari faktor-faktor tersebut



3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor tersebut.

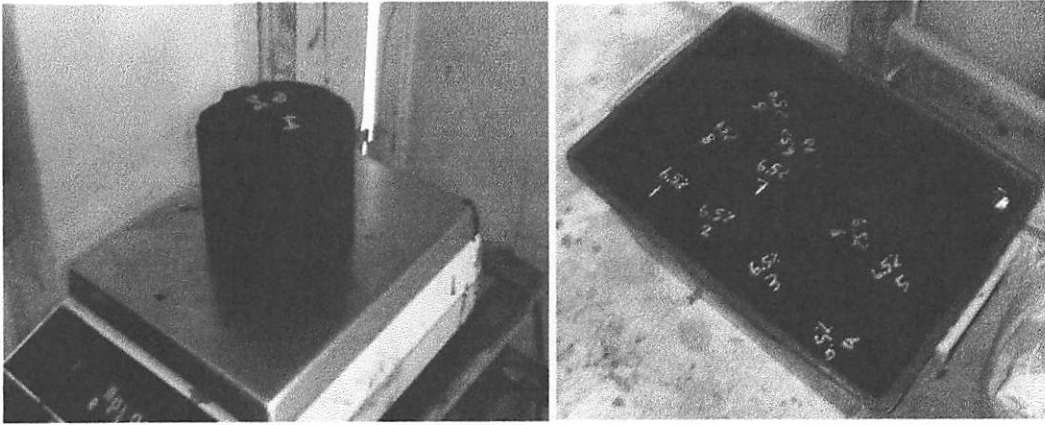
Untuk lebih jelasnya, berikut ini disajikan gambar 3.19.

Gambar 3.19 Penelitian tentang pengaruh dari faktor-faktor tersebut



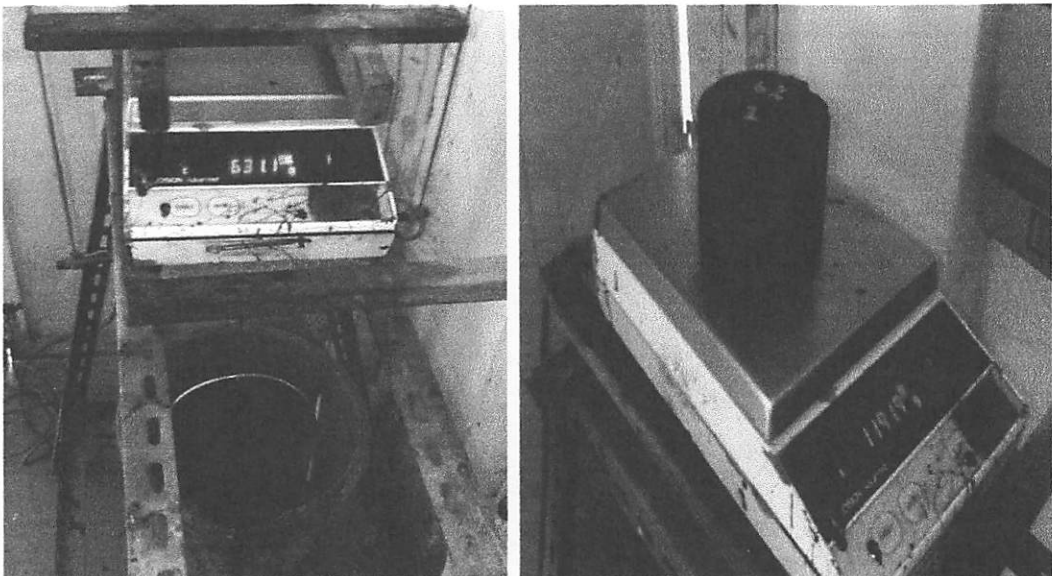
7. Penimbangan sampel dan perendaman selama 24 jam dalam air pada suhu ruangan.

Gambar 3.20. Penimbangan Berat Sampel dan Perendaman Sampel

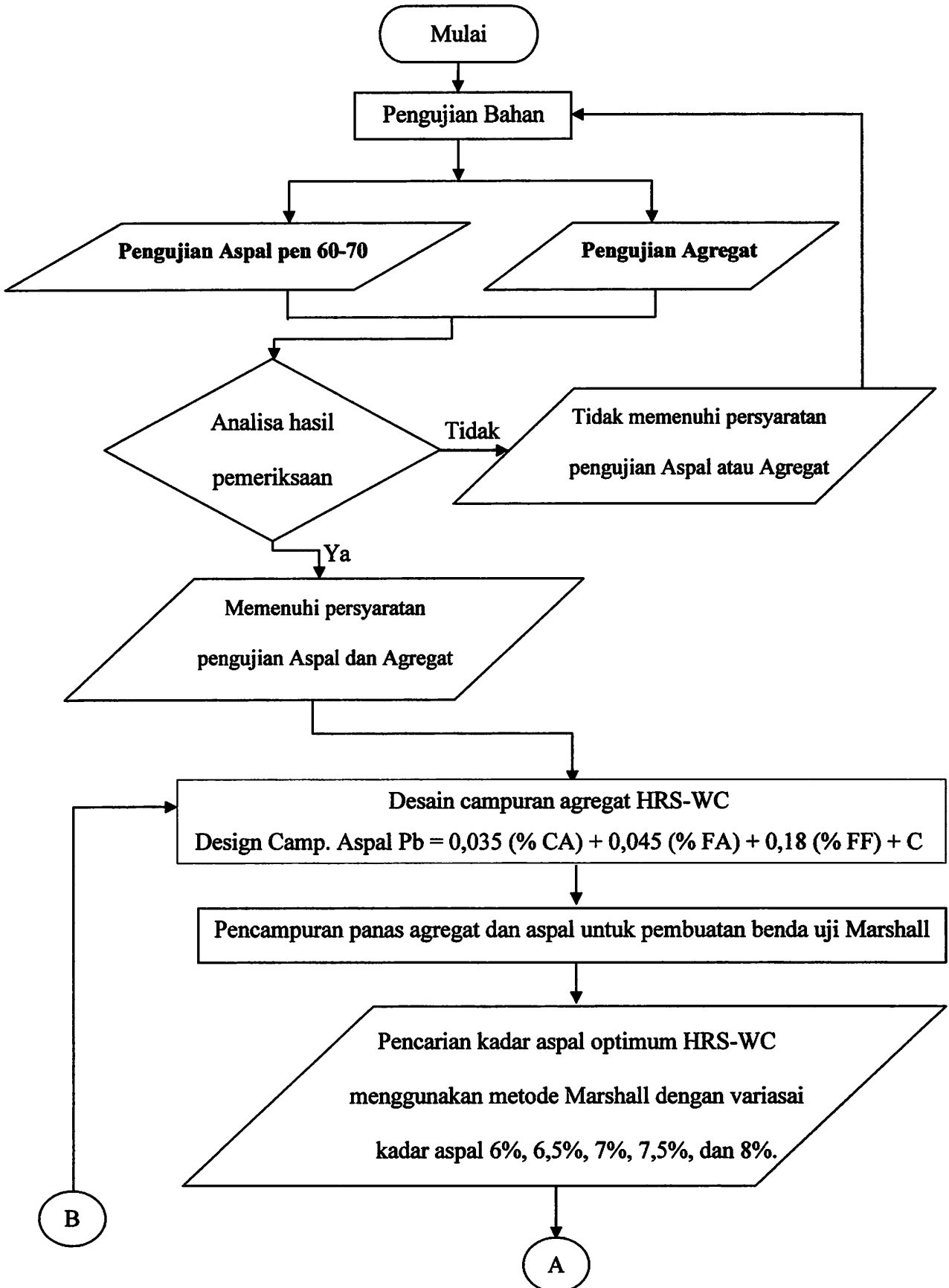


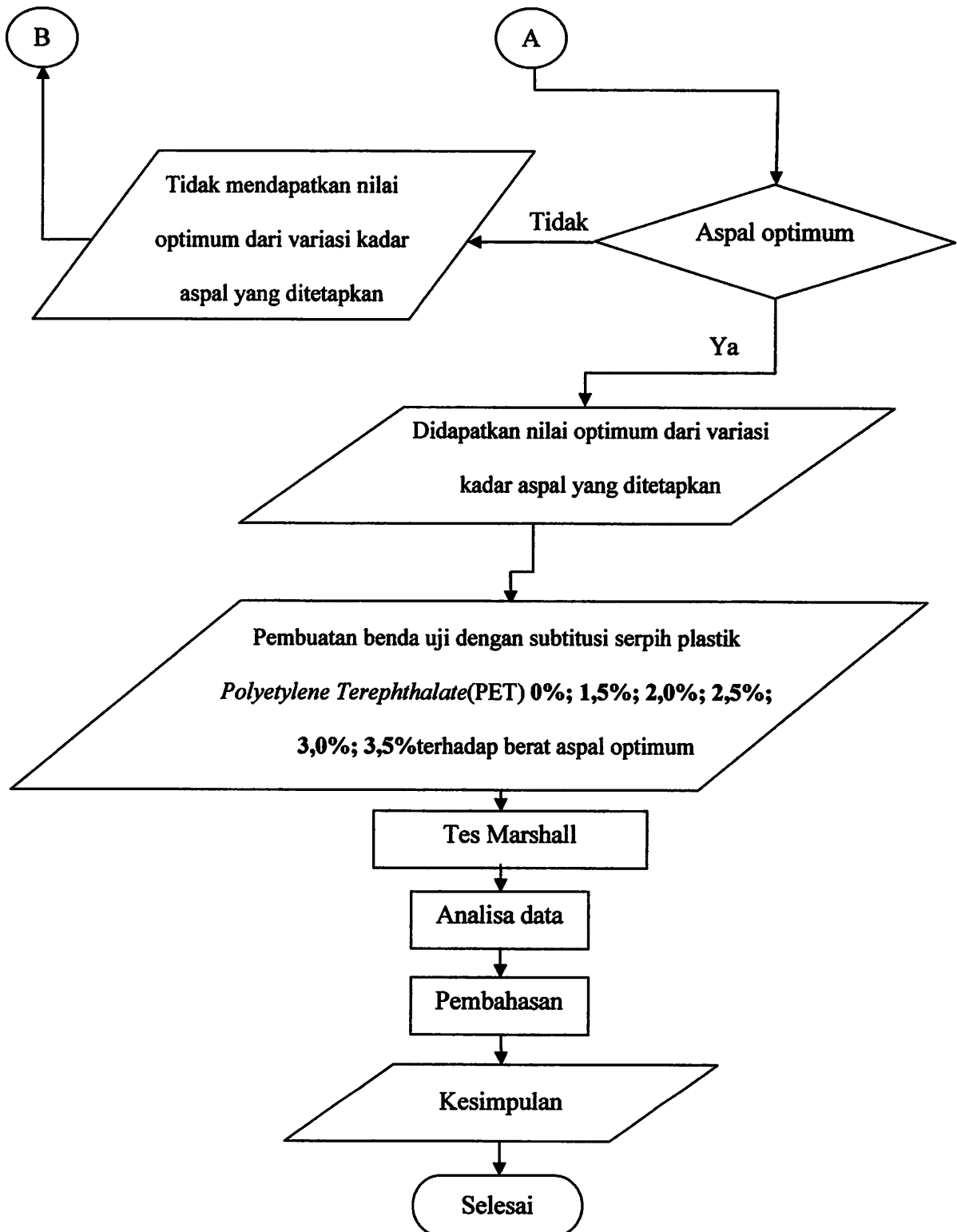
8. Penimbangan berat sampel dalam air dan SSD (kering permukaan jenuh).

Gambar 3.21. Penimbangan Berat Sampel dalam Air dan SSD



3.7. Bagan Alir Penelitian





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

$$\begin{aligned} AIV &= \frac{53,9}{500} \times 100 \% \\ &= 10,78 \% \end{aligned}$$

2) $AIV \text{ rata-rata} = \frac{10,78 + 9,04}{2} = 9,91 \%$

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 :

$M1 = 3500 \text{ gram}$

$M2 = 3189,2 \text{ gram}$

$M3F = 310,8 \text{ gram}$

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 :

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 =

Berat isi agregat lepas = $\frac{14700}{9780} = 1,50306 \text{ kg/dm}^3$

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 = $1,5030 \text{ kg/dm}^3$

Berat isi agregat padat dengan tusukan = $1,6063 \text{ kg/dm}^3$

Berat isi agregat padat dengan goyangan = $1,6534 \text{ kg/dm}^3$

Rata-rata total berat isi = $1,5876 \text{ kg/dm}^3$

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. 1/2"

Prosen tertahan = (berat benda uji yang tertahan / berat total benda uji) x 100%

$$= (13580/20504.20) \times 100\% = 66.23 \%$$

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%

$$= (32,6/1989,1) \times 100\% = 1,64 \%$$

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%

$$= (6,2/1050) \times 100\% = 0,59 \%$$

Prosen lolos = 100 % - 0,59 % = 99,41 %

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

$$(500 - 492,80) / 492,80 \times 100\% = 1,46 \%$$

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 (absorpsi) = 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)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,62	2,56	2,59
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,69	2,63	2,66
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,83	2,75	2,79
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	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

$(5000 - 4865) / 4865 \times 100\% = 2,77 \%$

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 (absorpsi) = 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 : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	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).

Tabel 4.11 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%

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 4.12 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 4.13 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 4.14 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 4.15 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 4.17 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2
Pembacaan	122 cm	125 cm
Rata-rata	123,5 cm	

Tabel 4.18. 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 4.19 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 4.20 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 4.21 Rekapitulasi Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	Penetrasi Sebelum Kehilangan Berat	79	79
2	Penetrasi Setelah kehilangan 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

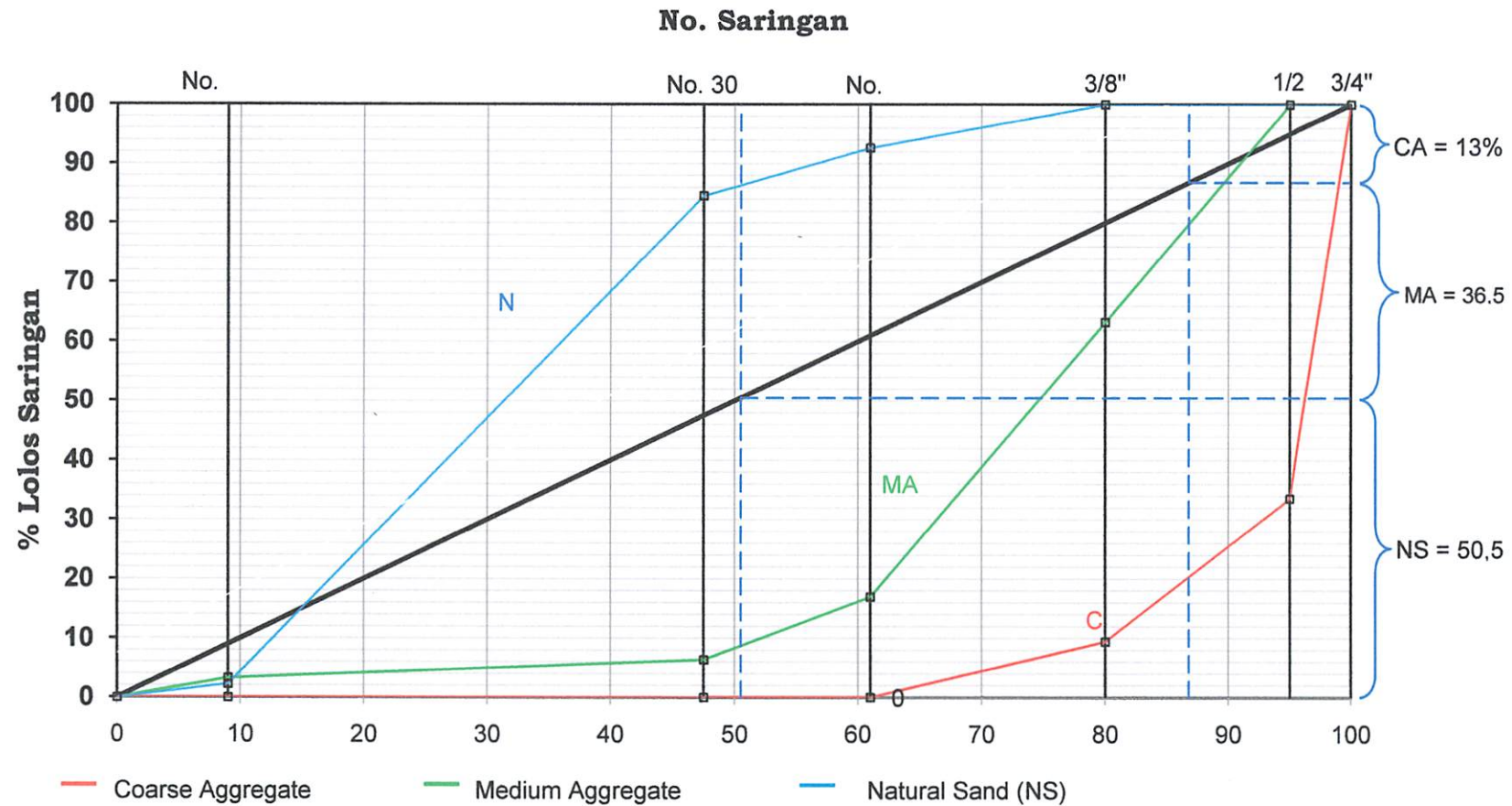
4.3.1. Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis

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 Asphalt Concrete ini didapat nilai aspal tengah :

$$\begin{aligned} P &= 0,035(13\%+36,5\%) + 0,045(50,5\%) + 0,18(6\%) + 2 \\ &= 6,8447 \% \end{aligned}$$

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%



... and ...
 ...
 ...
 ...
 ...



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 :

$$CA = 13 - ((13/100) \times 6) = 12,22 \%$$

$$CA = (12,12/100) \times 33,56 = 4,10 \%$$

$$MA = 36,50 - ((36,50/100) \times 6) = 34,31 \%$$

$$MA = (34,31/100) \times 63,24 = 21,70 \%$$

$$NS = 50,50 - ((50,50/100) \times 6) = 47,47 \%$$

$$NS = (47,47/100) \times 92,65 = 43,98 \%$$

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

$$\text{BJ agregat} = 2,59$$

$$\text{BJ aspal} = 1,04$$

$$a = \text{Diameter (cm)}$$

$$= 10,20 \text{ cm}$$

$$b = \text{Tinggi 1 (cm)}$$

$$= 7,00 \text{ cm}$$

$$c = \text{Tinggi 2 (cm)}$$

$$= 7,00 \text{ cm}$$

$$d = \text{Tinggi 3 (cm)}$$

$$= 6,95 \text{ cm}$$

$$e = \text{Tinggi rata-rata (cm)} = \left(\frac{b + c + d}{3} \right) \times 10$$

$$= \frac{7,00 + 7,00 + 6,95}{3} \times 10$$

$$= 69,82 \text{ mm}$$

$$f = \% \text{ aspal terhadap agregat} = \frac{\% \text{ aspal} \times 12}{1200 - \% \text{ Aspal} \times 12} \times 100$$

$$= \frac{6 \times 12}{1200 - 6 \times 12} \times 100$$

$$= 6,38 \%$$

$$g = \% \text{ aspal terhadap campuran}$$

$$= 6 \%$$

$$h = \text{Berat sampel (gram)}$$

$$= 1185,4 \text{ gram}$$

$$i = \text{Berat SSD (gram)}$$

$$= 1191,9 \text{ gram}$$

$$j = \text{Berat dalam air (gram)}$$

$$= 631,7 \text{ gram}$$

$$k = \text{Isi (gram)} = i - j$$

$$= 1191,9 - 631,7$$

$$= 560,20 \text{ gram}$$

$$l = \text{Berat isi} = \frac{h}{k}$$

$$= \frac{1185,4}{560,2}$$

$$= 2,116$$

$$m = \text{Berat jenis maksimum teoritis} = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ aspal}}}$$

$$= \frac{100}{\frac{13 \times (100 - 6) / 100}{2,59} + \frac{36,5 \times (100 - 6) / 100}{2,59} + \frac{50,5 \times (100 - 6) / 100}{2,66} + \frac{6}{1,04}}$$

$$= 2,405$$

$$n = \frac{g \times l}{BJ \text{ aspal}}$$

$$= \frac{6 \times 2,116}{1,04}$$

$$= 12,208$$

$$o = \frac{(100 - g) \times 1}{BJ \text{ Agregat}}$$

$$= \frac{(100-6) \times 2,116}{2,625}$$

$$= 75,774$$

$$\begin{aligned} p &= \text{Jumlah kandungan rongga (\%)} = 100 - n - o \\ &= 100 - 12,208 - 75,774 \\ &= 12,018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \% \text{ rongga terhadap agregat VMA} = 100 - o \\ &= 100 - 75,774 \\ &= 24,226 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \% \text{ rongga terisi aspal VFB} = \frac{100 \times n}{q} \\ &= \frac{100 \times 12,208}{24,226} \\ &= 50,392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \% \text{ rongga dalam campuran VIM} = 100 - \left[100 \times \left(\frac{l}{m} \right) \right] \\ &= 100 - \left[100 \times \left(\frac{2,116}{2,405} \right) \right] \\ &= 12,015 \end{aligned}$$

$$t = \text{Masuk Waterbath (jam)}$$

$$u = \text{Test (jam)}$$

$$\begin{aligned} v &= \text{Pembacaan arloji stabilitas} \\ &= 123 \end{aligned}$$

w = dari tabel lampiran kalibrasi didapat regresi dari nilai $v = 123 \approx 3650,78 \text{ lbf}$

$x = w \times 0,44482 \text{ (kg)}$

$$= 3650,78 \times 0,44482$$

$$= 1623,94 \text{ kg}$$

y = Angka koreksi (tebal), didapat dari tabel lampiran angka koreksi secara regresi ; $e = 69,82 \approx 0,835$

z = Stabilitas (kg ; dengan koreksi benda uji) = $x \times y$

$$= 1623,94 \times 0,835$$

$$= 1355,73 \text{ kg}$$

$aa = 2,2 \text{ mm}$

ab = Marshall Quotient = $z/aa \text{ (kg/mm)}$

$$= \frac{1355,73}{2,2}$$

$$= 616,24 \text{ kg/mm}$$

Tabel 4.24 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°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*1)/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)*1)/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

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

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*1)/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)*1)/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

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

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

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*1)/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)*1)/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

Tabel 4.28 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 8% Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°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*1)/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)*1)/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

Tabel 4.29 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 6% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°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*1)/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)*1)/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

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

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*1)/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)*1)/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

Tabel 4.31 Perhitungan Marshall Test Campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal 7% Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°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*1)/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)*1)/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

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

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*1)/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)*1)/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

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

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*1)/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)*1)/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

4.5. Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data penelitian yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian 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°C dengan jumlah benda uji 10 buah.

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

$$= \frac{1355,73 + \text{sampai} + 1439,85}{10}$$

$$= 1404,32 \text{ kg}$$

$$s = \sqrt{\frac{((1355,73 - 1404,32)^2 + \text{sampai} + (1439,85 - 1404,32)^2)}{10 - 1}}$$

$$= 203,50425$$

$$P = \frac{1}{2} (1 + 0,095) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 10 - 1 = 9$$

$$t_{0,975} = 2,262 \text{ (tabel student)}$$

Dimana :

$$X = \text{Nilai rata-rata}$$

s = Standar deviasi

P = Persentil

$t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 1404,33 - \left(2,262 x \frac{203,50425}{\sqrt{10}} \right) < \mu < 1404,33 + \left(2,262 x \frac{203,50425}{\sqrt{10}} \right) \\
 &= 1258,759 < \mu < 1549,8952
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Di bawah ini adalah tabel interval kepercayaan :



where $\mu = \mu_0 + \mu_1 x$

and $\sigma^2 = \sigma_0^2 + \sigma_1^2 x$

where $\mu_0, \mu_1, \sigma_0^2, \sigma_1^2$ are unknown parameters.

Let $\theta = (\mu_0, \mu_1, \sigma_0^2, \sigma_1^2)$ be the vector of parameters.

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_i^2} \left(y_i - \mu_0 - \mu_1 x_i \right)^2 \right\}$$

$$= \frac{1}{(2\pi)^{n/2} \prod_{i=1}^n \sigma_i} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \mu_0 - \mu_1 x_i)^2}{\sigma_i^2} \right\}$$

$$= \frac{1}{(2\pi)^{n/2} \prod_{i=1}^n \sigma_i} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \mu_0 - \mu_1 x_i)^2}{\sigma_i^2} \right\}$$

where $\mu_0, \mu_1, \sigma_0^2, \sigma_1^2$ are unknown parameters.

Let $\theta = (\mu_0, \mu_1, \sigma_0^2, \sigma_1^2)$ be the vector of parameters.

Let $\theta = (\mu_0, \mu_1, \sigma_0^2, \sigma_1^2)$ be the vector of parameters.



Tabel 4.34 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 4.35 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 4.36 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 4.37 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 4.38 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 4.39 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

12,0147 = Data yang tidak dipakai

Tabel 4.40 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	< μ <	25,291895
Kadar Aspal 6,5%	25,57	0,8067286	0,975	9	2,262	24,997015	< μ <	26,151133
Kadar Aspal 7%	25,19	0,8340612	0,975	9	2,262	24,594724	< μ <	25,787944
Kadar Aspal 7,5%	25,03	0,5846065	0,975	9	2,262	24,613904	< μ <	25,45025
Kadar Aspal 8%	23,35	0,8660223	0,975	9	2,262	22,72867	< μ <	23,967614

Tabel 4.41 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 4.42 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	$< \mu <$	663,66349
Kadar Aspal 6,5%	610,62	123,28016	0,975	9	2,262	522,43714	$< \mu <$	698,80352
Kadar Aspal 7%	688,25	194,67687	0,975	9	2,262	548,99386	$< \mu <$	827,5014
Kadar Aspal 7,5%	548,90	83,513209	0,975	9	2,262	489,16355	$< \mu <$	608,63875
Kadar Aspal 8%	486,20	149,17542	0,975	9	2,262	379,49842	$< \mu <$	592,91092

**Tabel 4.43 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 4.44 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 4.45 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 4.464 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 4.47 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



Tabel 4.48 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 4.49 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 4.50 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 4.51 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 4.52 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	$< \mu <$	506,7568
Kadar Aspal 6,5%	536,02	84,873395	0,975	9	2,262	475,3064	$< \mu <$	596,7275
Kadar Aspal 7%	573,81	157,8816	0,975	9	2,262	460,8716	$< \mu <$	686,7393
Kadar Aspal 7,5%	544,80	200,56803	0,975	9	2,262	401,33624	$< \mu <$	688,27175
Kadar Aspal 8%	360,32	127,90519	0,975	9	2,262	268,83114	$< \mu <$	451,81415

Tabel 4.53 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 =
$$\frac{\text{Stabilitas pada rendaman 24 jam, suhu } 60^{\circ}C}{\text{Stabilitas pada rendaman 30 menit, suhu } 60^{\circ}C}$$

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.54 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

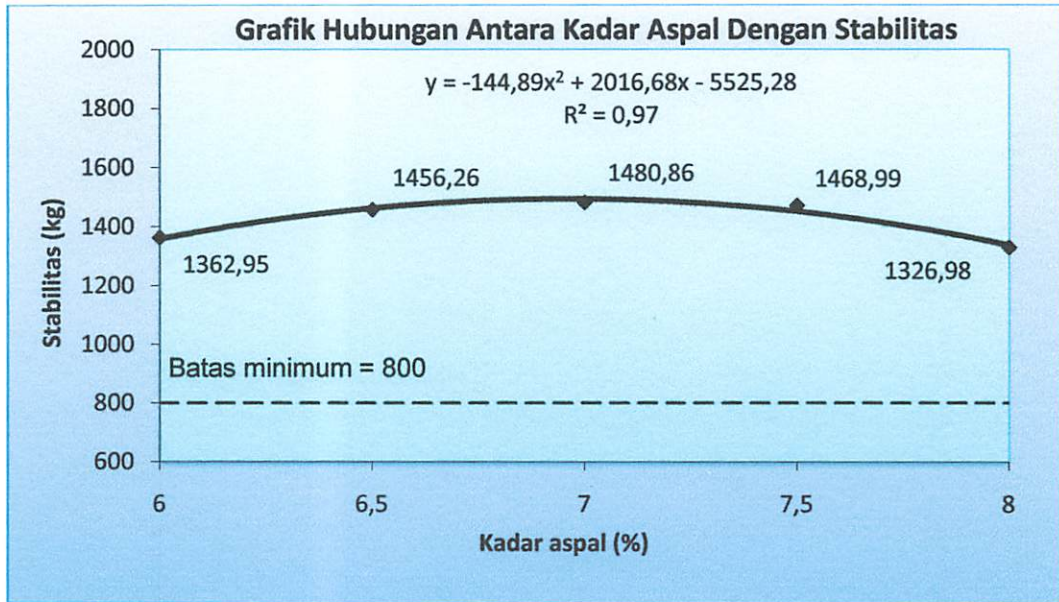
Berdasarkan dari tabel 4.34 sampai 4.53 diatas dapat diplotkan data dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara lain :

- 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

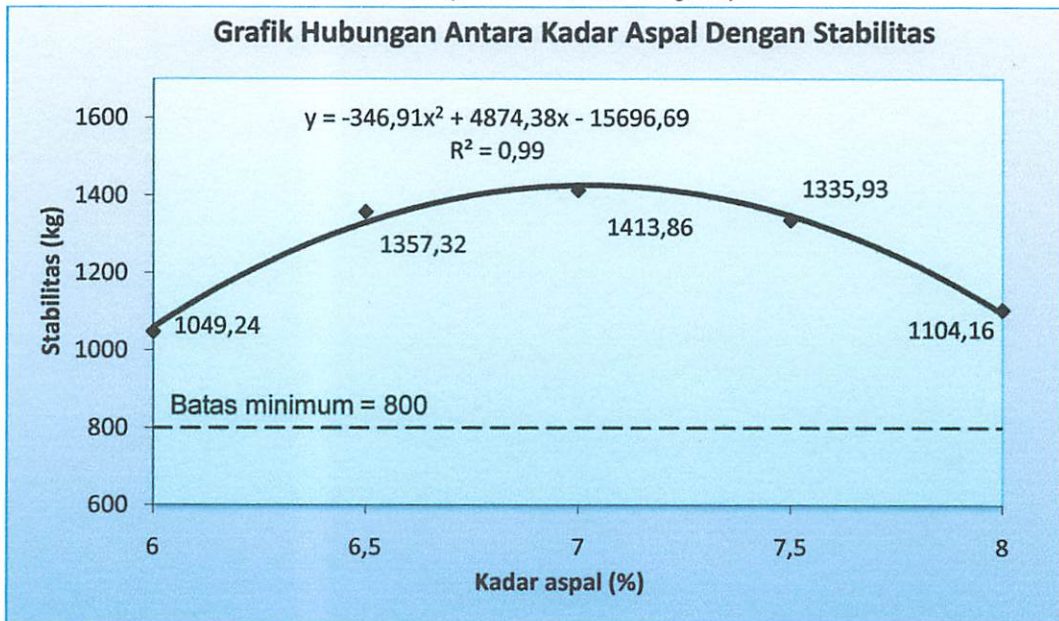
f. Antara kadar aspal dengan Indeks Perendaman

Perhitungan mencari kadar aspal optimum didasarkan pada hasil dari perhitungan parameter Marshall yang digambarkan dalam grafik di bawah ini :

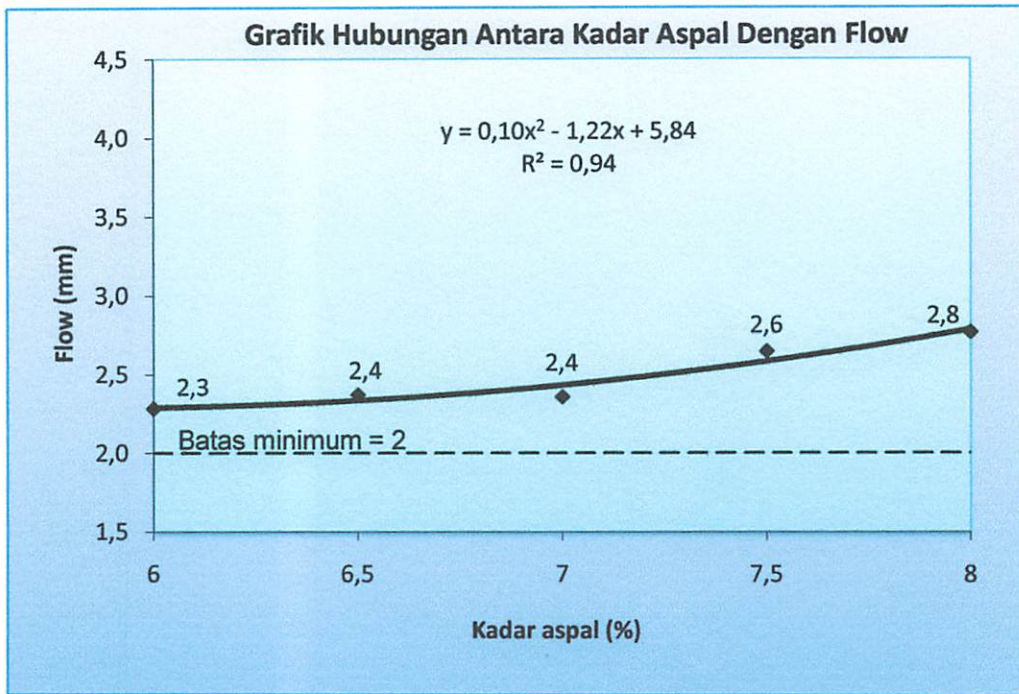
Grafik 4.2 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)



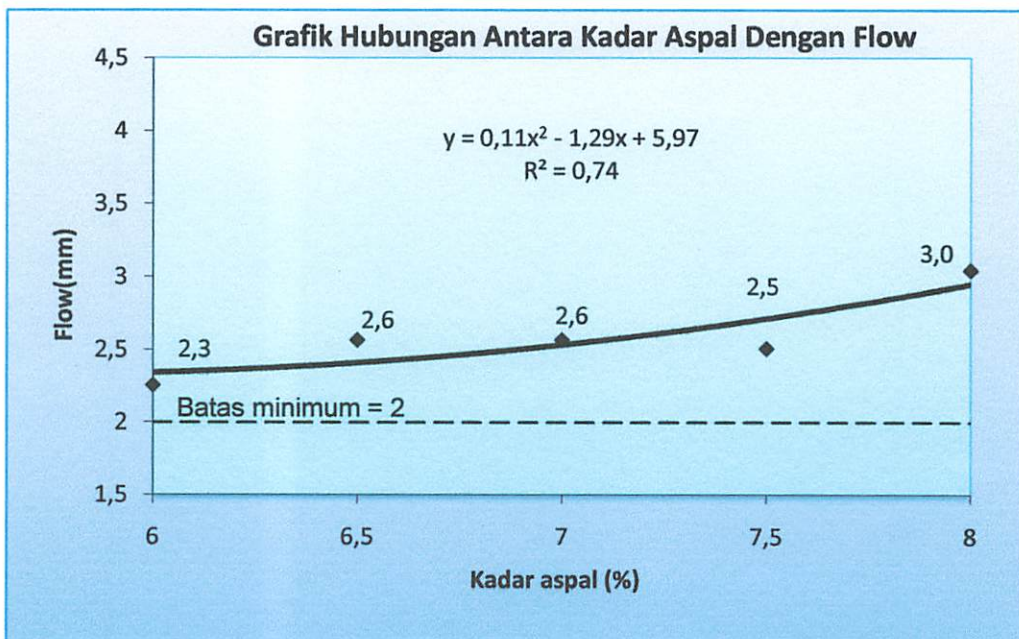
Grafik 4.3 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)



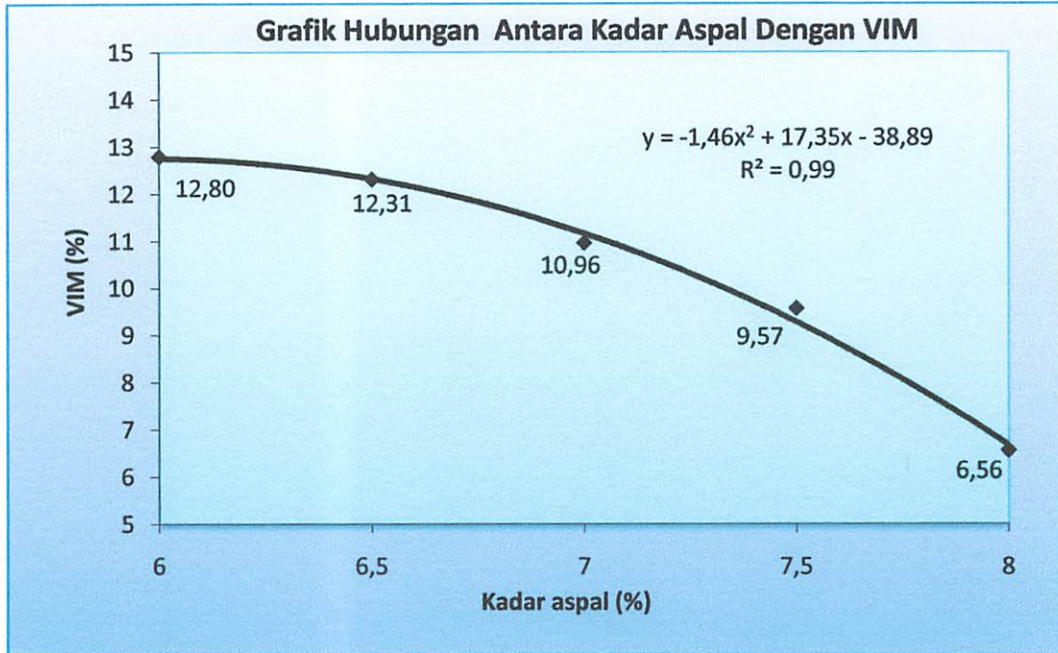
Grafik 4.4 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 30 menit)



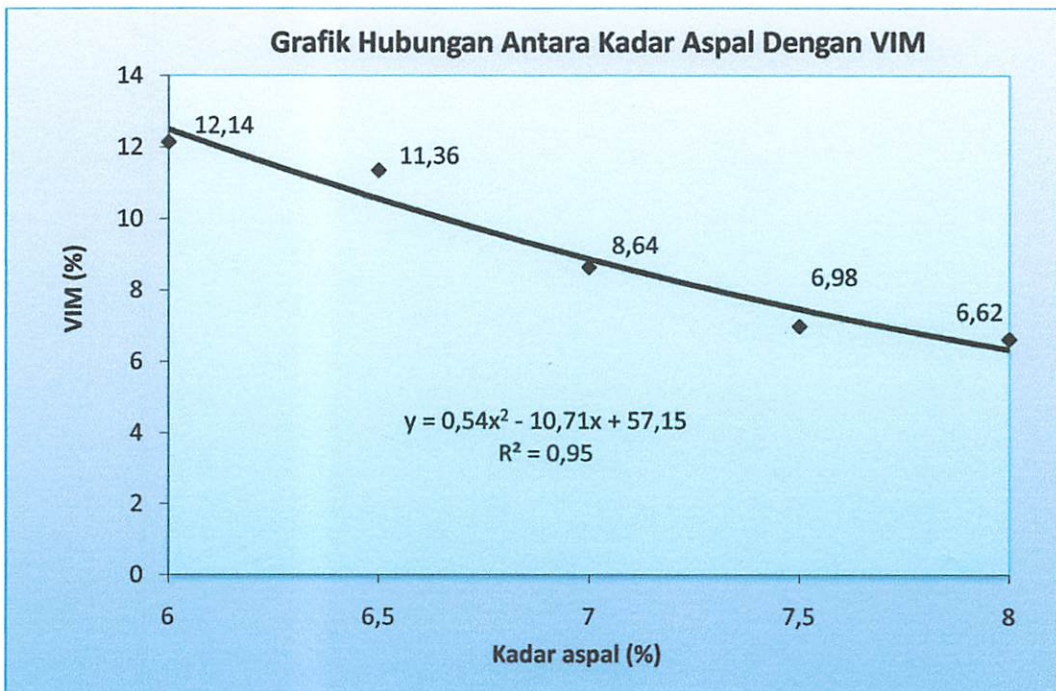
Grafik 4.5 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 24 jam)



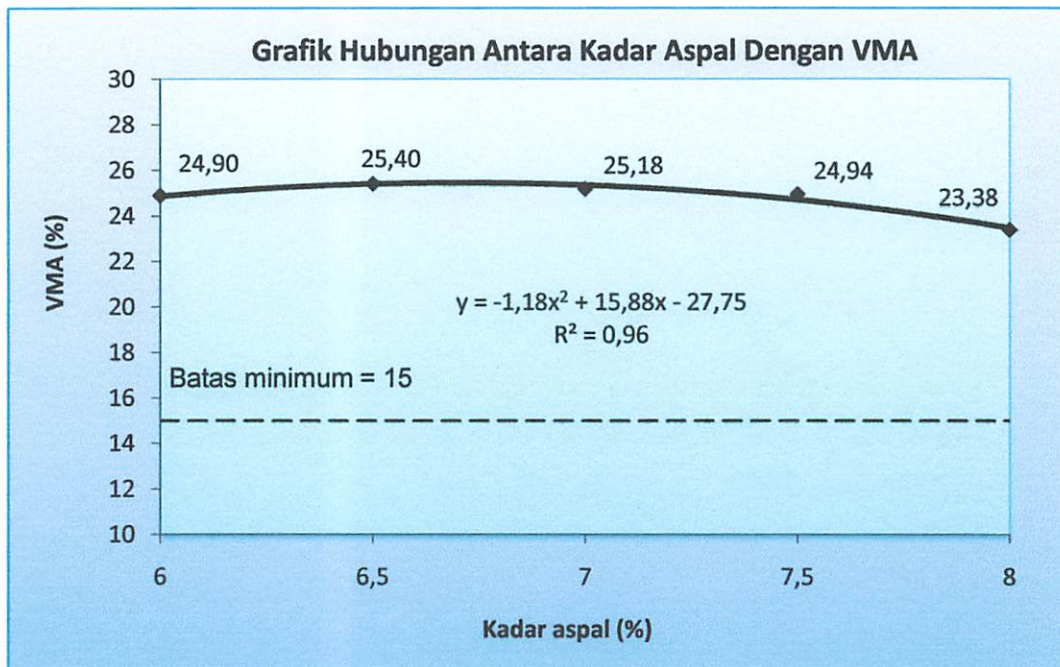
Grafik 4.6 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 30 menit)



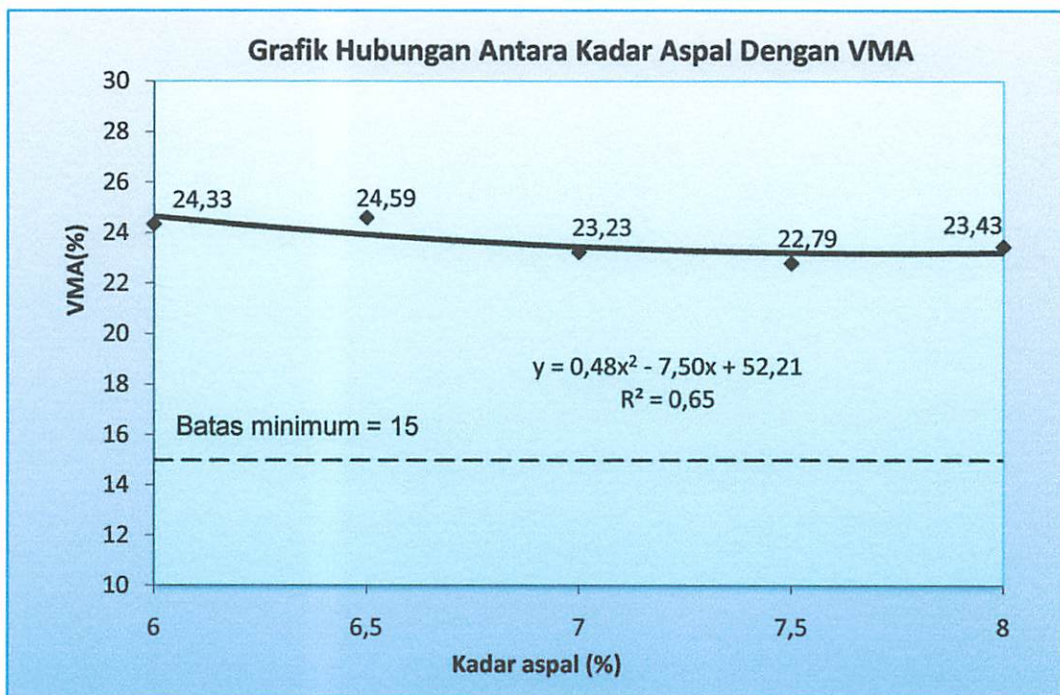
Grafik 4.7 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 24 jam)



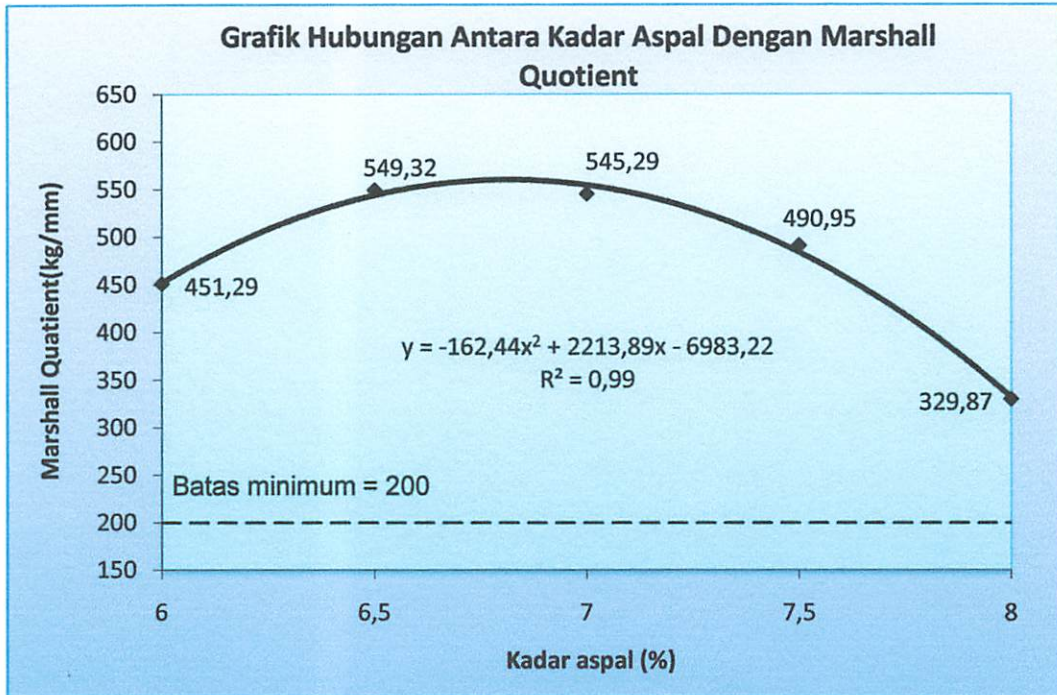
Grafik 4.8 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 30 menit)



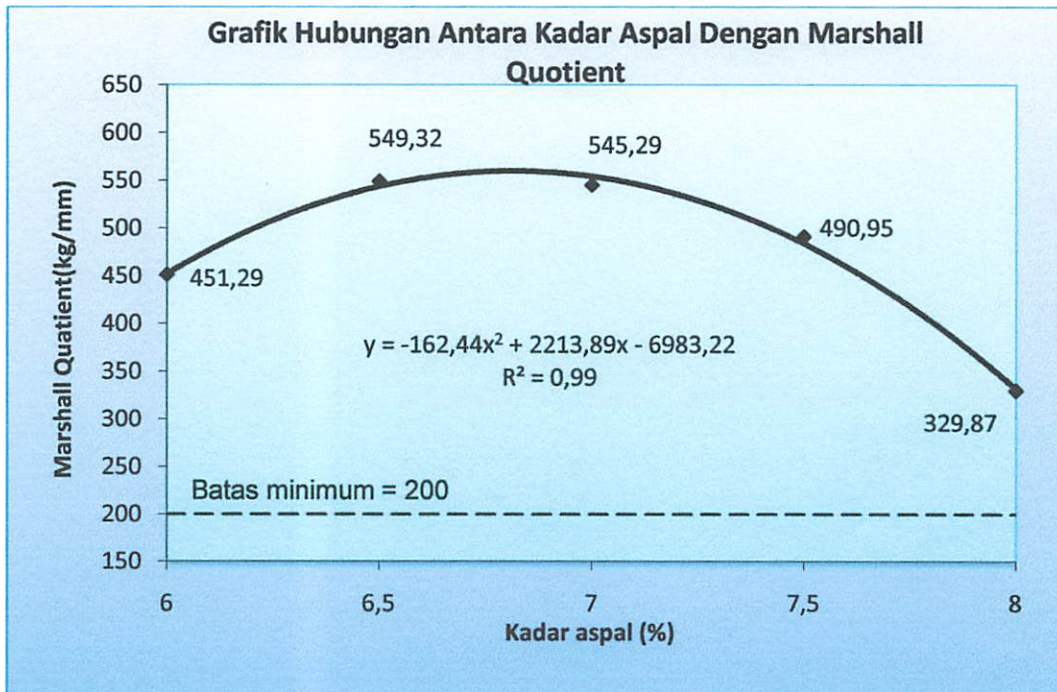
Grafik 4.9 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 24 jam)



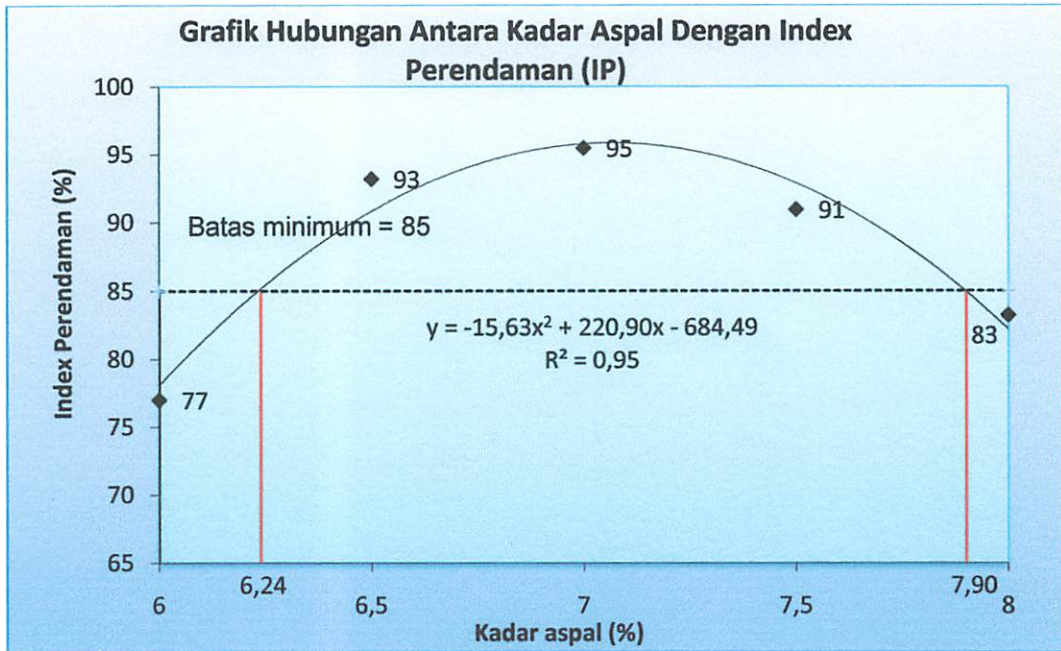
Grafik 4.10 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)



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



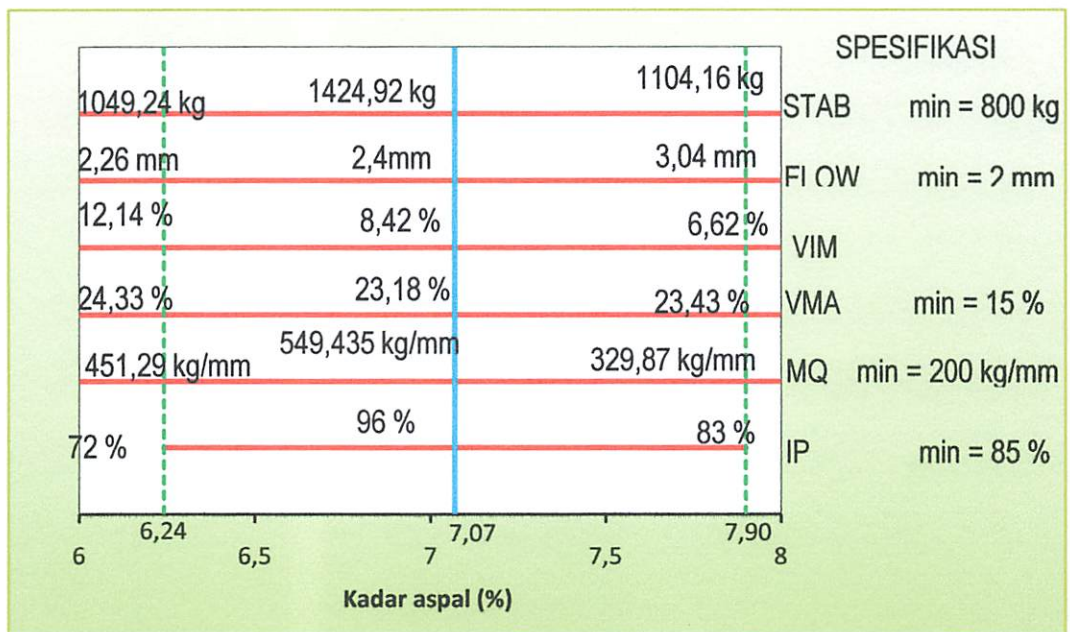
Grafik 4.12 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP)



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 grafik 4.3, diperoleh fungsi $y = -346,91x^2 + 4874,38x - 15696,69$, untuk mendapatkan nilai y maksimum maka

$$y = -346,91x^2 + 4874,38x - 15696,69$$

$$\frac{dy}{dx} = 2x(-346,91) + 4874,38$$

$$x = 7,07$$



1. $M = M_1 + M_2 + \dots + M_n$ (jumlah semua massa)
 2. $M_1 = 100 \text{ kg}$, $M_2 = 200 \text{ kg}$, $M_3 = 300 \text{ kg}$, $M_4 = 400 \text{ kg}$, $M_5 = 500 \text{ kg}$

3. $M = 100 + 200 + 300 + 400 + 500 = 1500 \text{ kg}$

4. $M_1 = 100 \text{ kg}$, $M_2 = 200 \text{ kg}$, $M_3 = 300 \text{ kg}$, $M_4 = 400 \text{ kg}$, $M_5 = 500 \text{ kg}$

5. $M_1 = 100 \text{ kg}$, $M_2 = 200 \text{ kg}$, $M_3 = 300 \text{ kg}$, $M_4 = 400 \text{ kg}$, $M_5 = 500 \text{ kg}$

6. $M_1 = 100 \text{ kg}$, $M_2 = 200 \text{ kg}$, $M_3 = 300 \text{ kg}$, $M_4 = 400 \text{ kg}$, $M_5 = 500 \text{ kg}$

7. $M_1 = 100 \text{ kg}$, $M_2 = 200 \text{ kg}$, $M_3 = 300 \text{ kg}$, $M_4 = 400 \text{ kg}$, $M_5 = 500 \text{ kg}$

8. $M_1 = 100 \text{ kg}$, $M_2 = 200 \text{ kg}$, $M_3 = 300 \text{ kg}$, $M_4 = 400 \text{ kg}$, $M_5 = 500 \text{ kg}$



BAB V

ANALISA ASPAL SUBSTITUSI PLASTIK HDPE 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 :

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 HDPE = 0,965 (Sub Bab 2.3.1.)

Contoh perhitungan berat jenis aspal dengan substitusi plastik dengan prosentase 1,5% :

Berat jenis campuran =

$$= \frac{\{BJ \text{ Aspal} \times (100 - \text{Prosentase Plastik})\} + \{BJ \text{ Plastik} \times \text{Prosentase Plastik}\}}{100}$$

$$= \frac{\{1,04 \times (100 - 1,5)\} + \{0,965 \times 1,5\}}{100} = 1,0399888$$



**Tabel 5.1 Prosentase Subtitusi Plastik dan Berat Jenis Aspal Dengan
Subtitusi Plastik**

Prosentase Plastik	Berat Jenis Campuran
0,0%	1,04
1,5%	1,0399888
2,0%	1,039985
2,5%	1,0399813
3,0%	1,0399775
3,5%	1,0399738

Prosentase Subtitusi Plastik HDPE = 0%

Nomor Benda Uji = 1

a = Diameter (cm)

= 10,20 cm

b = Tinggi 1 (cm)

= 6,59 cm

c = Tinggi 2 (cm)

= 6,45 cm

d = Tinggi 3 (cm)

= 6,49 cm

$$\begin{aligned}
 e = \text{Tinggi rata-rata (cm)} &= \left(\frac{b + c + d}{3} \right) \times 10 \\
 &= \frac{6,59 + 6,45 + 6,49}{3} \times 10
 \end{aligned}$$

$$= 65,10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f &= \% \text{ aspal dan plastik terhadap agregat} = \frac{\% \text{ aspal dan plastik} \times 12}{1200 - \% \text{ Aspal dan plastik} \times 12} \times 100 \\ &= \frac{7,07 \times 12}{1200 - 7,07 \times 12} \times 100 \\ &= 7,61 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g &= \% \text{ aspal dan plastik terhadap campuran} \\ &= 7,07\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{Berat sampel (gram)} \\ &= 1185,4 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i &= \text{Berat SSD (gram)} \\ &= 1191,4 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} j &= \text{Berat dalam air (gram)} \\ &= 668,4 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= \text{Isi (gram)} = i - j \\ &= 1191,4 - 668,4 \\ &= 523,00 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= \text{Berat isi} = \frac{h}{k} \\ &= \frac{1185,4}{523} \\ &= 2,267 \end{aligned}$$

$$m = \text{Berat jenis maksimum teoritis}$$

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal dan Plastik}}{BJ \text{ Campuran Aspal dan Plastik}}}$$

=

$$\frac{100}{\frac{13 \times (100 - 7,07)/100}{2,59} + \frac{36,5 \times (100 - 7,07)/100}{2,59} + \frac{50,5 \times (100 - 7,07)/100}{2,66} + \frac{7,07}{1,04}}$$

$$= 2,370$$

$$n = \frac{g \times l}{BJ \text{ aspal campuran}}$$

$$= \frac{7,07 \times 2,267}{1,04}$$

$$= 15,408$$

$$o = \frac{(100 - g) \times l}{BJ \text{ Agregat}}$$

$$= \frac{(100 - 7,07) \times 2,267}{2,625}$$

$$= 80,24$$

$$p = \text{Jumlah kandungan rongga (\%)} = 100 - n - o$$

$$= 100 - 15,408 - 80,24$$

$$= 4,352$$

$$q = \% \text{ rongga terhadap agregat VMA} = 100 - o$$

$$= 100 - 80,24$$

$$= 19,760$$

$$\begin{aligned}
 r &= \% \text{ rongga terisi aspal VFB} = \frac{100 \times n}{q} \\
 &= \frac{100 \times 15,408}{19,76} \\
 &= 77,975
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \% \text{ rongga dalam campuran VIM} = 100 - \left[100x \left(\frac{l}{m} \right) \right] \\
 &= 100 - \left[100x \left(\frac{2,267}{2,37} \right) \right] \\
 &= 4,349
 \end{aligned}$$

t = Masuk Waterbath (jam) 10:15

u = Test (jam) 10:45

v = Pembacaan arloji stabilitas

$$= 113$$

w = dari tabel lampiran kalibrasi didapat regresi dari nilai v = 113 $\approx$ 3357,83 lbf

x = w x 0,44482 (kg)

$$= 3357,83 \times 0,44482$$

$$= 1493,63 \text{ kg}$$

y = Angka koreksi (tebal), didapat dari tabel lampiran angka koreksi secara

regresi ; e = 65,10 $\approx$ 0,960

z = Stabilitas (kg ; dengan koreksi benda uji) = x x y

$$= 1493,63 \times 0,960$$

$$= 1434,07 \text{ kg}$$

aa = 2,4 mm

$$ab = \text{Marshall Quotient} = z/aa \text{ (kg/mm)}$$

$$= \frac{1434,07}{2,4}$$

$$= 597,53 \text{ kg/mm}$$

Tabel 5.2 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60°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	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
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	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal campuran)	15,299	15,316	15,570	15,557	15,571	14,001	15,549	15,591	15,551	15,627
o	((100-g*1)/bj agregat	80,283	80,370	81,705	81,638	81,712	73,470	81,593	81,816	81,602	82,004
p	Jumlah kandungan rongga (%)	4,418	4,31	2,72	2,81	2,72	12,53	2,86	2,59	2,85	2,37
q	% rongga thd agregat VMA	19,717	19,630	18,295	18,362	18,288	26,530	18,407	18,184	18,398	17,996
r	% rongga terisi aspal	77,594	78,022	85,107	84,724	85,147	52,774	84,475	85,741	84,524	86,838
s	% rongga dlm campuran VIM	4,414	4,311	2,721	2,801	2,713	12,526	2,854	2,589	2,844	2,365
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	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	2,40	3,9	2,2	2,7	2,5	3,0	2,6	4,0	2,0	2,8

Tabel 5.3 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60°C

Prosentase Subtitusi		1,5 %									
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	% Plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
h	Berat sampel (gram)	1188,3	1191,1	1185,4	1188,5	1186,1	1192,7	1192,1	1190,0	1189,2	1189,5
l	Berat SSD (gram)	1200,1	1195,2	1191,4	1196,8	1196,3	1186,9	1196,0	1194,3	1200,0	1199,1
j	Berat dalam air (gram)	681,1	679,3	668,4	673	682,1	675,5	691,1	689,3	640,9	637,2
k	Isi (gram)	519,00	515,90	523,00	523,80	514,20	511,40	504,90	505,00	559,10	561,90
l	Berat isi	2,290	2,309	2,267	2,269	2,307	2,332	2,361	2,356	2,127	2,117
m	BJ maksimum teoritis	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	15,455	15,584	15,299	15,316	15,570	15,743	15,937	15,906	14,357	14,289
o	((100-g*1)/bj agregat	81,100	81,779	80,283	80,370	81,705	82,610	83,631	83,467	75,340	74,983
p	Jumlah kandungan rongga (%)	3,446	2,64	4,42	4,31	2,72	1,65	0,43	0,63	10,30	10,73
q	% rongga thd agregat VMA	18,900	18,221	19,717	19,630	18,295	17,390	16,369	16,533	24,660	25,017
r	% rongga terisi aspal	81,770	85,530	77,594	78,022	85,107	90,524	97,362	96,208	58,221	57,119
s	% rongga dlm campuran VIM	3,442	2,633	4,414	4,311	2,721	1,644	0,428	0,623	10,299	10,724
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	148	130	129	123	122	125	101	125	124	82
w	lbf	4380,13	3855,43	3826,22	3650,78	3621,52	3709,29	3005,38	3709,29	3680,04	2445,30
x	kg	1948,37	1714,97	1701,98	1623,94	1610,92	1649,96	1336,85	1649,96	1636,95	1087,72
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)	1870,67	1686,86	1637,09	1550,62	1599,77	1608,64	1289,40	1605,77	1600,21	1065,19
aa	Flow	2,8	2,3	2,3	2,3	2,3	2,5	2,0	2,4	3,8	2,7

Tabel 5.4 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60°C

Prosentase Subtitusi		2 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,23	10,21	10,24	10,21	10,25	10,34	10,23	10,19	10,22	10,19
b	Tinggi 1 (cm)	6,37	6,37	6,48	6,36	6,89	6,40	6,27	6,45	6,44	6,48
c	Tinggi 2 (cm)	6,20	6,34	6,50	6,36	6,92	6,38	6,37	6,42	6,47	6,44
d	Tinggi 3 (cm)	6,28	6,32	6,41	6,35	6,94	6,34	6,32	6,43	6,45	6,47
e	Tinggi rata-rata (mm)	62,83	63,43	64,63	63,57	69,17	63,73	63,20	64,33	64,53	64,63
f	% Plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
h	Berat sampel (gram)	1193,7	1188,7	1190,2	1187,9	1193,3	1197,3	1188,9	1183,5	1183,7	1190,6
i	Berat SSD (gram)	1197,3	1193,9	1195,6	1189,3	1203,6	1201,8	1188,9	1187,5	1189,3	1196,0
j	Berat dalam air (gram)	689,0	680,4	678,3	676,8	649,0	688,8	686,3	650,4	654,1	632,4
k	Isi (gram)	508,30	513,50	517,30	512,50	554,60	513,00	502,60	537,10	535,20	563,60
l	Berat isi	2,348	2,315	2,301	2,318	2,152	2,334	2,365	2,204	2,212	2,112
m	BJ maksimum teoritis	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	15,852	15,626	15,530	15,646	14,524	15,754	15,967	14,874	14,929	14,259
o	((100-g*1)/bj agregat	83,183	81,996	81,496	82,101	76,213	82,670	83,788	78,050	78,340	74,826
p	Jumlah kandungan rongga (%)	0,97	2,38	2,97	2,25	9,26	1,58	0,24	7,08	6,73	10,91
q	% rongga thd agregat VMA	16,817	18,004	18,504	17,899	23,787	17,330	16,212	21,950	21,660	25,174
r	% rongga terisi aspal	94,261	86,789	83,931	87,408	61,057	90,904	98,491	67,762	68,925	56,644
s	% rongga dlm campuran VIM	0,961	2,375	2,970	2,250	9,260	1,573	0,241	7,073	6,727	10,911
t	Jam Masuk waterbath	11:30	11:35	11:40	11:45	11:50	11:55	12:00	12:22	12:25	12:27
u	Jam Test	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:25	12:30	12:52	12:55	12:57
v	Pembacaan arloji stabilitas	132	130	96	117	145	140	125	167	120	132
w	lbf	3913,84	3855,43	2858,24	3475,09	4292,83	4147,21	3709,29	4931,54	3562,97	3913,84
x	kg	1740,96	1714,97	1271,40	1545,79	1909,54	1844,76	1649,96	2193,65	1584,88	1740,96
y	koreksi (tebal)	1,019	1,003	0,972	1,000	0,851	0,996	1,009	0,980	0,975	0,972
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1773,49	1720,72	1236,24	1545,69	1625,83	1836,73	1665,35	2150,11	1545,18	1692,81
aa	Flow	2,3	1,6	2,5	2,2	2,3	3,0	2,3	2,3	2,4	2,3

Tabel 5.5 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60°C

Prosentase Subtitusi		2,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,23	10,24	10,26	10,23	10,21	10,26	10,26	10,24	10,22	10,21
b	Tinggi 1 (cm)	6,85	6,85	6,86	6,70	6,83	6,65	6,83	6,74	6,97	6,73
c	Tinggi 2 (cm)	6,87	6,78	6,80	6,73	6,80	6,73	6,78	6,79	6,94	6,79
d	Tinggi 3 (cm)	6,77	6,80	6,75	6,72	6,78	6,72	6,77	6,77	6,86	6,77
e	Tinggi rata-rata (mm)	68,30	68,10	68,03	67,17	68,03	67,00	67,93	67,67	69,23	67,63
f	% Plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
h	Berat sampel (gram)	1189,6	1190,6	1184,4	1185,5	1189,8	1185,5	1188,8	1189,4	1189,8	1191,0
I	Berat SSD (gram)	1198,8	1199,0	1194,3	1194,0	1198,7	1192,9	1198,0	1198,8	1199,9	1198,9
j	Berat dalam air (gram)	648,8	650,0	645,4	652,7	651,8	650,1	653,1	651,7	642,7	654,7
k	Isi (gram)	550,00	549,00	548,90	541,30	546,90	542,80	544,90	547,10	557,20	544,20
l	Berat isi	2,163	2,169	2,158	2,190	2,176	2,184	2,182	2,174	2,135	2,189
m	BJ maksimum teoritis	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	14,600	14,639	14,565	14,783	14,685	14,742	14,726	14,675	14,413	14,773
o	((100-g)*1)/bj agregat	76,612	76,816	76,430	77,575	77,060	77,361	77,277	77,005	75,635	77,520
p	Jumlah kandungan rongga (%)	8,79	8,55	9,00	7,64	8,26	7,90	8,00	8,32	9,95	7,71
q	% rongga thd agregat VMA	23,388	23,184	23,570	22,425	22,940	22,639	22,723	22,995	24,365	22,480
r	% rongga terisi aspal	62,424	63,142	61,795	65,924	64,013	65,119	64,809	63,818	59,156	65,714
s	% rongga dlm campuran VIM	8,785	8,542	9,001	7,638	8,252	7,893	7,993	8,317	9,948	7,704
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	135	140	145	189	140	163	150	210	150	120
w	lbf	4001,41	4147,21	4292,83	5566,91	4147,21	4815,66	4438,29	6170,27	4438,29	3562,97
x	kg	1779,91	1844,76	1909,54	2476,27	1844,76	2142,10	1974,24	2744,66	1974,24	1584,88
y	koreksi (tebal)	0,874	0,880	0,881	0,905	0,881	0,909	0,884	0,891	0,850	0,892
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1556,23	1622,83	1683,24	2240,73	1626,14	1947,99	1745,59	2446,52	1677,50	1414,14
aa	Flow	3,0	2,2	2,3	2,2	2,3	2,5	2,3	2,3	2,2	2,4

Tabel 5.6 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60°C

Prosentase Subtitusi		3 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,22	10,17	10,22	10,20	10,20	10,20	10,19	10,22	10,24	10,21
b	Tinggi 1 (cm)	6,40	6,40	6,32	6,33	6,41	6,49	6,22	6,25	6,73	6,69
c	Tinggi 2 (cm)	6,33	6,41	6,31	6,41	6,50	6,44	6,30	6,24	6,74	6,72
d	Tinggi 3 (cm)	6,38	6,41	6,31	6,32	6,44	6,46	6,27	6,21	6,78	6,75
e	Tinggi rata-rata (mm)	63,70	64,07	63,13	63,53	64,50	64,63	62,63	62,33	67,48	67,20
f	% Plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
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)	1187,6	1194,2	1187,9	1196,4	1193,4	1195,7	1195,8	1190,3	1193,8	1190,5
j	Berat dalam air (gram)	653,5	671,1	650,6	657,5	666,6	627,4	635,1	628,6	620,3	627,1
k	Isi (gram)	534,10	523,1	537,3	538,9	526,8	568,3	560,7	561,7	573,5	563,4
l	Berat isi	2,219	2,272	2,208	2,217	2,263	2,086	2,114	2,116	2,071	2,115
m	BJ maksimum teoritis	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	14,981	15,336	14,901	14,965	15,276	14,077	14,270	14,281	13,978	14,276
o	((100-g*1)/bj agregat	78,614	80,478	78,192	78,532	80,161	73,871	74,885	74,941	73,349	74,916
p	Jumlah kandungan rongga (%)	6,40	4,186	6,907	6,502	4,563	12,052	10,845	10,778	12,673	10,808
q	% rongga thd agregat VMA	21,386	19,522	21,808	21,468	19,839	26,129	25,115	25,059	26,651	25,084
r	% rongga terisi aspal	70,053	78,557	68,328	69,711	77,000	53,876	56,820	56,990	52,449	56,914
s	% rongga dlm campuran VIM	6,401	4,183	6,903	6,499	4,559	12,048	10,841	10,775	12,669	10,804
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	132	131	150	90	129	125	118	112	128	140
w	lbf	3913,84	3884,64	4438,29	2681,43	3826,22	3709,29	3504,39	3328,50	3796,99	4147,21
x	kg	1740,96	1727,97	1974,24	1192,75	1701,98	1649,96	1558,82	1480,58	1688,98	1844,76
y	koreksi (tebal)	0,997	0,987	1,011	1,001	0,976	0,972	1,024	1,031	0,896	0,904
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1734,87	1705,60	1996,01	1193,69	1660,83	1604,34	1595,90	1527,12	1513,87	1667,63
aa	Flow	1,9	2,3	2,2	2,0	2,3	2,1	2,6	2,2	2,4	2,3

Tabel 5.7 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 30 menit Pada Suhu 60°C

Prosentase Subtitusi		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	10,265	10,235	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,80	6,92	6,77	6,79	6,71	6,69	6,45	6,67	6,585	6,62
c	Tinggi 2 (cm)	6,71	6,98	6,79	6,79	6,7	6,655	6,41	6,67	6,57	6,62
d	Tinggi 3 (cm)	6,81	6,89	6,71	6,78	6,79	6,7	6,43	6,65	6,605	6,63
e	Tinggi rata-rata (mm)	67,73	69,30	67,57	67,87	67,33	66,82	64,30	66,63	65,87	66,23
f	% Plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
h	Berat sampel (gram)	1192,3	1196,1	1192,7	1191,9	1191,2	1182,9	1190,4	1185,0	1189,0	1193,0
I	Berat SSD (gram)	1200,8	1204,5	1200,1	1199,7	1198,1	1190,5	1199,9	1191,1	1194,9	1200,2
j	Berat dalam air (gram)	641,4	652,9	643,0	639,7	642,2	646,3	641,9	645,6	656,7	654,7
k	Isi (gram)	559,4	551,6	557,1	560	555,9	544,2	558	545,5	538,2	545,5
l	Berat isi	2,131	2,168	2,141	2,128	2,143	2,174	2,133	2,172	2,209	2,187
m	BJ maksimum teoritis	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	14,387	14,637	14,451	14,367	14,464	14,672	14,400	14,663	14,912	14,762
o	((100-g)*1)/bj agregat	75,496	76,807	75,833	75,390	75,901	76,993	75,565	76,946	78,253	77,465
p	Jumlah kandungan rongga (%)	10,117	8,556	9,716	10,244	9,635	8,335	10,035	8,391	6,835	7,773
q	% rongga thd agregat VMA	24,504	23,193	24,167	24,610	24,099	23,007	24,435	23,054	21,747	22,535
r	% rongga terisi aspal	58,712	63,110	59,797	58,377	60,020	63,772	58,931	63,602	68,570	65,508
s	% rongga dlm campuran VIM	10,114	8,552	9,712	10,240	9,631	8,332	10,032	8,388	6,832	7,769
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	132	112	125	119	121	120	91	130	112	101
w	lbf	3913,84	3328,50	3709,29	3533,68	3592,25	3562,97	2710,92	3855,43	3328,50	3005,38
x	kg	1740,96	1480,58	1649,96	1571,85	1597,90	1584,88	1205,87	1714,97	1480,58	1336,85
y	koreksi (tebal)	0,890	0,848	0,894	0,886	0,900	0,914	0,981	0,919	0,940	0,930
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1549	1255	1475	1393	1439	1449	1183	1577	1391	1243
aa	Flow	1,65	3,2	2,1	2,2	2,0	2,0	2,4	2,1	2,1	1,8

Tabel 5.8 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60°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	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
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	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal campuran	15,396	14,885	15,019	15,268	15,021	14,361	14,750	14,722	15,153	14,647
o	((100-g)*1)/bj agregat	80,791	78,111	78,815	80,118	78,826	75,358	77,399	77,255	79,514	76,860
p	Jumlah kandungan rongga (%)	3,813	7,00	6,17	4,61	6,15	10,28	7,85	8,02	5,33	8,49
q	% rongga thd agregat VMA	19,209	21,889	21,185	19,882	21,174	24,642	22,601	22,745	20,486	23,140
r	% rongga terisi aspal	80,148	68,004	70,896	76,792	70,943	58,277	65,261	64,726	73,964	63,298
s	% rongga dlm campuran VIM	3,810	7,000	6,162	4,611	6,149	10,278	7,848	8,020	5,330	8,489
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	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

Tabel 5.9 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		1,5 %									
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 dan plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
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)	545,30	545,90	546,80	539,40	540,90	539,40	544,80	544,80	540,10	538,10
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	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	14,673	14,740	14,709	14,902	14,809	14,844	14,710	14,727	14,784	14,663
o	((100-g)*1)/bj agregat	77,000	77,350	77,184	78,197	77,711	77,895	77,194	77,279	77,577	76,944
p	Jumlah kandungan rongga (%)	8,327	7,91	8,11	6,90	7,48	7,26	8,10	7,99	7,64	8,39
q	% rongga thd agregat VMA	23,000	22,650	22,816	21,803	22,289	22,105	22,806	22,721	22,423	23,056
r	% rongga terisi aspal	63,797	65,078	64,465	68,345	66,442	67,151	64,503	64,814	65,931	63,597
s	% rongga dlm campuran VIM	8,323	7,906	8,104	6,898	7,476	7,258	8,092	7,991	7,636	8,390
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	134	143	87	135	143	132	134	135	134	147
w	lbf	3972,22	4234,60	2592,94	4001,41	4234,60	3913,84	3972,22	4001,41	3972,22	4351,04
x	kg	1766,92	1883,64	1153,39	1779,91	1883,64	1740,96	1766,92	1779,91	1766,92	1935,43
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)	1509,78	1537,76	980,03	1538,84	1592,42	1529,18	1570,22	1532,56	1536,23	1679,29
aa	Flow	2,3	1,6	2,5	2,4	2,6	2,5	2,5	1,9	3,5	2,6

Tabel 5.10 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		2 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,23	10,20	10,20	10,26	10,30	10,23	10,24	10,24	10,25	10,24
b	Tinggi 1 (cm)	6,30	6,10	6,36	6,32	6,32	6,40	6,26	6,37	6,87	6,91
c	Tinggi 2 (cm)	6,25	6,18	6,42	6,39	6,33	6,35	6,38	6,32	6,87	6,90
d	Tinggi 3 (cm)	6,29	6,13	6,42	6,34	6,37	6,39	6,34	6,40	6,88	6,96
e	Tinggi rata-rata (mm)	62,80	61,37	64,00	63,50	63,40	63,80	63,27	63,63	68,73	69,23
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
h	Berat sampel (gram)	1185,3	1186,9	1191,8	1194,7	1190,5	1188,0	1193,1	1190,6	1194,7	1191,5
i	Berat SSD (gram)	1194,2	1197,3	1203,0	1202,8	1202,8	1196,7	1200,6	1198,2	1202,8	1199,2
j	Berat dalam air (gram)	645,3	650,6	649,3	654,6	648,0	653,0	657,3	656,7	654,6	663,3
k	Isi (gram)	548,90	546,70	553,70	548,20	554,80	543,70	543,30	541,50	548,20	535,90
l	Berat isi	2,159	2,171	2,152	2,179	2,146	2,185	2,196	2,199	2,179	2,223
m	BJ maksimum teoritis	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	14,576	14,654	14,529	14,710	14,484	14,749	14,823	14,841	14,710	15,008
o	((100-g)*1)/bj agregat	76,488	76,900	76,241	77,193	76,007	77,396	77,785	77,880	77,193	78,754
p	Jumlah kandungan rongga (%)	8,94	8,45	9,23	8,10	9,51	7,86	7,39	7,28	8,10	6,24
q	% rongga thd agregat VMA	23,512	23,100	23,759	22,807	23,993	22,604	22,215	22,120	22,807	21,246
r	% rongga terisi aspal	61,995	63,439	61,151	64,500	60,369	65,249	66,727	67,095	64,500	70,636
s	% rongga dlm campuran VIM	8,932	8,442	9,227	8,093	9,505	7,852	7,388	7,275	8,093	6,235
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	125	111	128	123	112	110	123	130	105	143
w	lbf	3709,29	3299,16	3796,99	3650,78	3328,50	3269,81	3650,78	3855,43	3122,98	4234,60
x	kg	1649,96	1467,53	1688,98	1623,94	1480,58	1454,48	1623,94	1714,97	1389,16	1883,64
y	koreksi (tebal)	1,020	1,056	0,989	1,002	1,004	0,994	1,008	0,998	0,863	0,850
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1682,20	1549,96	1670,03	1626,61	1486,81	1445,66	1636,31	1711,92	1198,56	1600,51
aa	Flow	2,4	2,3	2,1	2,5	2,3	2,8	2,5	2,8	2,6	2,5

Tabel 5.11 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		2,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,25	10,22	10,25	10,20	10,22	10,20	10,24	10,24	10,23	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,80	6,80	6,84	6,80	6,89	6,72	6,75	6,76	6,66	6,72
c	Tinggi 2 (cm)	6,80	6,78	6,84	6,90	6,94	6,81	6,72	6,73	6,70	6,73
d	Tinggi 3 (cm)	6,86	6,73	6,88	6,83	6,93	6,82	6,69	6,76	6,80	6,68
e	Tinggi rata-rata (mm)	68,20	67,70	68,53	68,43	69,20	67,83	67,20	67,50	67,20	67,10
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
h	Berat sampel (gram)	1190,0	1190,4	1185,3	1190,1	1188,1	1190,1	1193,4	1192,0	1192,5	1187,9
I	Berat SSD (gram)	1191,7	1198,6	1190,0	1195,2	1192,3	1195,0	1194,1	1192,2	1194,5	1194,1
j	Berat dalam air (gram)	640,5	619,5	629,0	634,8	626,7	631,4	689,0	688,3	691,5	652,3
k	Isi (gram)	551,20	579,10	561,00	560,40	565,60	563,60	505,10	503,90	503,00	541,80
l	Berat isi	2,159	2,056	2,113	2,124	2,101	2,112	2,363	2,366	2,371	2,193
m	BJ maksimum teoritis	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	14,573	13,875	14,262	14,335	14,179	14,253	15,948	15,967	16,003	14,799
o	((100-g)*1)/bj agregat	76,471	72,811	74,839	75,222	74,405	74,795	83,689	83,790	83,975	77,661
p	Jumlah kandungan rongga (%)	8,96	13,31	10,90	10,44	11,42	10,95	0,36	0,24	0,02	7,54
q	% rongga thd agregat VMA	23,529	27,189	25,161	24,778	25,595	25,205	16,311	16,210	16,025	22,339
r	% rongga terisi aspal	61,936	51,034	56,681	57,853	55,398	56,550	97,777	98,504	99,862	66,248
s	% rongga dlm campuran VIM	8,953	13,310	10,896	10,440	11,412	10,948	0,359	0,239	0,018	7,536
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	142	142	143	115	140	169	136	179	142	162
w	lbf	4205,48	4205,48	4234,60	3416,48	4147,21	4989,44	4030,58	5278,52	4205,48	4786,68
x	kg	1870,68	1870,68	1883,64	1519,72	1844,76	2219,40	1792,88	2347,99	1870,68	2129,21
y	koreksi (tebal)	0,877	0,890	0,868	0,871	0,851	0,887	0,904	0,896	0,904	0,907
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1640,61	1665,79	1635,19	1323,32	1569,08	1968,34	1620,73	2103,50	1691,06	1930,51
aa	Flow	2,7	2,4	2,2	2,4	2,3	2,1	2,4	2,8	2,4	2,8

Tabel 5.12 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		3 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10,24	10,25	10,22	10,24	10,24	10,23	10,21	10,24	10,22	10,24
b	Tinggi 1 (cm)	6,40	6,33	6,43	6,21	6,29	6,22	6,26	6,30	6,29	6,76
c	Tinggi 2 (cm)	6,35	6,32	6,40	6,21	6,37	6,26	6,27	6,27	6,22	6,74
d	Tinggi 3 (cm)	6,29	6,36	6,41	6,25	6,31	6,28	6,33	6,26	6,23	6,74
e	Tinggi rata-rata (mm)	63,47	63,37	64,13	62,23	63,23	62,53	62,87	62,77	62,47	67,47
f	% Aspal dan plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
h	Berat sampel (gram)	1190,4	1186,0	1185,3	1190,1	1188,1	1190,1	1188,0	1192,7	1190,4	1189,3
I	Berat SSD (gram)	1197,6	1190,9	1190,0	1195,2	1192,3	1195,0	1192,4	1198,4	1198,6	1196,6
j	Berat dalam air (gram)	619,5	649,5	629,0	634,8	626,7	631,4	683,2	686,1	619,5	631,0
k	Isi (gram)	578,10	541,4	561	560,4	565,6	563,6	509,2	512,3	579,1	565,6
l	Berat isi	2,059	2,191	2,113	2,124	2,101	2,112	2,333	2,328	2,056	2,103
m	BJ maksimum teoritis	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	13,899	14,787	14,262	14,335	14,179	14,253	15,748	15,715	13,875	14,193
o	((100-g)*1)/bj agregat	72,937	77,594	74,839	75,222	74,405	74,795	82,640	82,465	72,811	74,480
p	Jumlah kandungan rongga (%)	13,16	7,620	10,900	10,443	11,416	10,952	1,612	1,821	13,313	11,326
q	% rongga thd agregat VMA	27,063	22,406	25,161	24,778	25,595	25,205	17,360	17,535	27,189	25,520
r	% rongga terisi aspal	51,360	65,993	56,681	57,853	55,398	56,550	90,714	89,617	51,034	55,618
s	% rongga dlm campuran VIM	13,160	7,616	10,896	10,440	11,412	10,948	1,608	1,817	13,310	11,323
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	119	111	121	112	100	130	91	119	128	143
w	lbf	3533,68	3299,16	3592,25	3328,50	2975,97	3855,43	2710,92	3533,68	3796,99	4234,60
x	kg	1571,85	1467,53	1597,90	1480,58	1323,77	1714,97	1205,87	1571,85	1688,98	1883,64
y	koreksi (tebal)	1,002	1,005	0,985	1,034	1,008	1,026	1,018	1,020	1,028	0,897
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1575,78	1474,96	1574,47	1530,90	1334,98	1760,14	1227,38	1603,90	1736,33	1689,20
aa	Flow	2,0	2,6	1,7	2,2	1,8	2,1	2,1	2,4	2,7	3,0

Tabel 5.13 Perhitungan Marshall Test HRS-WC Dengan Subtitusi Plastik HDPE Direndam Dalam Water Bath 24 Jam Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		3,5 %									
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 dan plastik thd agregat	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55	7,55
g	% Aspal dan plastik thd campuran	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02	7,02
h	Berat sampel (gram)	1184,2	1186,5	1185,3	1190,1	1188,1	1190,1	1189,0	1191,6	1192,0	1191,4
l	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)	558,3	572,3	561	560,4	565,6	563,6	558,8	564,3	559,3	564,7
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	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
n	(g*1)/bj aspal)	14,317	13,994	14,262	14,335	14,179	14,253	14,362	14,254	14,386	14,241
o	((100-g)*1)/bj agregat	75,131	73,435	74,839	75,222	74,405	74,795	75,368	74,796	75,490	74,731
p	Jumlah kandungan rongga (%)	10,552	12,571	10,900	10,443	11,416	10,952	10,270	10,950	10,124	11,028
q	% rongga thd agregat VMA	24,869	26,565	25,161	24,778	25,595	25,205	24,632	25,204	24,510	25,269
r	% rongga terisi aspal	57,570	52,679	56,681	57,853	55,398	56,550	58,308	56,554	58,695	56,358
s	% rongga dlm campuran VIM	10,549	12,567	10,896	10,440	11,412	10,948	10,266	10,947	10,120	11,025
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	118	122	120	121	91	119	102	130	113	142
w	lbf	3504,39	3621,52	3562,97	3592,25	2710,92	3533,68	3034,79	3855,43	3357,83	4205,48
x	kg	1558,82	1610,92	1584,88	1597,90	1205,87	1571,85	1349,94	1714,97	1493,63	1870,68
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)	1402	1398	1423	1462	1101	1437	1230	1565	1382	1741
aa	Flow	2,1	1,9	3,1	2,1	2,1	2,2	1,9	3,1	3,6	2,1

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 % direndah dalam waterbath selama 30 menit.

Tabel 5.14 Data Stabilitas (Perendaman 30 Menit)

No Benda Uji	Stabilitas (a)	(a-X) ²
1	1870,674	101921,0
2	1686,863	18343,7
3	1637,092	7339,1
4	1550,624	0,6
5	1599,769	2337,3
6	1608,639	3273,6
7	1289,398	68657,6
8	1605,774	2953,9
9	1600,213	43098,1
10	1065,19	236422,7
Jumlah	15514,24	484347,7

$$\begin{aligned} X &= \frac{\sum_{n=1}^n Stabilitas(a)}{n} \\ &= \frac{15514,24}{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1551,42 \text{ kg} \\
 s &= \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^n (an-x)^2}{10-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{484347,7}{10-1}} \\
 &= 222,01851 \\
 P &= \frac{1}{2} (1 + 0,095) = 0,975 \\
 dk &= n - 1 = 10 - 1 = 9 \\
 t_{0,975} &= 2,262 \text{ (tabel student)}
 \end{aligned}$$

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

$t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 1870,67 - \left(2,262 x \frac{222,01851}{\sqrt{10}} \right) < \mu < 1870,67 + \left(2,262 x \frac{222,01851}{\sqrt{10}} \right) \\
 &= 1392,6123 < \mu < 1710,2351
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Di bawah 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	247,44603	0,975	9	2,262	1321,1944	$< \mu <$	1675,1943
Kadar Plastik 1,5%	1551,42	222,01851	0,975	9	2,262	1392,6123	$< \mu <$	1710,2351
Kadar Plastik 2%	1679,22	233,90663	0,975	9	2,262	1511,9	$< \mu <$	1846,5302
Kadar Plastik 2,5%	1796,09	322,40418	0,975	9	2,262	1565,4726	$< \mu <$	2026,7086
Kadar Plastik 3%	1619,99	202,29099	0,975	9	2,262	1475,2865	$< \mu <$	1764,6869
Kadar Plastik 3,5%	1395,41	131,35664	0,975	9	2,262	1301,4507	$< \mu <$	1489,3714

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
Stabilitas (Kg)	1434,0705	1870,674	1773,487	1556,23	1734,874	1548,71
	1379,2474	1686,863	1720,719	1622,83	1705,602	1255,49
	1461,7801	1637,092	1236,243	1683,24	1996,009	1475,19
	1426,1983	1550,624	1545,685	2240,73	1193,692	1392,63
	1664,3734	1599,769	1625,827	1626,14	1660,826	1438,72
	1735,3251	1608,639	1836,735	1947,99	1604,339	1449,10
	1339,8489	1289,398	1665,347	1745,59	1595,902	1182,98
	1020,2054	1605,774	2150,11	2446,52	1527,124	1576,52
	1600,213	1600,213	1545,184	1677,50	1513,873	1391,48
	1920,6812	1065,19	1692,814	1414,14	1667,626	1243,30
Jumlah Data yang Digunakan	10305,732	11288,97	13405,8	10303,28	13010,17	7147,113
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	7	7	8	6	8	5
Rata-rata Data yang Digunakan	1472,25	1612,71	1675,72	1717,21	1626,27	1429,42

 = 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	0,6657494	0,975	9	2,262	2,3337	$< \mu <$	3,2862
Kadar Plastik 1,5%	2,54	0,4971027	0,975	9	2,262	2,1844	$< \mu <$	2,8955
Kadar Plastik 2%	2,32	0,3392803	0,975	9	2,262	2,0773	$< \mu <$	2,5626
Kadar Plastik 2,5%	2,37	0,2406011	0,975	9	2,262	2,1978	$< \mu <$	2,5421
Kadar Plastik 3%	2,23	0,2002776	0,975	9	2,262	2,0867	$< \mu <$	2,3732
Kadar Plastik 3,5%	2,15	0,421637	0,975	9	2,262	1,8484	$< \mu <$	2,4516

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
Flow (mm)	2,4	2,8	2,3	3,0	1,9	1,7
	3,9	2,3	1,6	2,2	2,3	3,2
	2,2	2,3	2,5	2,3	2,2	2,1
	2,7	2,3	2,2	2,2	2	2,2
	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,0
	3	2,5	3	2,5	2,1	2,0
	2,6	2	2,3	2,3	2,6	2,4
	4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1
	2	3,8	2,4	2,2	2,4	2,1
	2,8	2,7	2,3	2,4	2,3	1,8
Jumlah Data yang Digunakan	16	19,6	18,6	20,7	13,4	14,85
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	8	8	9	6	7
Rata-rata Data yang Digunakan	2,67	2,45	2,33	2,30	2,23	2,12

 = 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%	3,068	3,0731004	0,975	9	2,262	1,815553	$< \mu <$	6,2119747
Kadar Plastik 1,5%	3,194	3,6291555	0,975	9	2,262	1,5280118	$< \mu <$	6,7199339
Kadar Plastik 2%	4,279	3,7482124	0,975	9	2,262	1,7529507	$< \mu <$	7,1151974
Kadar Plastik 2,5%	8,378	0,7025657	0,975	9	2,262	7,9047345	$< \mu <$	8,9098351
Kadar Plastik 3%	8,704	3,1801889	0,975	9	2,262	6,2935328	$< \mu <$	9,7852915
Kadar Plastik 3,5%	8,923	1,1533506	0,975	9	2,262	8,1352915	$< \mu <$	9,3579434

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
VIM (%)	4,414315	3,441977	0,9613508	8,784658	6,400836	10,11386512
	4,310714	2,632881	2,3749119	8,541693	4,182664	8,552285251
	2,721054	4,414315	2,9697631	9,001383	6,903342	9,712488128
	2,801437	4,310714	2,2502542	7,638037	6,498914	10,24029492
	2,712681	2,721054	9,2598695	8,252199	4,559441	9,63138321
	12,52559	1,644167	1,5727749	7,893274	12,04843	8,331712422
	2,854035	0,428066	0,2409127	7,992843	10,84125	10,03194256
	2,58925	0,623154	7,0728251	8,316572	10,77474	8,387819603
	2,843661	10,29947	6,7271672	9,948183	12,66941	6,831782768
	2,364906	10,72394	10,910911	7,704007	10,80443	7,769340748
Jumlah Data yang Digunakan	27,01156	19,16511	21,394921	41,88796438	52,22351	44,61568861
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	9	6	5	5	5	5
Rata-rata Data yang Digunakan	3,001285	3,194	4,279	8,378	8,704	8,923

0,9613508 = 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%	19,38	2,581115	0,975	9	2,262	17,534308	< μ <	21,226888
Kadar Plastik 1,5%	19,47	3,048149	0,975	9	2,262	17,2928	< μ <	21,653526
Kadar Plastik 2%	19,73	3,1481456	0,975	9	2,262	17,481728	< μ <	21,98551
Kadar Plastik 2,5%	23,07	0,5900891	0,975	9	2,262	22,648647	< μ <	23,492837
Kadar Plastik 3%	23,21	2,6710593	0,975	9	2,262	21,295389	< μ <	25,116645
Kadar Plastik 3,5%	23,54	0,9687	0,975	9	2,262	22,842	< μ <	24,228

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
VMA (%)	19,717023	18,90035	16,81686	23,3877	21,3855	24,5041
	19,630008	18,22079	18,00412	23,1836	19,5225	23,1925
	18,294843	19,71702	18,50374	23,5697	21,8076	24,1670
	18,362357	19,63001	17,89942	22,4246	21,4679	24,6103
	18,287811	18,29484	23,78683	22,9405	19,8389	24,0989
	26,529729	17,39036	17,3304	22,6390	26,1290	23,0073
	18,406535	16,36895	16,21176	22,7226	25,1150	24,4353
	18,18414	16,53281	21,94992	22,9946	25,0592	23,0544
	18,397821	24,66	21,6596	24,3650	26,6505	21,7475
	17,995712	25,01651	25,17355	22,4801	25,0841	22,5349
Jumlah Data yang Digunakan	167,7	112,1534	98,01679	115,229018	139,9193	117,52
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	9	6	5	5	6	5
Rata-rata Data yang Digunakan	18,63	18,69	19,60	23,05	23,32	23,50

 = 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	161,842	0,975	9	2,262	448,6811	$< \mu <$	680,21543
Kadar Plastik 1,5%	625,59	118,275	0,975	9	2,262	540,98493	$< \mu <$	710,19161
Kadar Plastik 2%	740,15	163,319	0,975	9	2,262	623,32272	$< \mu <$	856,97036
Kadar Plastik 2,5%	766,73	166,8182	0,975	9	2,262	647,40808	$< \mu <$	886,06061
Kadar Plastik 3%	730,86	109,887	0,975	9	2,262	652,26081	$< \mu <$	809,4673
Kadar Plastik 3,5%	672,35	147,35	0,975	9	2,262	566,95	$< \mu <$	777,75

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
Marshall Quotient (kg/mm)	597,5294	668,098	771,0812	518,74	913,0913	938,61
	353,6532	733,4186	1075,45	737,65	741,566	392,34
	664,4455	711,7792	494,4972	731,84	907,2768	702,47
	528,2216	674,1845	702,5841	1018,51	596,8461	633,01
	665,7494	695,5518	706,8812	707,02	722,0984	719,36
	578,4417	643,4557	612,2449	779,20	763,9711	724,55
	515,3265	644,6989	724,064	758,95	613,8086	492,91
	255,0513	669,0723	934,8306	1063,70	694,1471	750,73
	800,1065	421,1087	643,8267	762,50	630,7802	678,77
	685,9576	394,515	736,0059	589,23	725,0549	690,72
Jumlah Data yang Digunakan	3549,714	3995,061	4284,443	4477,156	3646,838	4899,6091
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	6	6	6	5	7
Rata-rata Data yang Digunakan	591,619	665,84	714,07	746,19	729,37	699,94

 = 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	184,14254	0,975	9	2,262	1304,3078	$< \mu <$	1567,7448
Kadar Plastik 1,5%	1500,63	189,22006	0,975	9	2,262	1365,2787	$< \mu <$	1635,9797
Kadar Plastik 2%	1560,86	153,18167	0,975	9	2,262	1451,284	$< \mu <$	1670,4279
Kadar Plastik 2,5%	1714,81	226,08985	0,975	9	2,262	1553,0897	$< \mu <$	1876,5371
Kadar Plastik 3%	1550,80	169,55124	0,975	9	2,262	1429,5208	$< \mu <$	1672,0832
Kadar Plastik 3,5%	1414,14	171,9327	0,975	9	2,262	1291,1547	$< \mu <$	1537,1241

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
Stabilitas (Kg)	1429,65	1509,776	1682,199	1640,612	1575,78	1402,125
	1005,61	1537,759	1549,955	1665,79	1474,96	1397,733
	1311,43	980,0281	1670,028	1635,191	1574,47	1422,707
	1572,55	1538,836	1626,606	1323,323	1530,90	1462,159
	1404,12	1592,418	1486,808	1569,076	1334,98	1101,153
	1454,72	1529,177	1445,656	1968,336	1760,14	1436,768
	1624,92	1570,22	1636,311	1620,73	1227,38	1229,794
	1395,77	1532,557	1711,92	2103,504	1603,90	1565,429
	1530,00	1536,227	1198,563	1691,058	1736,33	1382,423
	1631,50	1679,293	1600,514	1930,514	1689,20	1741,102
Jumlah Data yang Digunakan	8525,69	12346,97	9570,22	9822,46	7760,00	8503,92
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	8	6	6	5	6
Rata-rata Data yang Digunakan	1420,948	1543,37	1595,04	1637,08	1552,00	1417,32

1682,199 = 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	0,8085653	0,975	9	2,262	2,2816274	$< \mu <$	3,4383726
Kadar Plastik 1,5%	2,46	0,5057722	0,975	9	2,262	2,0932175	$< \mu <$	2,8167825
Kadar Plastik 2%	2,48	0,2251543	0,975	9	2,262	2,3139455	$< \mu <$	2,6360545
Kadar Plastik 2,5%	2,45	0,2338684	0,975	9	2,262	2,2777122	$< \mu <$	2,6122878
Kadar Plastik 3%	2,26	0,4139579	0,975	9	2,262	1,958893	$< \mu <$	2,551107
Kadar Plastik 3,5%	2,42	0,5963081	0,975	9	2,262	1,9884565	$< \mu <$	2,8415435

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
Flow (mm)	2,3	2,3	2,4	2,7	2,0	2,1
	4,3	1,6	2,25	2,4	2,6	1,9
	2,3	2,5	2,1	2,2	1,7	3,1
	3,9	2,4	2,5	2,4	2,2	2,1
	2,1	2,6	2,3	2,3	1,8	2,1
	2,8	2,5	2,8	2,1	2,1	2,2
	2,9	2,5	2,5	2,4	2,1	1,9
	3,1	1,85	2,8	2,8	2,4	3,1
	3,2	3,5	2,4	2,4	2,7	3,55
	1,7	2,6	2,5	2,75	3,0	2,1
Jumlah Data yang Digunakan	16,6	17,4	12,3	11,9	10,75	10,6
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	6	7	5	5	5	5
Rata-rata Data yang Digunakan	2,77	2,49	2,46	2,38	2,15	2,12

= 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%	6,77	1,9519708	0,975	9	2,262	5,3734333	$< \mu <$	8,1659509
Kadar Plastik 1,5%	7,81	0,4813864	0,975	9	2,262	7,4632224	$< \mu <$	8,1519007
Kadar Plastik 2%	8,10	0,9877499	0,975	9	2,262	7,397688	$< \mu <$	8,8107772
Kadar Plastik 2,5%	7,41	5,1946321	0,975	9	2,262	3,6954652	$< \mu <$	11,126981
Kadar Plastik 3%	9,25	4,2696304	0,975	9	2,262	6,1990462	$< \mu <$	12,307241
Kadar Plastik 3,5%	10,92	0,6995355	0,975	9	2,262	10,416729	$< \mu <$	11,417494

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
VIM (%)	3,8098	8,3233	8,9322	8,9526	13,1600	10,54862
	7,0002	7,9064	8,4423	13,3100	7,6161	12,56735
	6,1622	8,1043	9,2266	10,8964	10,8964	10,89644
	4,6105	6,8983	8,0928	10,4398	10,4398	10,43982
	6,1492	7,4762	9,5054	11,4123	11,4123	11,41234
	10,2779	7,2580	7,8518	10,9483	10,9483	10,94832
	7,8478	8,0921	7,3881	0,3590	1,6085	10,2664
	8,0196	7,9914	7,2750	0,2388	1,8170	10,94669
	5,3304	7,6358	8,0928	0,0184	13,3100	10,12041
	8,4894	8,3898	6,2352	7,5365	11,3229	11,02471
Jumlah Data yang Digunakan	35,179	47,206	32,480	39,821	62,636	65,668
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	5	6	4	5	6	7
Rata-rata Data yang Digunakan	7,04	7,87	8,12	9,75	10,44	10,89

 = 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%	21,70	1,6394717	0,975	9	2,262	20,522592	$< \mu <$	22,868044
Kadar Plastik 1,5%	22,57	0,4043192	0,975	9	2,262	22,277818	$< \mu <$	22,856243
Kadar Plastik 2%	22,82	0,8296169	0,975	9	2,262	22,222776	$< \mu <$	23,409638
Kadar Plastik 2,5%	22,23	4,3630019	0,975	9	2,262	19,113257	$< \mu <$	25,355031
Kadar Plastik 3%	23,78	3,5860876	0,975	9	2,262	21,216029	$< \mu <$	26,346338
Kadar Plastik 3,5%	25,18	0,587544	0,975	9	2,262	24,758486	$< \mu <$	25,599035

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
VMA (%)	19,20927	23,0002	23,51165	23,5288	27,0626	24,8693
	21,88889	22,6501	23,10019	27,1886	22,4063	26,5648
	21,18506	22,8163	23,75891	25,1614	25,1614	25,1614
	19,88182	21,8034	22,80662	24,7779	24,7779	24,7779
	21,17414	22,2887	23,99307	25,5947	25,5947	25,5947
	24,64192	22,1054	22,60421	25,2050	25,2050	25,2050
	22,60083	22,8060	22,21473	16,3109	17,3604	24,6322
	22,74512	22,7215	22,11969	16,2100	17,5355	25,2036
	20,48644	22,4228	22,80662	16,0249	27,1886	24,5096
	23,13969	23,0560	21,24638	22,3393	25,5196	25,2691
Jumlah Data yang Digunakan	109,8	135,7053	91,31763	121,0124	148,6648	176,081
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	5	6	4	5	6	7
Rata-rata Data yang Digunakan	21,96	22,62	22,83	24,20	24,78	25,15

 = 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	190,02503	0,975	9	2,262	410,6155	$< \mu <$	682,465
Kadar Plastik 1,5%	641,62	164,15296	0,975	9	2,262	524,19595	$< \mu <$	759,03554
Kadar Plastik 2%	636,55	93,460179	0,975	9	2,262	569,7011	$< \mu <$	703,40658
Kadar Plastik 2,5%	704,90	101,20152	0,975	9	2,262	632,51425	$< \mu <$	777,29461
Kadar Plastik 3%	703,02	120,40978	0,975	9	2,262	616,88792	$< \mu <$	789,1479
Kadar Plastik 3,5%	610,67	136,47985	0,975	9	2,262	513,04648	$< \mu <$	708,29652

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

	Kadar Plastik (%)					
	0	1,5	2	2,5	3	3,5
Marshall Quotient (kg/mm)	621,5878	656,4242	700,9162	607,6339	787,888	667,6787
	233,8617	961,0995	688,869	694,0792	567,290	735,6492
	570,1883	392,0112	795,2512	743,2688	926,158	458,9376
	403,2168	641,1819	650,6422	551,3847	695,863	696,2661
	668,6272	612,4683	646,4383	682,207	741,657	524,3584
	519,5423	611,6708	516,3057	937,3027	838,161	653,0763
	560,3182	628,0881	654,5243	675,3041	598,720	647,2602
	450,2474	828,4093	611,4	751,2513	668,291	504,9772
	478,1243	438,9221	460,9856	704,6074	643,085	389,415
	959,7082	645,8821	640,2058	702,0052	563,065	829,0962
Jumlah Data yang Digunakan	3868,64	3795,72	4593,00	4952,72	3536,78	3188,64
Banyaknya Pengamatan yang Digunakan	7	6	7	7	5	5
Rata-rata Data yang Digunakan	552,66	632,62	656,14	707,53	707,36	637,73

= 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 :

$$\text{Indeks Perendaman} = \frac{\text{Stabilitas pada rendaman 24 jam, suhu } 60^{\circ}\text{C}}{\text{Stabilitas pada rendaman 30 menit, suhu } 60^{\circ}\text{C}}$$

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 5.35. Data Indeks Perendaman

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (30 menit)	Stabilitas (24 jam)	Indeks Perendaman (%)	Syarat
0	1472,25	1420,95	97	> 85%
1,5	1612,71	1543,37	96	
2	1675,72	1595,04	95	
2,5	1717,21	1637,08	95	
3	1620,36	1552,00	96	
3,5	1429,42	1417,32	99	

5.2.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

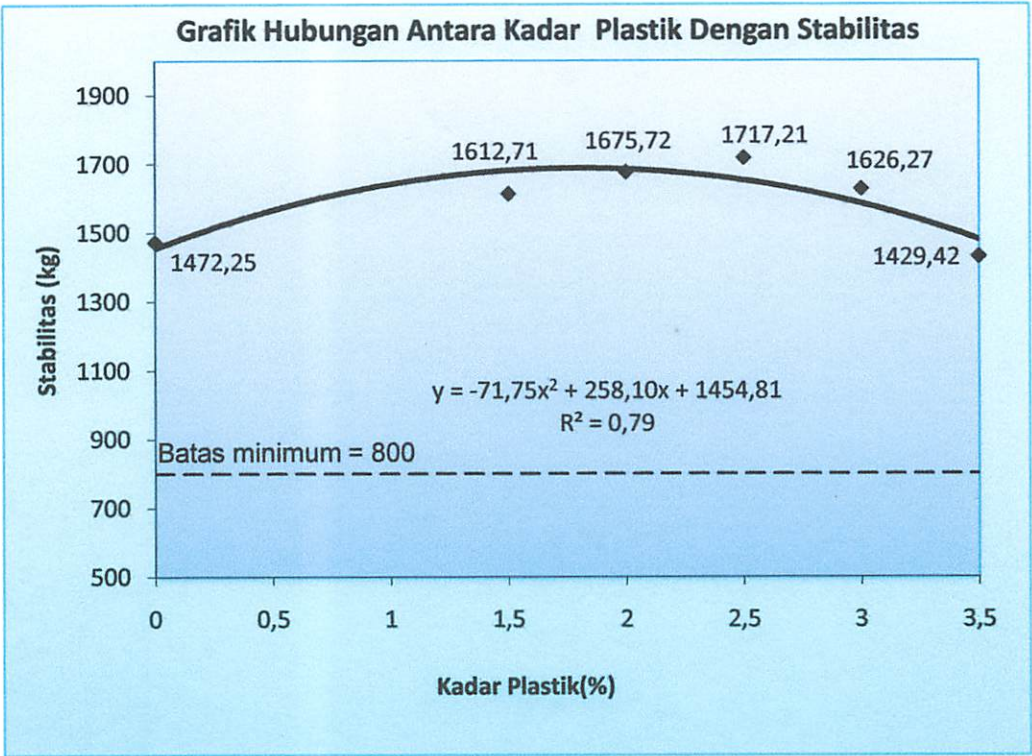
5.2.2.1. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel 2007

Berdasarkan dari tabel 5.15 sampai 5.35. diatas dapat diplotkan data dalam grafik yng menunjukkan hubungan antara lain :

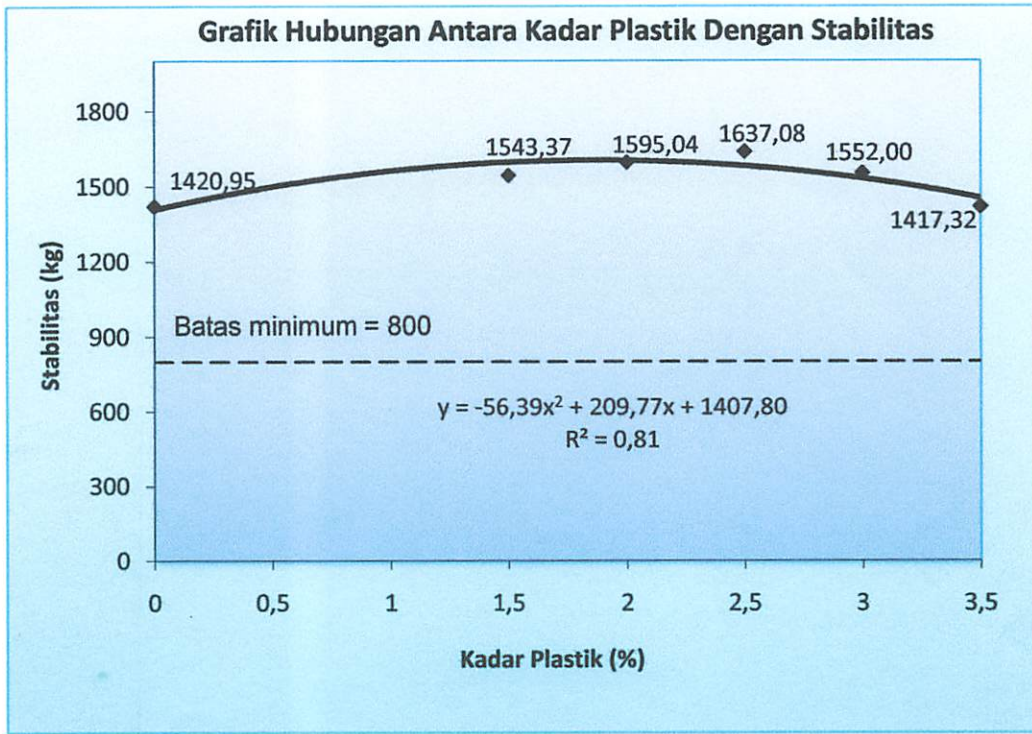
- Antara kadar aspal dengan Stabilitas
- Antara kadar aspal dengan Flow
- Antara kadar aspal dengan VIM
- Antara kadar aspal dengan VMA
- Antara kadar aspal dengan Marshall Quotient
- Antara kadar aspal dengan Indeks Perendaman

Perhitungan mencari kadar aspal optimum didasarkan pada hasil dari perhitungan parameter Marshall yang digambarkan dalam grafik di bawah ini :

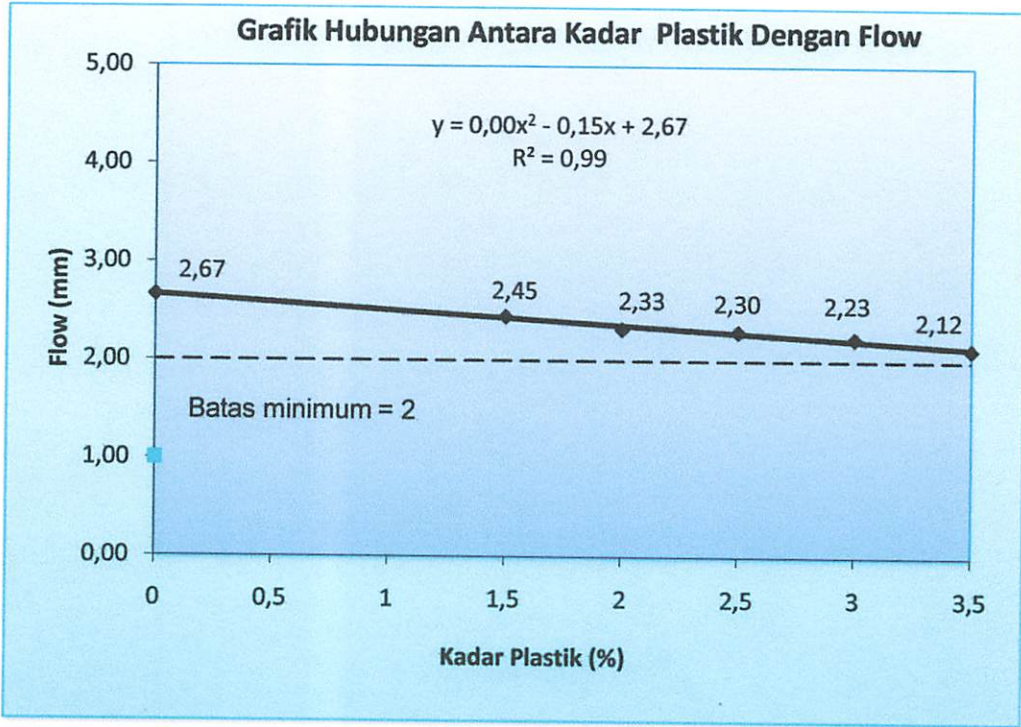
Grafik 5.1. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)



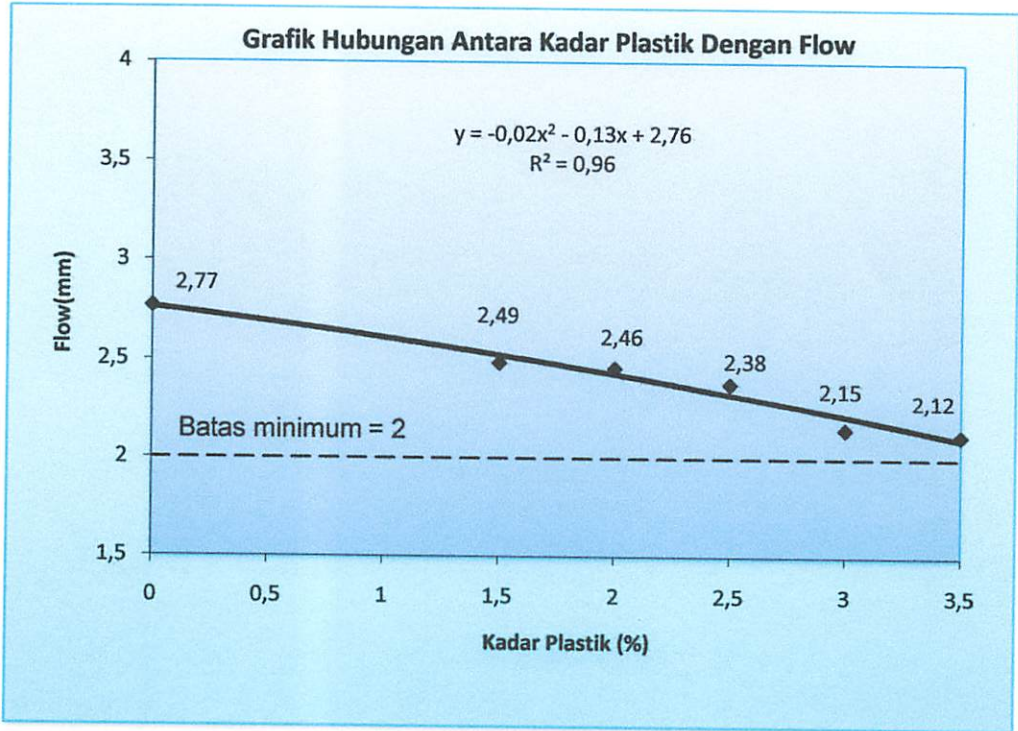
Grafik 5.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)



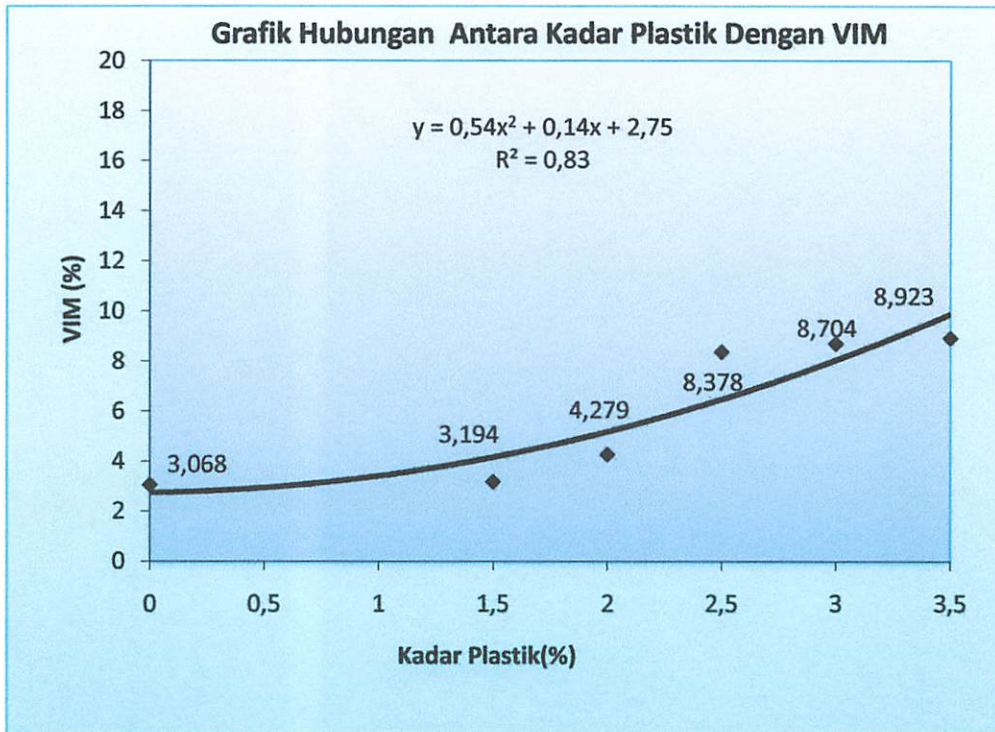
Grafik 5.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan Flow (Perendaman 30 menit)



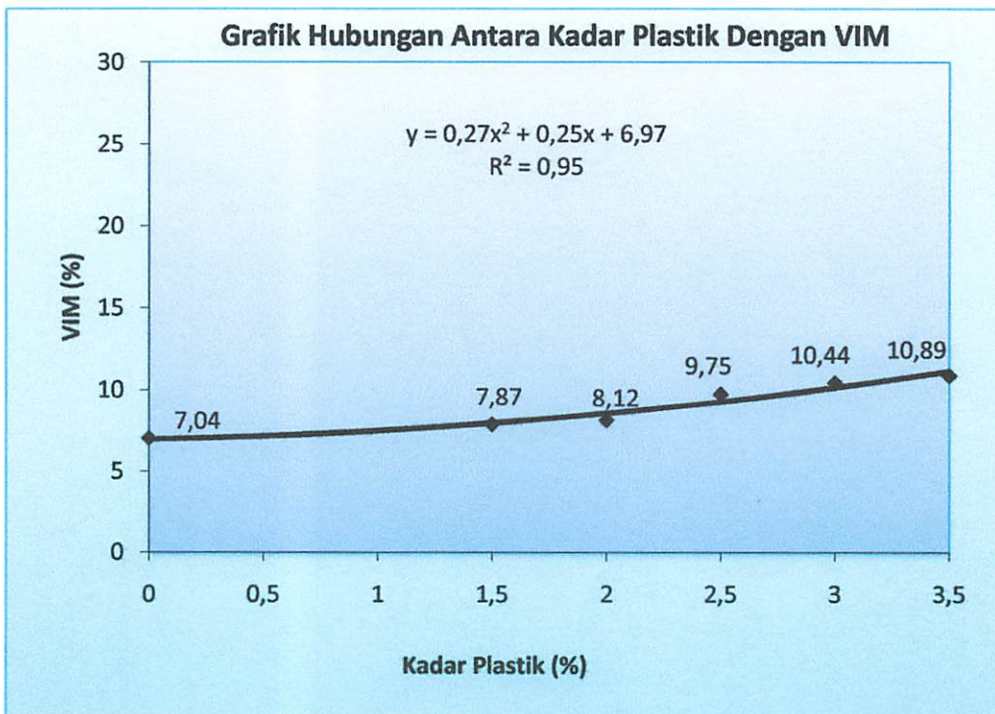
Grafik 5.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan Flow (Perendaman 24 jam)



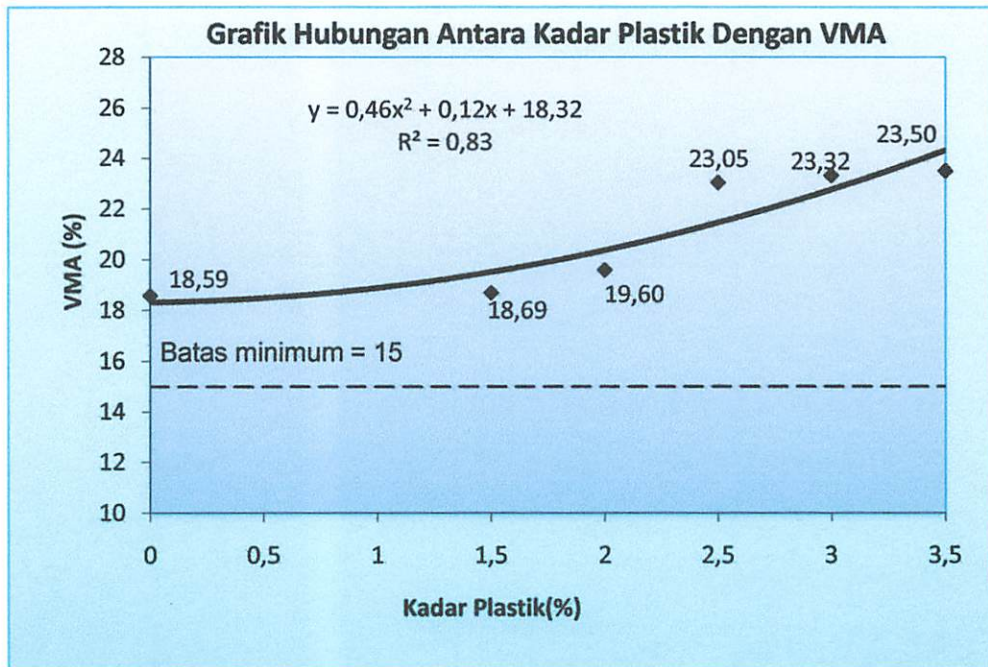
Grafik 5.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan VIM (Perendaman 30 menit)



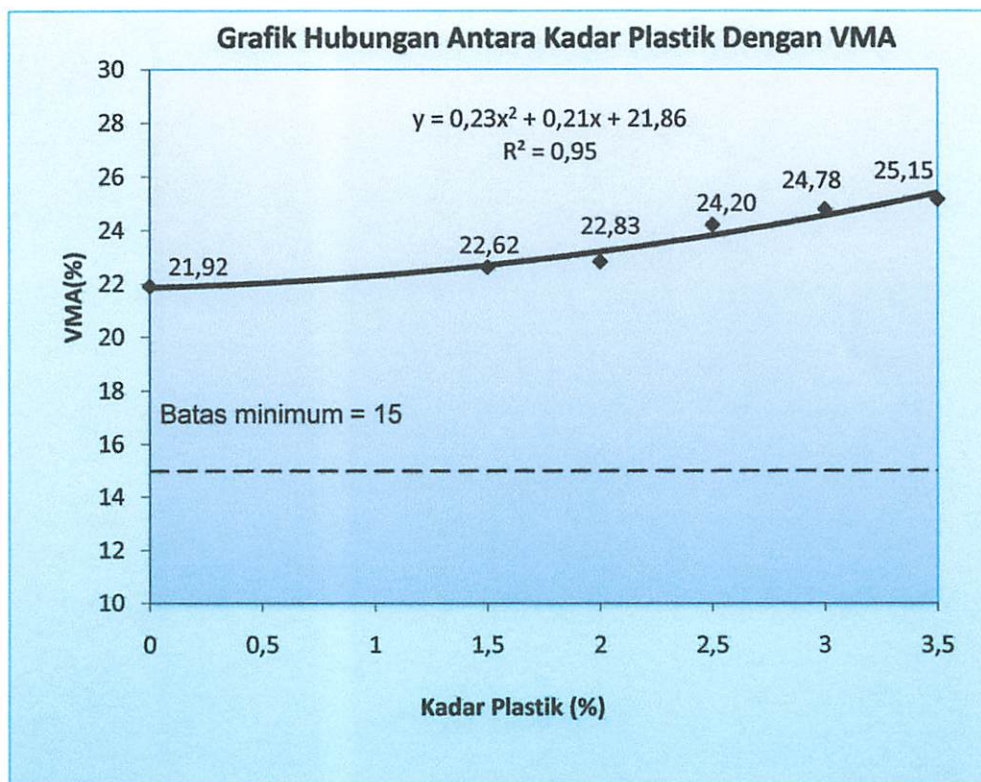
Grafik 5.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan VIM (Perendaman 24 jam)



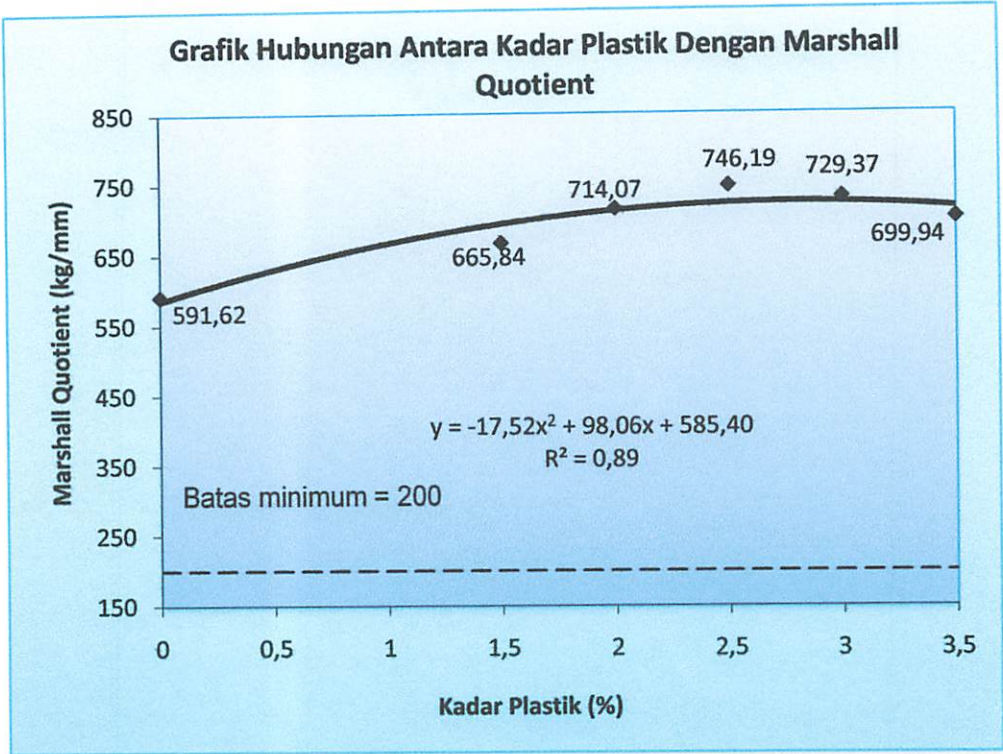
Grafik 5.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan VMA (Perendaman 30 menit)



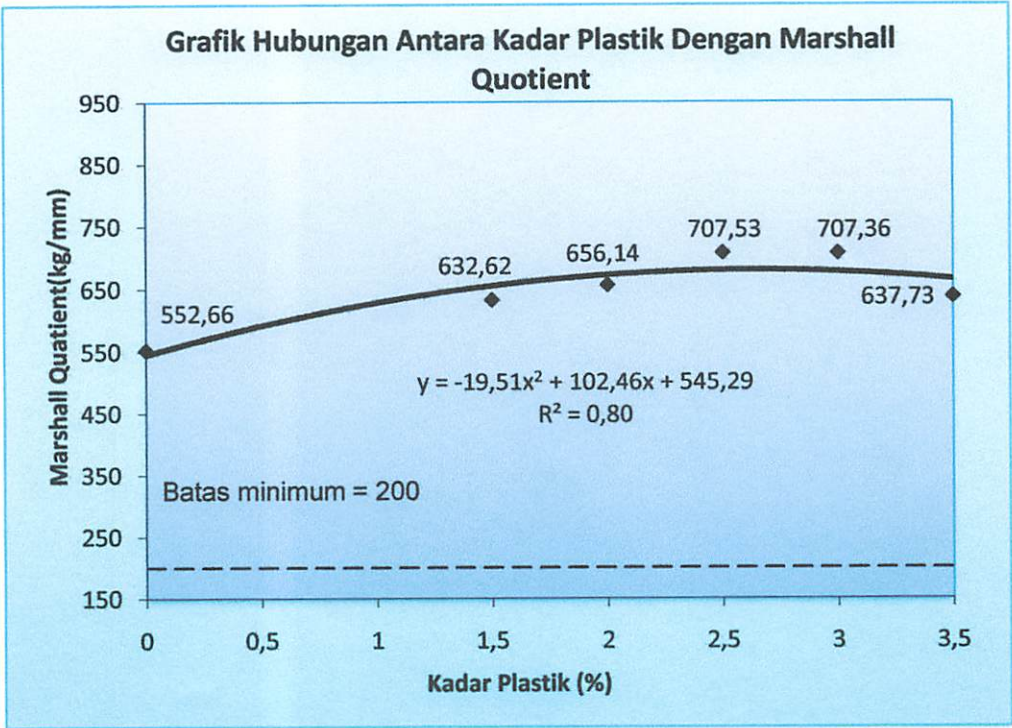
Grafik 5.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan VMA (Perendaman 24 jam)



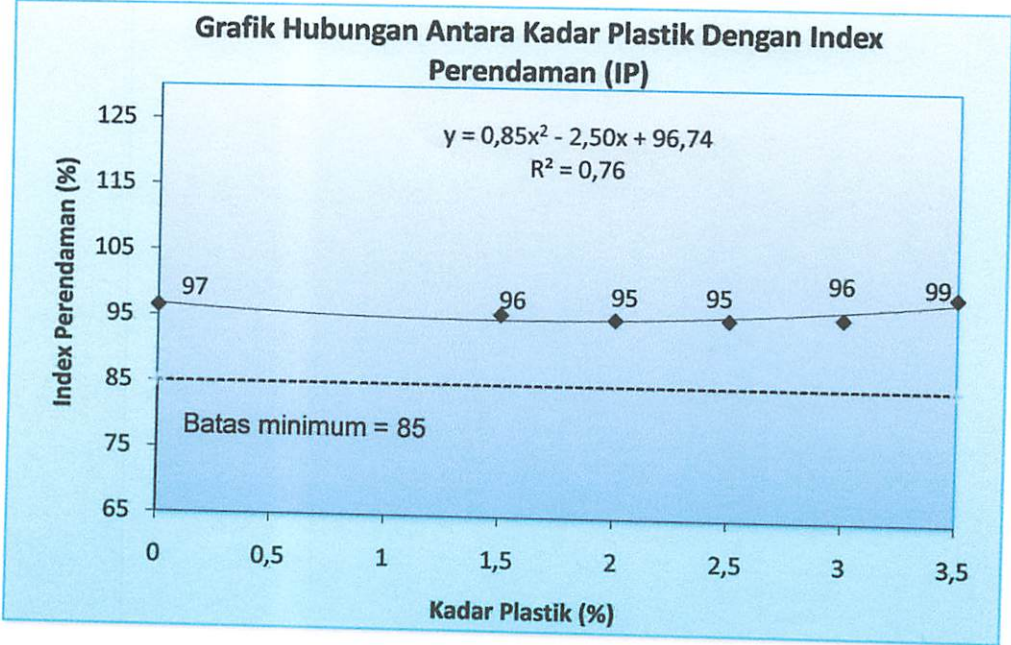
Grafik 5.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)



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



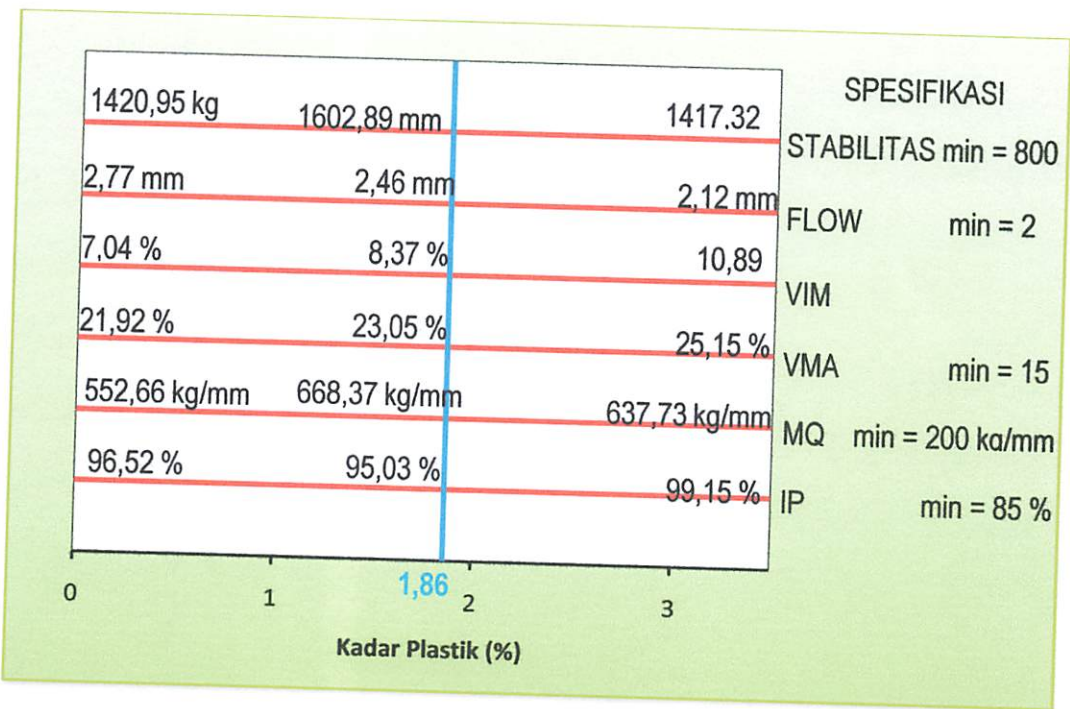
Grafik 5.11. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Substitusi Plastik dengan Indeks Perendaman (IP)



5.2.2.2.Kadar Plastik Optimum

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh Kadar Plastik Optimum sebagai berikut :

Grafik 5.12 Diagram Batang Hubungan Kadar Plastik Dengan Parameter Marshall



Dari grafik 5.2 diperoleh fungsi $y = -56,39x^2 + 209,77x + 1407,80$. Untuk mendapatkan nilai y maksimum maka :

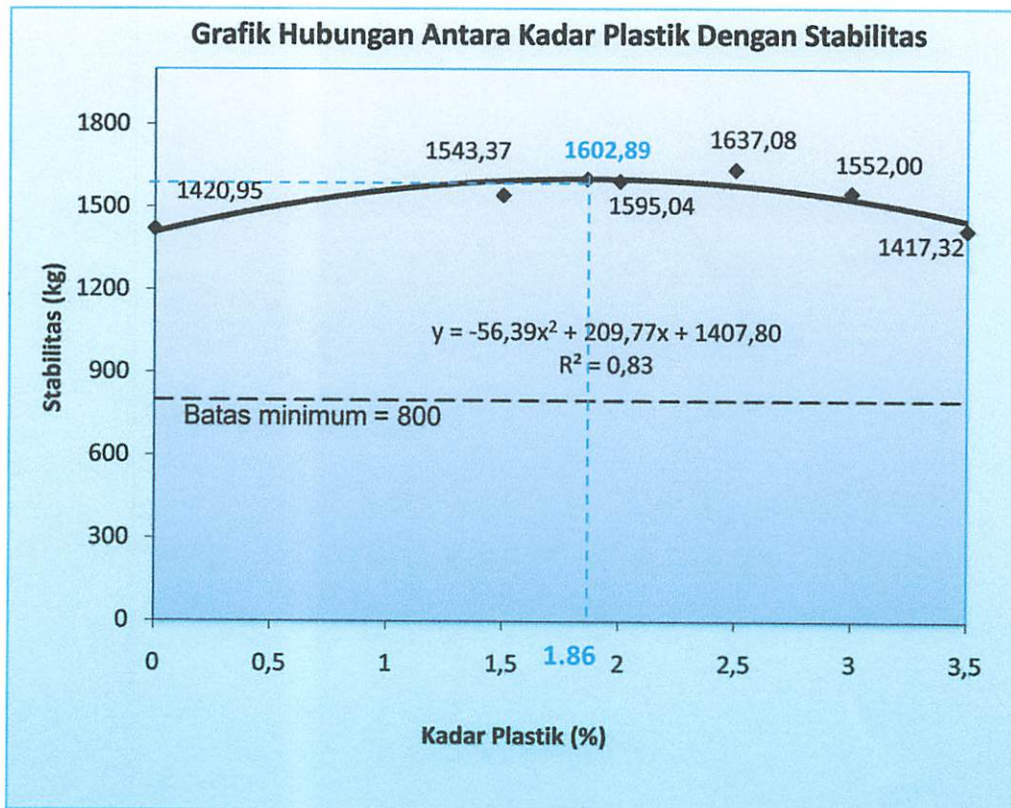
$$y = -56,39x^2 + 209,77x + 1407,80$$

$$\frac{dy}{dx} = 2 \times (-56,39x) + 209,77$$

$$0 = -112,78x + 209,77$$

$$x = \frac{-209,77}{-112,78} = 1,86$$

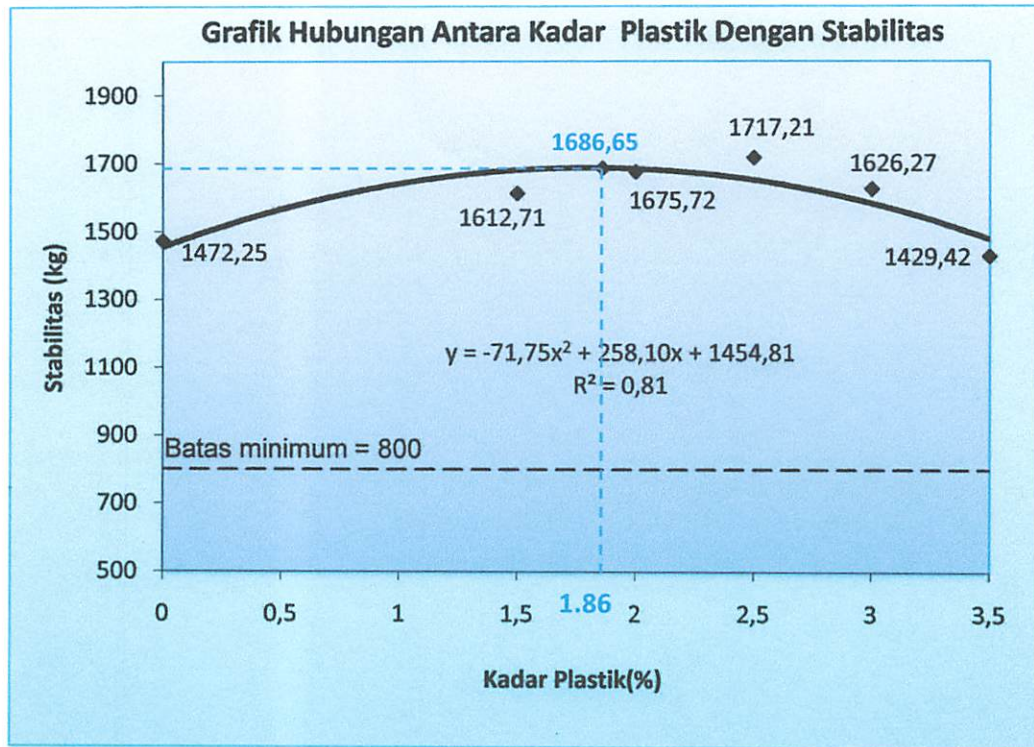
Grafik 5.13 Nilai Optimum Stabilitas (Perendaman 24 jam)



Perhitungan : $y = -56,39(1,86)^2 + 209,77(1,86) + 1407,80$

$$y = 1602,885$$

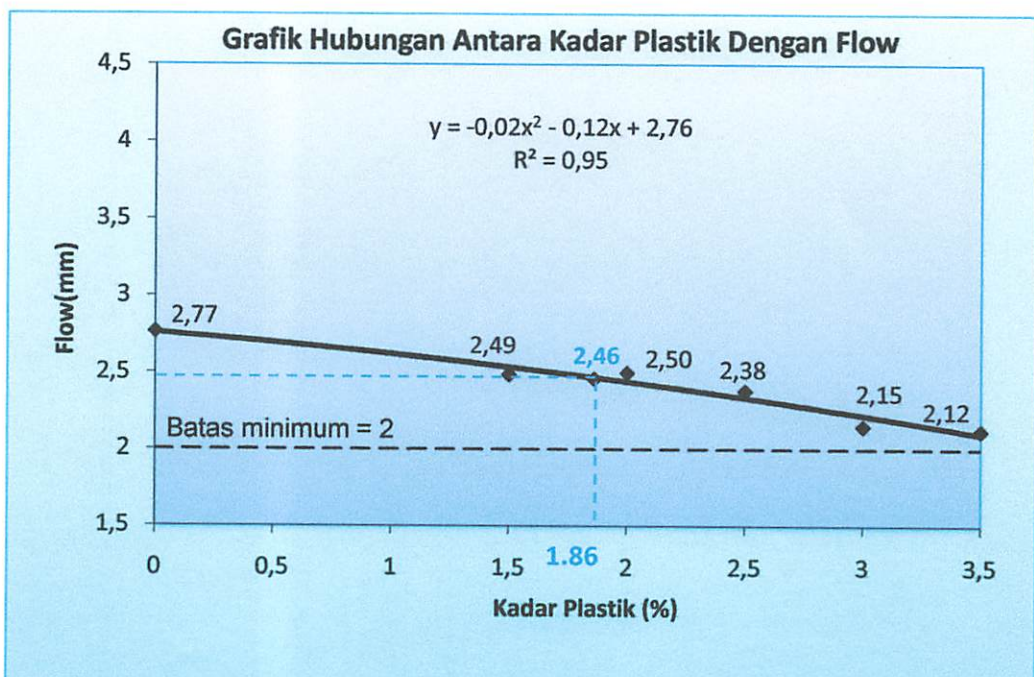
Grafik 5.14 Nilai Optimum Stabilitas (Perendaman 30 menit)



Perhitungan : $y = -71,75(1,86)^2 + 258,10(1,86) + 1454,81$

$$y = 1686,03$$

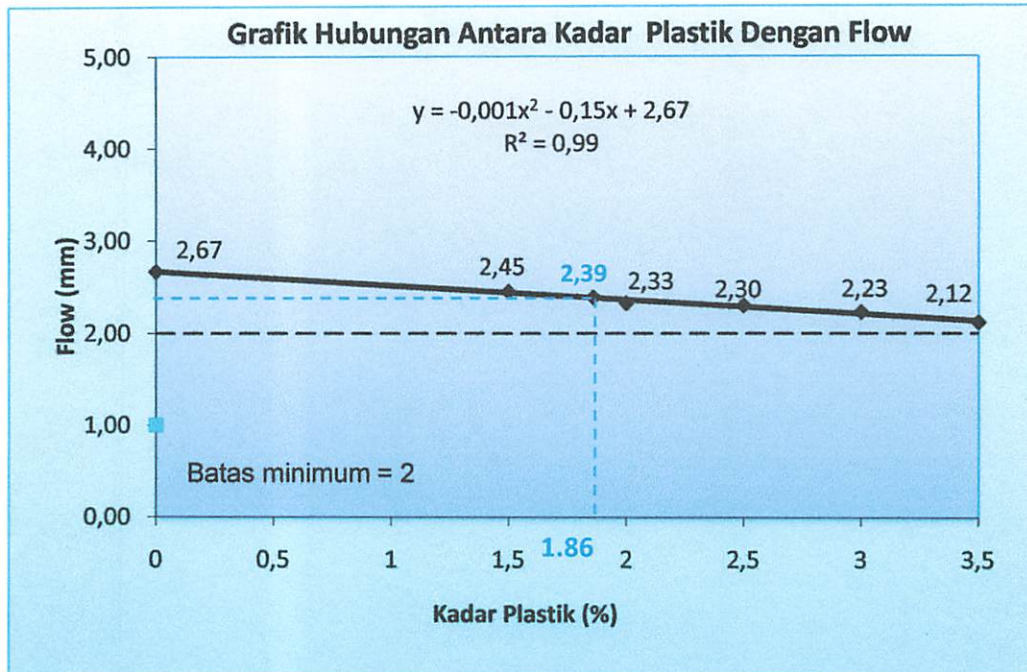
Grafik 5.15 Nilai Optimum Flow (Perendaman 24 jam)



Perhitungan : $y = -0,02(1,86)^2 - 0,12(1,86) + 2,76$

$y = 2.47$

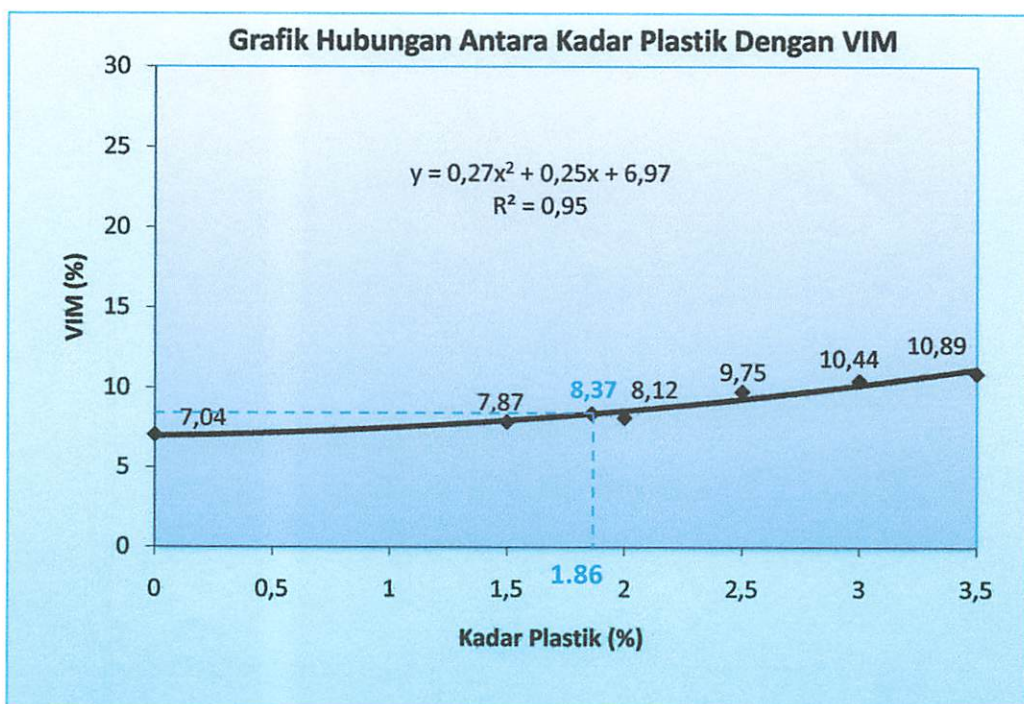
Grafik 5.16 Nilai Optimum Flow (Perendaman 30 menit)



Perhitungan : $y = -0,00(1,86)^2 - 0,15(1,86) + 2,67$

$y = 2,39$

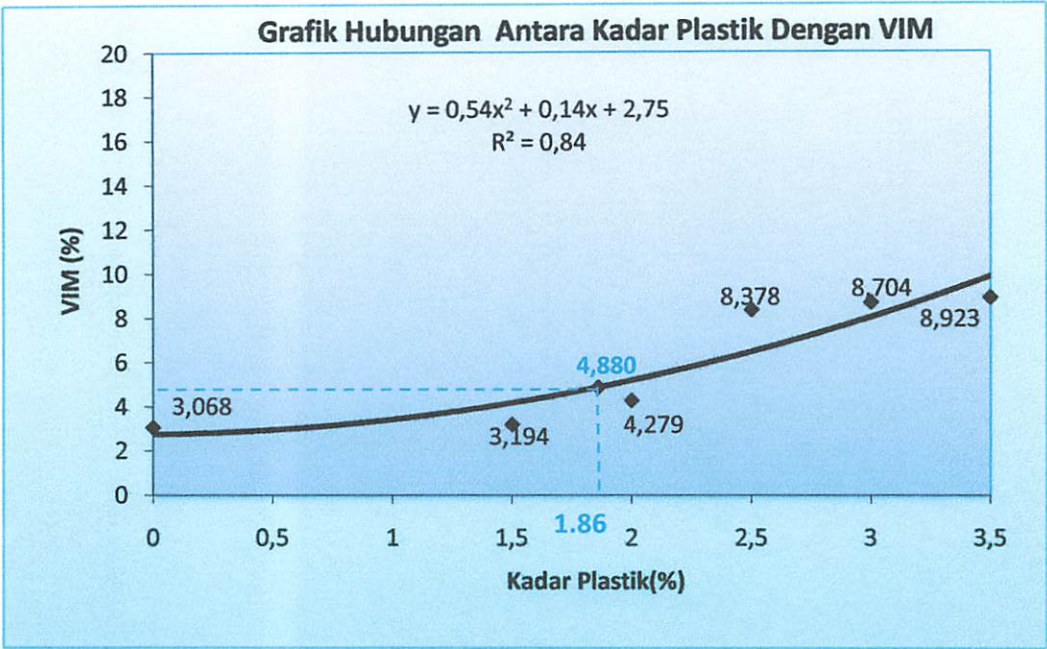
Grafik 5.17 Nilai Optimum VIM (Perendaman 24 jam)



Perhitungan : $y = 0,27(1,86)^2 + 0,25(1,86) + 6,97$

$y = 8,37$

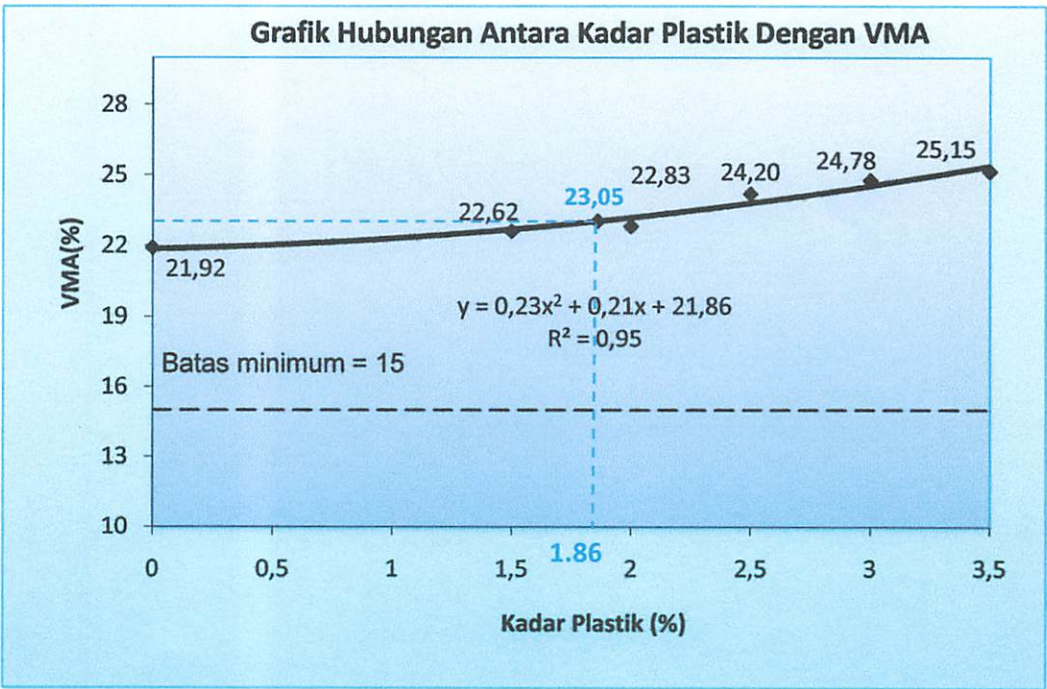
Grafik 5.18 Nilai Optimum VIM (Perendaman 30 menit)



Perhitungan : $y = 0,54(1,86)^2 + 0,14(1,86) + 2,75$

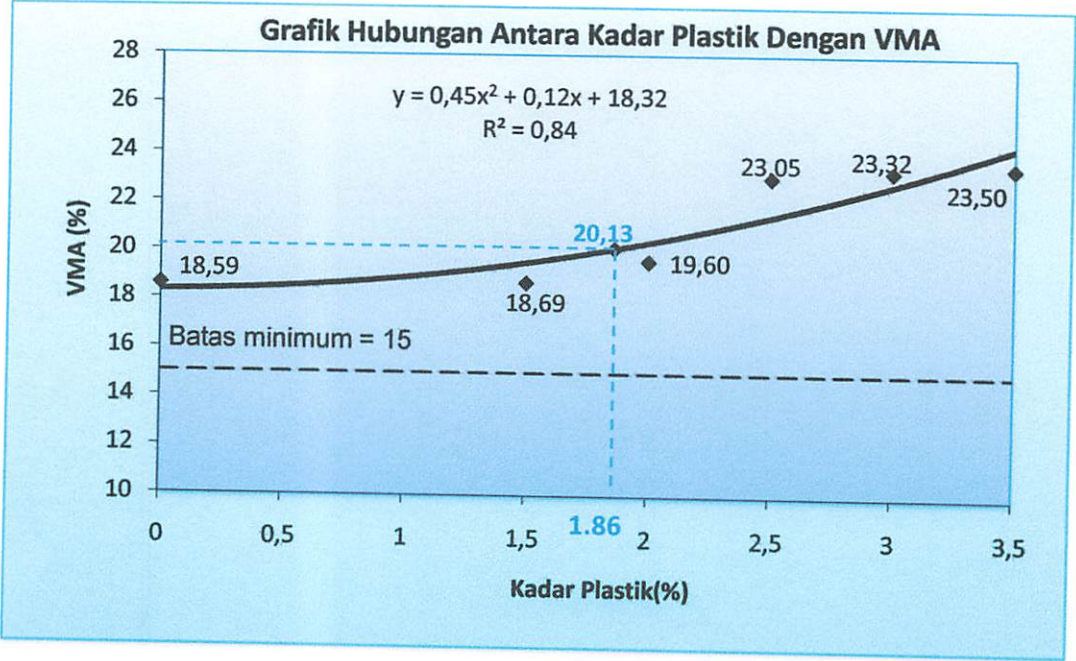
$y = 4,88$

Grafik 5.19 Nilai Optimum VMA (Perendaman 24 jam)



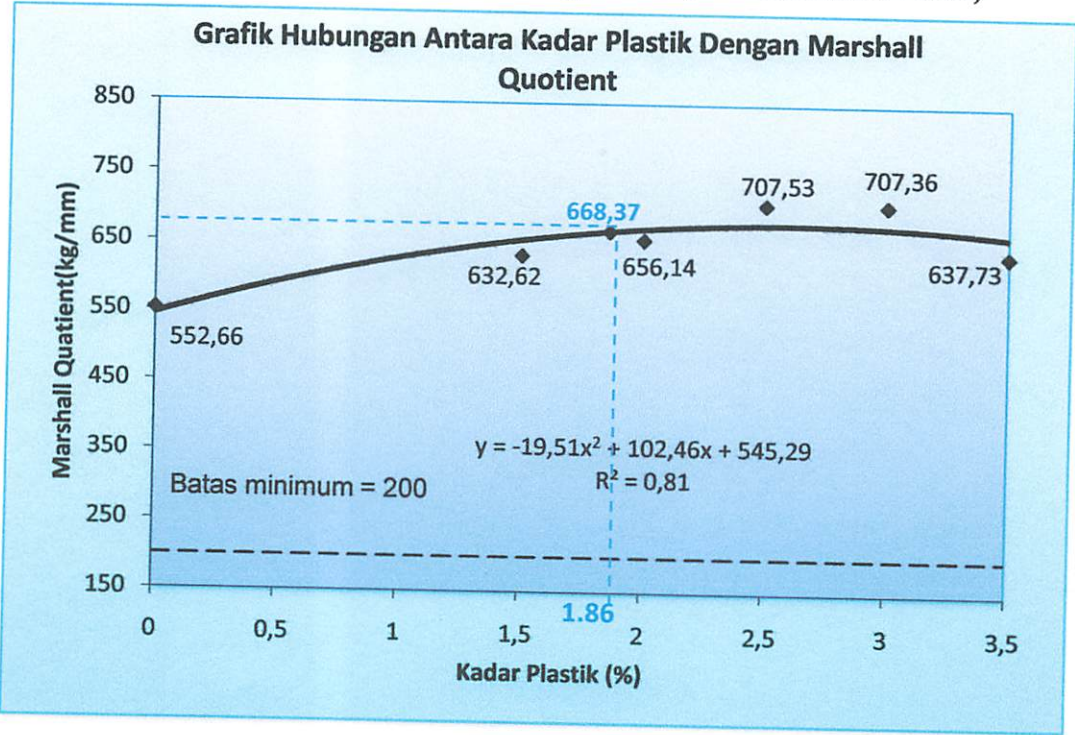
Perhitungan : $y = 0,23(1,86)^2 + 0,21(1,86) + 21,86$
 $y = 23,05$

Grafik 5.20 Nilai Optimum VMA (Perendaman 30 menit)



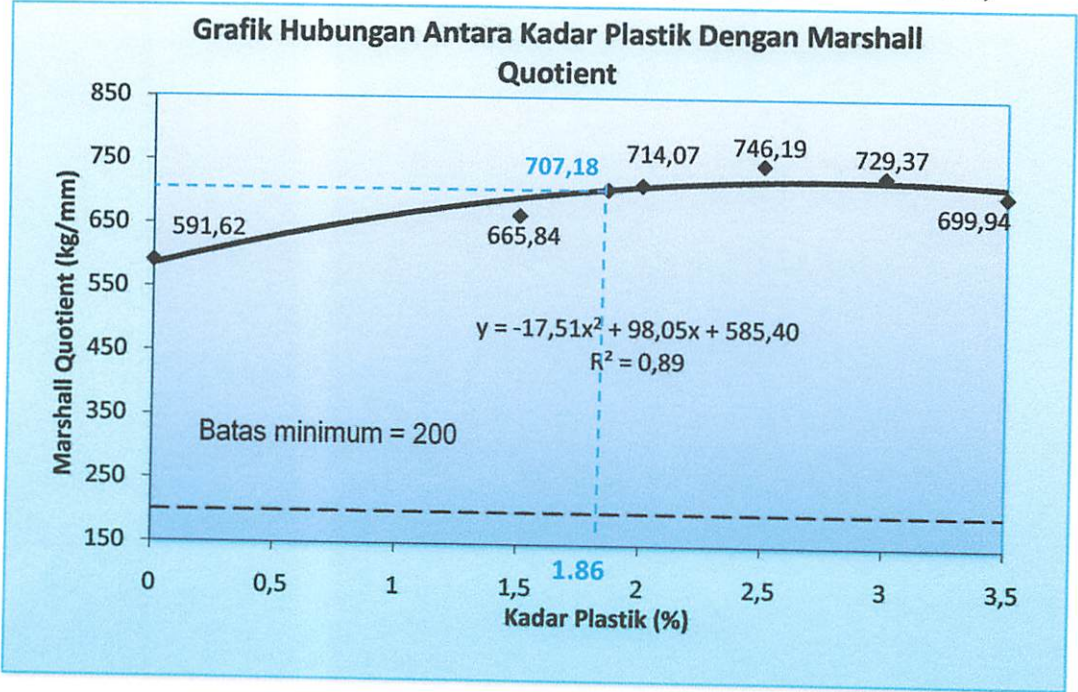
Perhitungan : $y = 0,46(1,86)^2 + 0,12(1,86) + 18,32$
 $y = 20,13$

Grafik 5.21 Nilai Optimum Marshall Quotient (Perendaman 24 Jam)



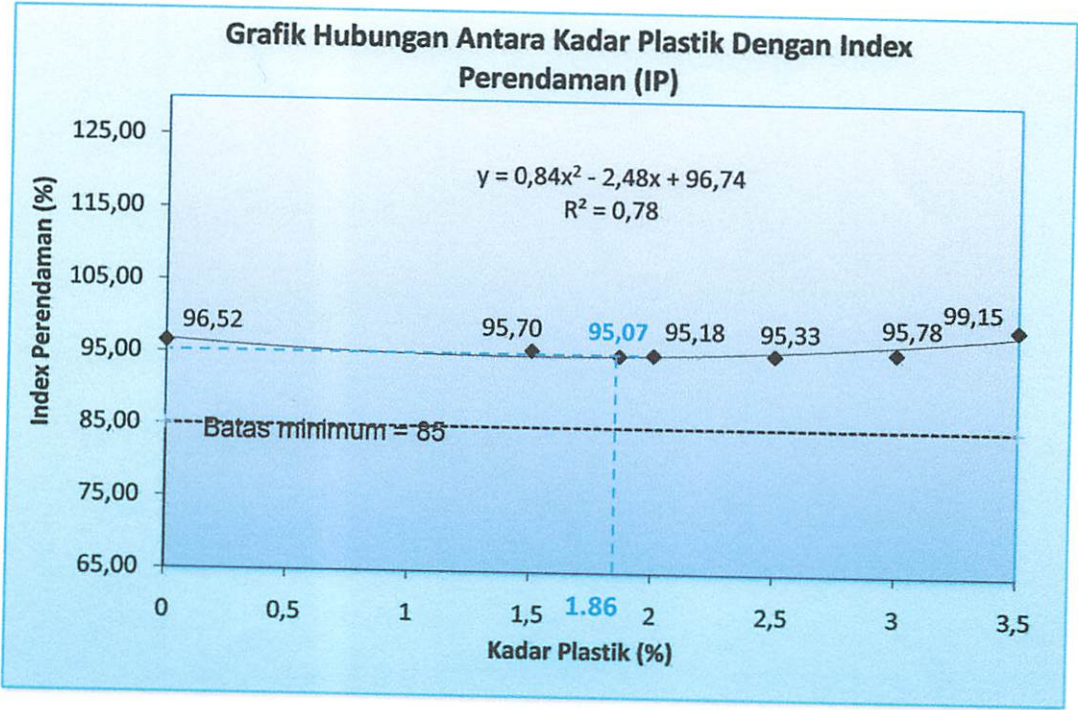
Perhitungan : $y = -19,51(1,86)^2 + 102,46(1,86) + 545,29$
 $y = 668,37$

Grafik 5.22 Nilai Optimum Marshall Quotient (Perendaman 30 Menit)



Perhitungan : $y = -17,52(1,86)^2 + 98,06(1,86) + 585,4$
 $y = 707,18$

Grafik 5.23 Nilai Optimum IP



Perhitungan : $y = 0,85(1,86)^2 - 2,50(1,86) + 96,44$

$y = 95,03$

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 substitusi kadar plastik *High Density Polyethylene* terhadap Kadar Aspal Optimum.

Sebagai contoh, di bawah ini adalah cara perhitungan analisa varian satu arah untuk stabilitas dengan variasi substitusi kadar plastik *High Density Polyethylene*.

Tabel 5.36 Data Stabilitas Dengan Variasi Substitusi Kadar Plastik *High Density Polyethylene* (30 menit)

Variasi Substitusi Kadar Plastik (%) (X)	0	1,5	2	2,5	3	3,5	Jumlah
Stabilitas (Y)	1434,07	1686,86	1773,49	1622,83	1734,87	1475,19	9727,31
	1379,25	1637,09	1720,72	1683,24	1705,60	1392,63	9518,53
	1461,78	1550,62	1545,69	1626,14	1660,83	1438,72	9283,77
	1426,20	1599,77	1625,83	1947,99	1604,34	1449,10	9653,23
	1664,37	1608,64	1836,73	1745,59	1595,90	1391,48	9842,72
	1339,85	1605,77	1665,35	1677,50	1527,12		7815,59
	1600,21	1600,21	1545,18		1513,87		6259,48
			1692,81		1667,63		3360,44
Jumlah (J)	10305,73	11288,97	13405,80	10303,28	13010,17	7147,11	65461,07
Banyak Pengamatan (n)	7	7	8	6	8	5	37
Rata-rata	1472,25	1612,71	1675,72	1717,21	1626,27	1429,42	9533,59
Y ²	2056558,2	2845506,0	3145255,1	2633582,4	3009786,2	2176181,9	
	1902323,4	2680070,8	2960874,8	2833293,4	2909077,2	1939409,2	
	2136801,1	2404435,6	2389142,4	2644324,0	2758344,4	2069901,0	
	2034041,6	2559261,6	2643312,7	3794666,3	2573904,7	2099897,2	
	2770138,9	2587720,6	3373593,9	3047070,1	2546904,0	1936216,7	
	1795195,1	2578508,6	2773381,0	2814004,3	2332106,8		
	2560681,8	2560681,8	2387594,1		2291810,1		
			2865618,1		2780977,1		
Σ Y ²	15172587	18205849	22464425	17692943	21158051	10216244	104910100

Selanjutnya diperlukan :

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

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

- 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 :

$$\Sigma Y^2 = 105202154,2$$

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

$$R_y = \frac{65461,07^2}{41} = 104515881,6$$

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

$$P_y = \left(\frac{10305,73^2}{7} + \frac{11288,97^2}{7} + \frac{13405,80^2}{8} + \frac{10303,28^2}{6} + \frac{13010,17^2}{8} + \frac{7147,11^2}{5} \right) - 104515881,6 = 394218,3$$

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

$$E_y = 105202154,2 - 104515881,6 - 394218,3 = 292054,3$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.37 Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	105202154,24	105202154,2
Antar perlakuan	5	394218,27	78843,65
Dalam Perlakuan	35	292054,34	8344,41
Jumlah	41		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT(\text{antar perlakuan})}{KT(\text{kekeliruan})}$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{78843,65}{8344,41} = 9,4487$$

Dalam tabel V pada buku Dasar-dasar Statistika (Riduwan; 272), nilai $F_{\text{tabel}} (0.05 ; 5 ; 35) = 2,4851$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 9,4487 > F_{\text{tabel}} = 2,4851$. Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi substitusi kadar plastik *High Density Polyethylene* 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 5.38 Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan

No	Parameter	F _{hitung}	F _{tabel}	Hipotesa		Keterangan
1	Stabilitas 30 menit	9,4487	2,4851	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat pengaruh terhadap nilai Stabilitas, Flow, VIM, VMA, MQ, dan Indeks Perendaman
2	Stabilitas 24 jam	20,0613	2,5225	Ha diterima	Ho ditolak	
3	Flow 30 menit	10,9607	2,4270	Ha diterima	Ho ditolak	
4	Flow 24 jam	9,0490	2,4936	Ha diterima	Ho ditolak	
5	VIM 30 menit	24,2191	2,5336	Ha diterima	Ho ditolak	
6	VIM 24 jam	16,1331	2,5719	Ha diterima	Ho ditolak	
7	VMA 30 menit	5,0009	2,5225	Ha diterima	Ho ditolak	
8	VMA 24 jam	16,1331	2,5026	Ha diterima	Ho ditolak	
9	MQ 30 menit	11,9829	2,5336	Ha diterima	Ho ditolak	
10	MQ 24 jam	8,5207	2,5225	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 5.2, kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi substitusi kadar plastik *High Density Polyethylene* 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 :

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

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

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

Sebagai contoh diambil data stabilitas 30 menit untuk diuji dengan regresi.

Tabel 5.39. Daftar Nilai Stabilitas Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,00	1472,25	2167512,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,50	1612,71	2600835,55	2,25	3,38	5,06	2419,07	3628,60
3	2,00	1675,72	2808053,16	4,00	8,00	16,00	3351,45	6702,90
4	2,50	1717,21	2948823,90	6,25	15,63	39,06	4293,03	10732,59
5	3,00	1626,27	2644756,43	9,00	27,00	81,00	4878,81	14636,44
6	3,50	1429,42	2043248,88	12,25	42,88	150,06	5002,98	17510,43
Total	12,50	9533,59	15213230,28	33,75	96,88	291,19	19945,34	53210,95

Dari tabel 5.37. maka didapat persamaan :

$$9533,59 = 6a + 12,5b + 33,75c$$

$$19945,34 = 12,5a + 33,75b + 96,88c$$

$$53210,95 = 33,75a + 96,88b + 291,19c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 1454,81$$

$$b = 258,10$$

$$c = -71,75$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -71,75 x^2 + 258,10x + 1454,81$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$\begin{aligned}
 JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\
 &= \left(258,10 \left\{ 19945,34 - \frac{12,5 \times 9533,59}{6} \right\} \right) + \left(-71,75 \left\{ 53210,95 - \frac{33,75 \times 9533,59}{6} \right\} \right) \\
 &= 21610,5 + 29811,68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 51413,14 \\
 JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\
 &= 15213230,28 - \frac{(9533,59)^2}{6} \\
 &= 65007,4 \\
 R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{51413,14}{65007,4} \\
 &= 0,80
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar plastik dengan stabilitas menghasilkan persamaan $y = -71,75x^2 + 258,10x + 1454,81$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,80. Hal ini berarti bahwa 80% perubahan nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar plastik *High Density Polyethylene*.

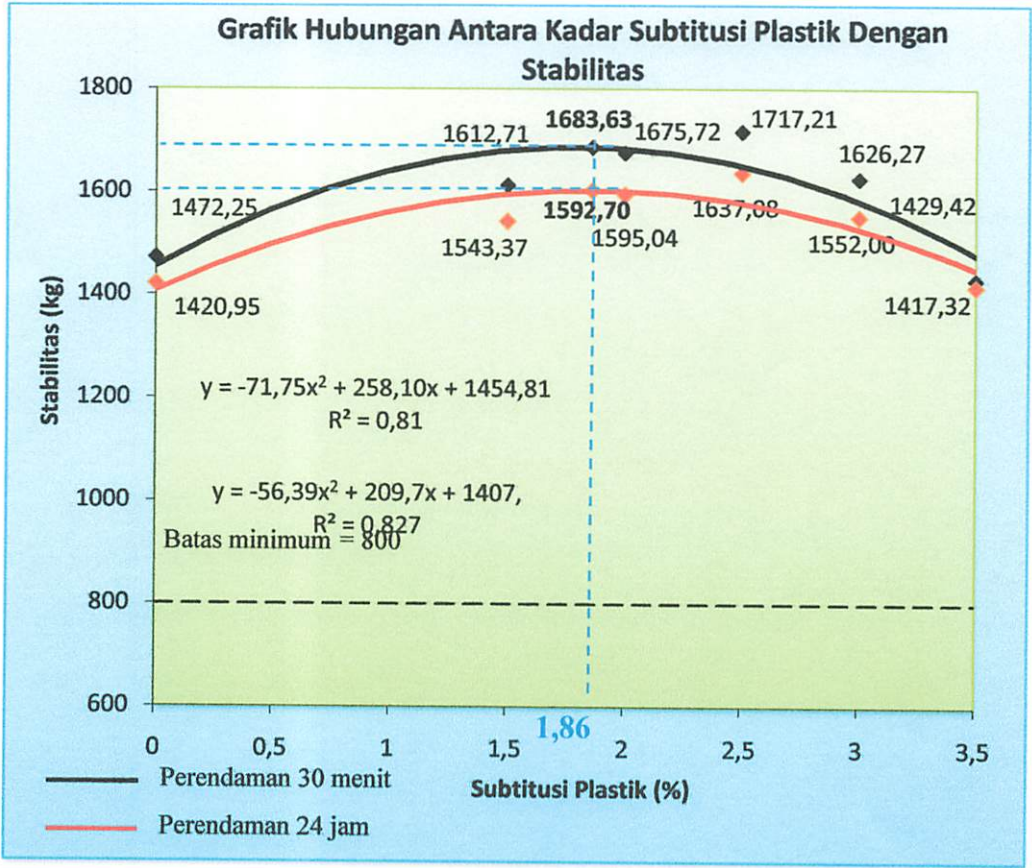
Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik. Data hasil pengujian keseluruhan kemudian diplotkan ke dalam grafik kuadratik yang menunjukkan hubungan antara variasi substitusi kadar plastik *High Density Polyethylene* terhadap 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 merekomendasikan hal-hal sebagai berikut.

a. Stabilitas

Grafik 5.24. Hubungan Antara Subtitusi Plastik *High Density Polyethylene* Dengan Stabilitas



Terjadi peningkatan nilai stabilitas akibat penambahan kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* hingga kadar substitusi optimum **1,86%**. Peningkatan nilai stabilitas ini diakibatkan Plastik *High Density Polyethylene* membuat campuran aspal menjadi lebih kaku dan keras sehingga menaikkan nilai stabilitasnya. Penambahan kadar substitusi plastik yang lebih besar dari

1,86% akan menyebabkan penurunan nilai stabilitas. Penurunan nilai stabilitas ini diakibatkan oleh pengurangan kadar aspal yang lebih banyak, sehingga mengakibatkan campuran menjadi rapuh dan nilai stabilitas menurun.

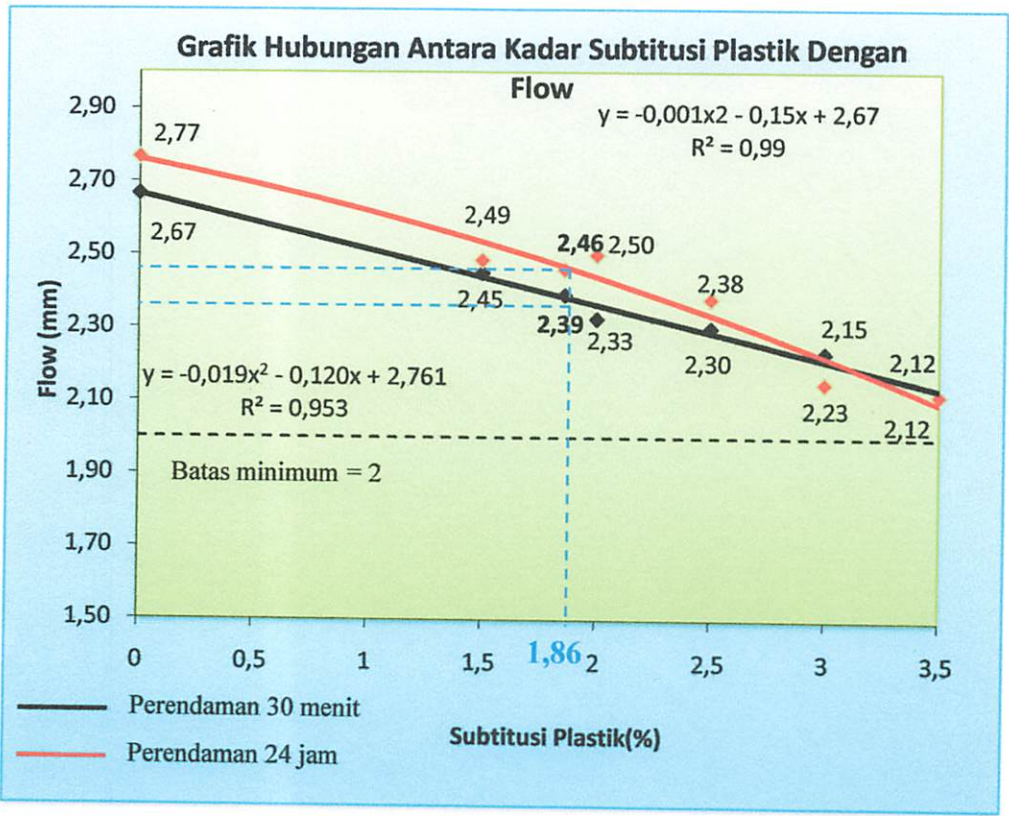
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 9,4487$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,4851$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai stabilitas. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 20,0613$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,5225$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai stabilitas.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -71,75x^2 + 258,10x + 1454,81$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,81$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 81% nilai stabilitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap berat aspal, dan analisa regresi perendaman 24 jam maka didapatkan persamaan $y = -56,39x^2 - 209,7x + 1407,0$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,83$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 83% nilai stabilitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap berat aspal.



b. Flow

Grafik 5.25 Hubungan Antara Subtitusi Plastik dengan Flow



Terjadi penurunan nilai flow akibat penambahan kadar subtitusi plastik *High Density Polyethylene*. Penurunan nilai flow ini diakibatkan oleh berkurangnya kadar aspal didalam campuran dan digantikan oleh plastik yang lebih kaku dari pada aspal. Subtitusi plastik HDPE mengakibatkan campuran beraspal semakin keras dan menyebabkan menurunnya kelenturan perkerasan.

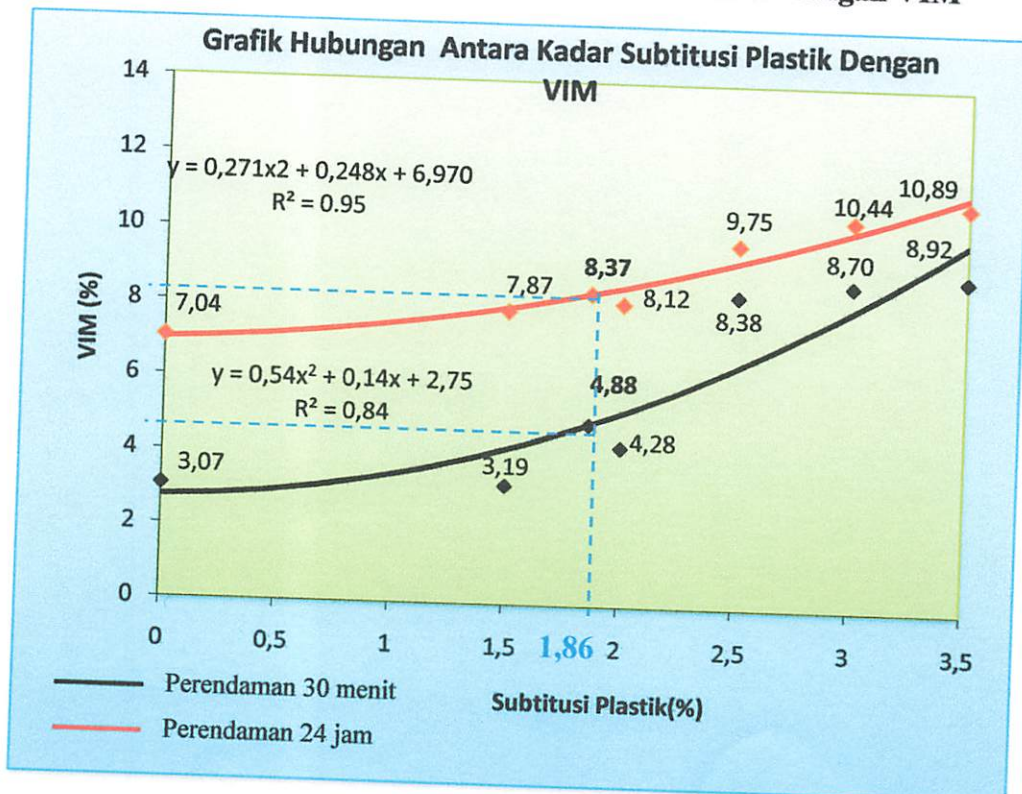
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 10,9607$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,4270$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar subtitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai flow, dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 9,0490$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,4936$, maka H_0

ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai flow.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 0,001x^2 - 0,15x + 2,67$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,99$ maka berarti bahwa 99% perubahan nilai flow diakibatkan oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*, dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -0,019x^2 - 0,120x + 2,761$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,95$ maka berarti bahwa 95% nilai flow yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* mempengaruhi nilai flow.

c. VIM

Grafik 5.26 Hubungan antara Kadar Substitusi Plastik dengan VIM

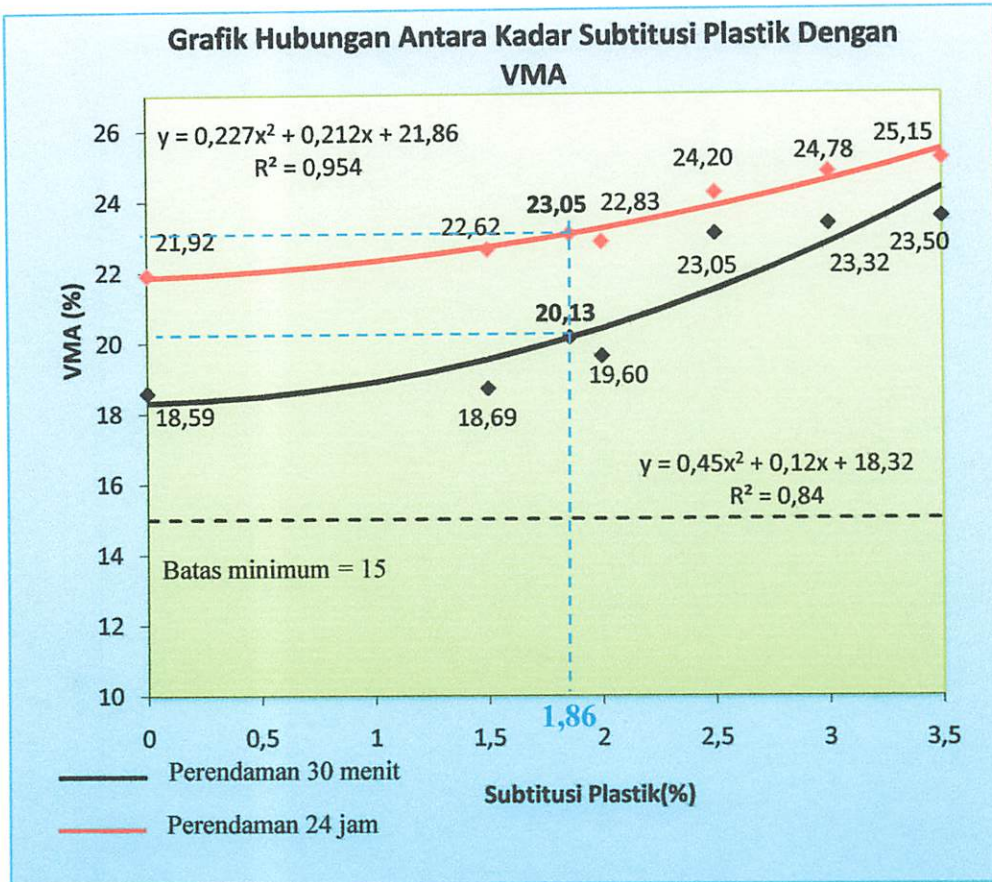


Terjadi peningkatan nilai VIM akibat penambahan kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*. Peningkatan nilai VIM disebabkan oleh plastik *High Density Polyethylene* kurang efektif mengisi lebih banyak pori diantara butir-butir agregat dibandingkan dengan aspal sehingga mengurangi nilai kerapatan dan menaikkan nilai VIM. Nilai VIM yang minimum juga dapat menunjukkan bahwa campuran aspal padat pada posisi yang paling stabil.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 24,2191$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,5336$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai VIM, dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 16,1331$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,5719$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai VIM.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 jam didapatkan persamaan $y = 0,54x^2 - 0,14x + 2,75$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,84$ maka berarti bahwa 84% perubahan nilai VIM diakibatkan oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*, dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = 0,271x^2 + 0,248x + 6,97$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,95$ maka berarti bahwa 95% perubahan nilai VIM diakibatkan oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*.

d. VMA

Grafik 5.27 Hubungan antara Kadar Substitusi Plastik dengan VMA

Terjadi peningkatan nilai VMA akibat penambahan kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*. Pengurangan jumlah aspal yang digantikan dengan substitusi plastik menyebabkan semakin banyak pori-pori dalam campuran aspal padat, hal ini disebabkan karna substitusi plastik kurang efektif untuk mengikat agregat dalam campuran aspal dibandingkan dengan aspal, oleh karna itu semakin banyak substitusi kadar plastik akan menyebabkan volume rongga antar butir agregat dalam campuran semakin besar.

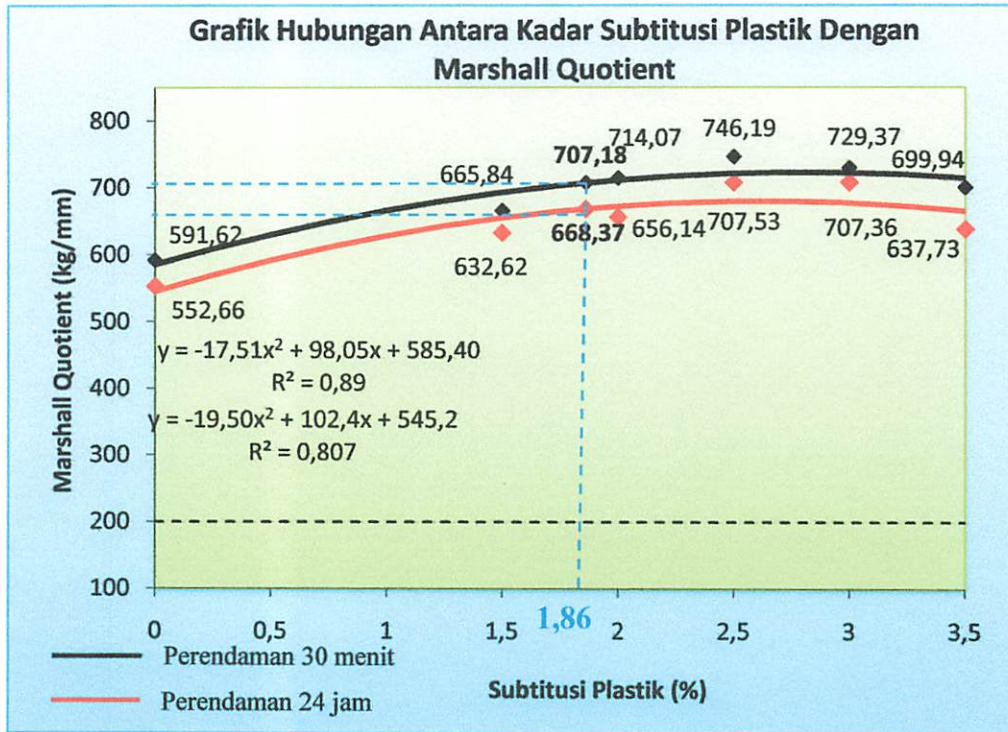
VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas, besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 5,0009$ lebih besar dari $F_{tabel} = 2,5225$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai VMA, dan dari uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 16,1331$ lebih besar dari $F_{tabel} = 2,5225$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai VMA.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 0,45x^2 + 0,12x + 18,32$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,84$ maka berarti bahwa 84% perubahan nilai VMA diakibatkan oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*, dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = 0,227x^2 + 0,212x + 21,86$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,95$ maka berarti bahwa 95% perubahan nilai VMA diakibatkan oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*.

e. MQ (Marshall Quotient)

Grafik 5.28 Hubungan antara Kadar Substitusi Plastik dengan MQ



MQ (Marshall Quotient) adalah rasio perbandingan dari stabilitas dan flow. Semakin jauh perbedaan nilai stabilitas dan flow, maka nilai MQ semakin tinggi.

Berdasarkan grafik diatas terjadi peningkatan nilai MQ hingga sekitar 2,5% substitusi plastik, peningkatan nilai MQ diakibatkan oleh substitusi plastik yang menyebabkan campuran aspal semakin keras, sedangkan pada substitusi lebih dari 2,5% menunjukkan penurunan nilai MQ, Penurunan nilai MQ menunjukkan campuran cenderung menjadi lembek dan tidak getas sehingga kemampuan untuk menyesuaikan diri akibat lendutan beban atau *fleksibilitas* meningkat.

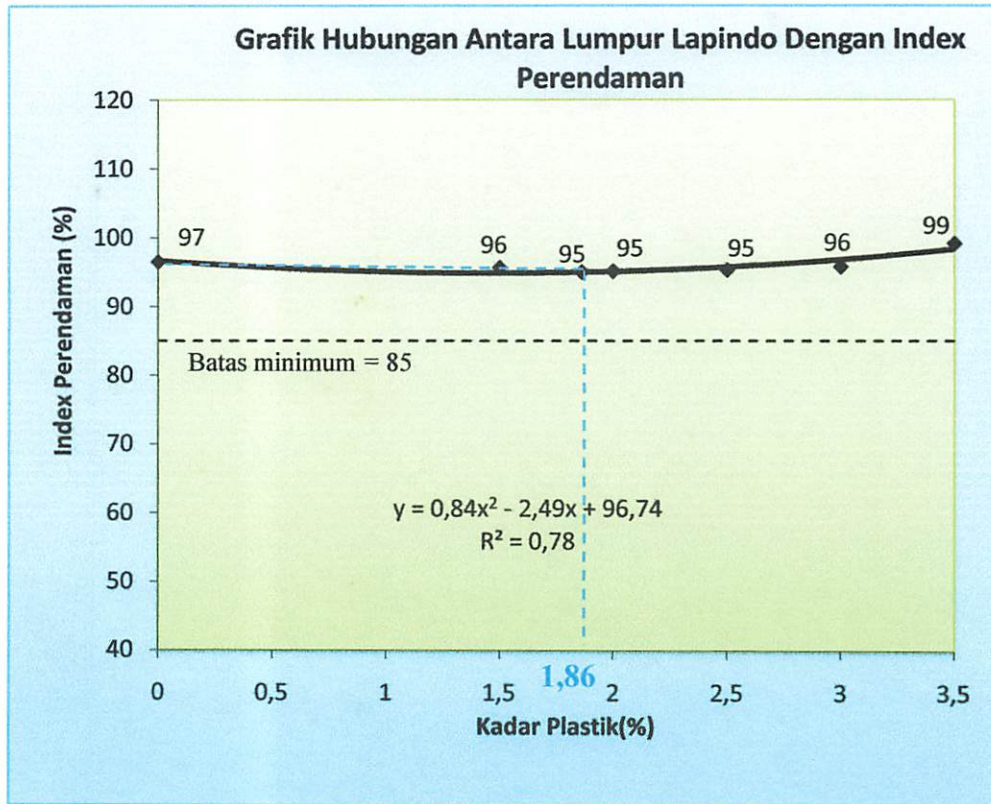
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 11,9829$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,5336$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu

ada pengaruh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai MQ, dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 8,5207$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,5225$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai MQ.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi 30 menit didapatkan persamaan $y = -17,51x^2 + 98,05x + 585,40$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,89$, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 89% nilai MQ yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene* dan analisa regresi 24 jam didapatkan persamaan $y = -19,50^2 + 102,4x + 545,2$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,81$, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 81% nilai MQ yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*.

f. IP (Indeks Perendaman)

Grafik 5.29 Hubungan antara Kadar Substitusi Plastik dengan IP



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.

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan substitusi kadar plastik 0% sampai dengan 3,5% lebih besar dari batas minimum, hal ini berarti substitusi plastik memiliki ketahanan yang baik terhadap air dan cuaca. Dari garfik diatas juga dapat dilihat terjadi peningkatan nilai IP yang diakibatkan oleh substitusi kadar plastik, hal ini menunjukkan bahwa substitusi kadar plastik menyebabkan campuran aspal lebih keras dan kaku, sehingga semakin sulit terjadi perubahan bentuk.

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 substitusi plastik *High Density Polyethylene* terhadap nilai IP.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $y = 0,84x^2 - 2,49x + 96,74$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,78$, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 78% nilai IP yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi kadar substitusi plastik *High Density Polyethylene*.

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 *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi 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 *High Density Polyethylene* (HDPE) layak digunakan sebagai bahan substitusi aspal. Hal ini dapat dilihat dari parameter stabilitas yang meningkat hingga kadar substitusi serpihan plastik optimum (grafik 5.24).
- c. Kadar optimum penambahan serpihan *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal sebesar 1.86% (grafik 5.12).

6.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal – hal sebagai berikut :

1. Agregat merupakan elemen yang rentan oleh perubahan 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. Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan menggunakan serpihan dari jenis plastik yang lain sebagai bahan substitusi.
 3. Bagi peneliti yang lain dapat menggunakan jenis aspal yang berbeda dan agrergat dari tempat yang berbeda.
 4. Peneliti selanjutnya dapat menganalisa dari segi ekonomi terhadap penambahan serpihan *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan substitusi aspal.
 5. Apabila perlu ditambahkan katalisator antara plastik dengan aspal sehingga dapat tercampur secara homogen, maka peneliti selanjutnya perlu memperhitungkan faktor efisiensi dan efektifitasnya.
 6. Saat pencampuran hingga pendinginan benda uji harap dilakukan dengan lebih seksama.



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://id.wikipedia.org/wiki/Plastik.htm>
- <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 Penelitian*. 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.



LAMPIRAN

PERSEMBAHAN

Semua bunga esok hari ada dalam benih hari ini,

Semua hasil esok hari ada dalam pikiran hari ini....!

Diakhir halaman puji, syukur dan terima kasihku kepada Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria yang telah menuntunku melangkah sepanjang hari, karna hanya dengan kasih karuniamMu yg telah menuntunku hingga hari ini.

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

Kedua orangtua dan kedua adikku yg sangat kusayangi, yg telah mendukung dan memberi doa, motivasi, semangat dalam berbagai bentuk.

Keluarga besar di Sumba dan di Atambua yg selalu memberi dukungan, motivasi dan doa.

Orang-orang terdekatku Mariaty Nage, M. Cerli, yang selalu memberikan semangat, doa dan dukungan dalam berbagai bentuk.

Sahabat-sahabat terbaikku Edy Nikotine, M. Vianey, Alyoen, Sabda, Jovan, Riefyan, Kading, Febri,

Teman-teman seperjuangan Civil Engineering'07 dan teman-teman penelitian Johanes, Julian, Rinda.

Dosen Pembimbingku Ir. Bambang Wedyantadji, MT dan Drs. Kamidjo Rahardjo., ST, MT, yang telah membimbingku hingga akhir skripsi ini.

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 hilang 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

$$\text{Angka Angularitas} = 67 - \frac{100 M}{C G a}$$

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
pan	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 (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	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 (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	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 LEMBЕК 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 :		
<u>Berat contoh</u>	1,05	1,04
Berat air sebanyak isi bitumen		



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 LEMBЕК 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	
	Mulai jam	: 19.00
	Selesai jam	:
		Pembacaan suhu lemari es
		... °C
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	
	Mulai jam	: 19.00
	Selesai jam	:
Pemeriksaan Daktilitas	Pembacaan suhu water bath	
	25 °C	
	Pembacaan suhu alat	
	Mulai jam	:
	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	

DOKUMENTASI

PengujianAspal



Penuangan aspal ke cetakan



Pengujian penetrasi aspal



Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal



Pengujian titik lembek aspal



Pengujian daktilitas aspal



Pengujian kehilangan berat



Agregat kasar



Agregat sedang



Agregat halus



Filler



Tempat pengambilan agregat kasar dan sedang di Krisik, Wlingi

Pengujian Agregat



Analisa saringan



Pengujian berat isi agregat



Pengujian indeks kepipihan



Pengujian Aggregate Impact Value



Pengujian dengan alat abrasi los angeles



Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pembuatan Benda Uji



Penimbangan agregat sesuai spesifikasi



Pemanasan agregat dan
pencampuran dengan aspal

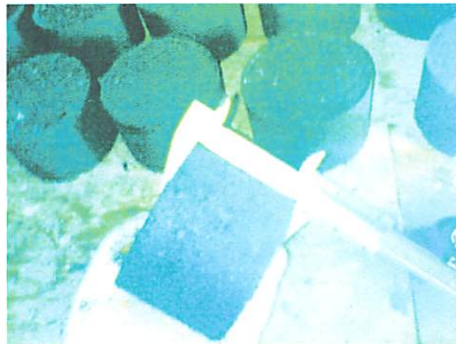


Pencetakan dan penumbukan benda uji



Benda uji setelah ditumbuk

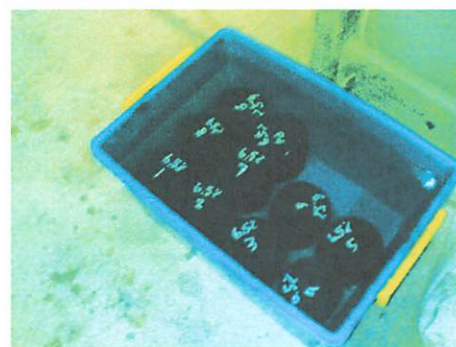
Pengujian Marshall



Pengukuran tinggi dan diameter benda uji



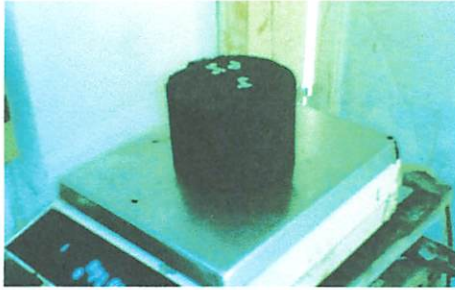
Penimbangan berat kering benda uji



Perendaman benda uji pada suhu ruang selama 24 jam



Penimbangan benda uji dalam air



Penimbangan benda uji pada kondisi SSD



Perendaman benda uji pada suhu 60°C selama 30 menit dan 24 jam



Pengujian benda uji untuk memperoleh data stabilitas dan flow dengan alat marshall



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN- 0207.03/21/B/TA/I/Gnp 2013
Lampiran : -
Perihal : Bimbingan Skripsi

02 Juli 2013

Kepada Yth : Bpk./ Ibu Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT

Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : Gaudensius Yansen P.

Nim : 0721035

Prodi : Teknik Sipil (S-1)

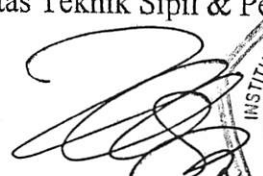
Untuk dapat Membimbing Skripsi dan Mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :
"Pengaruh Penambahan Serpihan Plastik High Density Polyetilen (HDPE) Sebagai Bahan Substitusi Aspal Terhadap Kinerja Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)".

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.

Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal : 02 Juli 2013 ¹/₄ 02 Januari 2013. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan


Ir. H. Hirijanto, MT





FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN- 0207.03/21/B/TA/I/Gnp 2013
Lampiran : -
Perihal : Bimbingan Skripsi

02 Juli 2013

Kepada Yth : Bpk./ Ibu Ir. Bambang Wedyantadji, MT

Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : Gaudensius Yansen P.

Nim : 0721035

Prodi : Teknik Sipil (S-1)

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan Mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :
"Pengaruh Penambahan Serpihan Plastik High Density Polyetilen (HDPE) Sebagai Bahan Substitusi Aspal Terhadap Kinerja Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)".

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.
Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal : 02 Juli 2013 ¹/₄ 02 Januari 2013. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan


Ir. H. Hirijanto, MT
NIP. 101 88 00182

Tembusan Kepada Yth :



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Pengaruh Penambahan Serpihan Plastik *High Density polyethylene (HDPE)* Sebagai Bahan Substitusi Aspal Terhadap Kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc)*

NAMA : Gaudensius Yansen A. Wungo

NIM : 07.21.035

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBIN : Ir. Bambang Wedyantadji, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	21-8-2013	Bab I. Kataasan. Bab II, Teori lengkap yg tdk perlu kelengkapan serumpukan s/d Bab II	
2	23-8-2013	Teori yg mendukung penelitian	
3	2-9-2013	Bab III : yg lengkap	
4	4-9-2013	lengkap Bab IV	
5	7-9-2013	lengkap Hsl penelitian Campuran dg HDPE 2 % mpa	
6	1-10-2013	Uji Statistika Serumpukan	
7	9-10-2013	Susunan / penulisan Analisa. yg sistematis	

JURUSAN TEKNIK SIPIL 2-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG



KEMAHASISWAAN

Bagian Substansi Aspal Terhadap Kelayakan Hot Rolled Steel Beam (11-12-13)
Bagian Substansi Aspal Terhadap Kelayakan Hot Rolled Steel Beam (11-12-13)

Nama Mahasiswa : Yansen A. Wicaksono

NIM :

No. Absen : 07.21.032

NIM :

Jurusan : TEKNIK SIPIL 2-1

Jurusan :

Mata Kuliah : Perencanaan Jembatan

Mata Kuliah :

No.	Jawab	No.
1	Aspal adalah material yang digunakan untuk menutupi permukaan jalan. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah.	1
2	Aspal adalah material yang digunakan untuk menutupi permukaan jalan. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah.	2
3	Aspal adalah material yang digunakan untuk menutupi permukaan jalan. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah.	3
4	Aspal adalah material yang digunakan untuk menutupi permukaan jalan. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah.	4
5	Aspal adalah material yang digunakan untuk menutupi permukaan jalan. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah.	5
6	Aspal adalah material yang digunakan untuk menutupi permukaan jalan. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah. Aspal memiliki sifat elastis dan tahan lama. Aspal digunakan untuk menutupi permukaan jalan yang terbuat dari beton atau tanah.	6



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

**Pengaruh Penambahan Serpihan Plastik *High Density polyethylene (HDPE)* Sebagai
Bahan Substitusi Aspal Terhadap Kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc)***

NAMA : Gaudensius Yansen A. Wungo

NIM : 07.21.035

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBIN : Ir. Bambang Wedyantadji, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
8	11-10-2013	Penentuan kadar optimum berdasarkan Nilai Stabilitas	
9	17-10-2013	Grafik optimum lempeng laput pembahasan	
10	21-10-2013	Buat Kesimpulan	
11	23-10-2013	Revisi semua lempeng	
12	1-11-2013	Revisi / mapu semua hasil	



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

**Pengaruh Penambahan Serpihan Plastik *High Density polyethylene (HDPE)* Sebagai
Bahan Substitusi Aspal Terhadap Kinerja *Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc)***

NAMA : Gaudensius Yansen A. Wungo
NIM : 07.21.035
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBIN : Drs. Kamidjo Rahardjo, ST. MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
01	22-8-2013	Ada koreksi sesuai di lembar awal Mohon benar ² & pahami dan diukur atau misal ² pengujian yg ada (trial aspal maupun agregatnya) Ditawi keterangan apa maksud prosentase asphalt optimum?	Jky-Rb
02	25-10-2013	lanjutkan, & test dukume tasi pada saat percobaan.	Apk
03	15-11-2013	$R^2 = 0,79$ artinya apa OK ACC di seminar k	Jky-Rb

JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALAYSIA



LEMBARAN KERJA

Program of Postgraduate Diploma in Civil Engineering (PGDPE) (Part 1)
Kursus Substansi Aspek Terapan (Kursus Aspek Terapan) (Kursus Aspek Terapan)

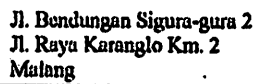
NAMA : Candanus Venson A. Nungo

NIM : 0721032

JURUSAN : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

DOSEN PEMBIMBING : Dr. Kandjo Rahardjo, ST, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tgl.
01	21-2-2013	Aspek Terapan	
02	21-2-2013	Aspek Terapan	
03	21-2-2013	Aspek Terapan	



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG TRANSPORTASI

Hari / tanggal : Sabtu / 21 DESEMBER 2013.

3/ Kelompok 1 Rikereen dan digambarkan lea Rini —

1. 7061 H NAINEGGAN, MS



FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : GAUDENSUS YAHSEN A.W.

NIM : 0721035

Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

• Landasan teori dilengkapi jenis-jenis lapisan penutup.
lapisan percepatan secara umum.

• Rekapitulasi hasil pengujian ditabelkan.

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk ujian skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari dosen pembahas dan kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 20

Dosen Pembahas

(Ir. Agus Prayitno, MT.)

Malang, _____ 2013

Dosen Pembahas

(Ir. Agus Prayitno, MT.)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2
Jl. Raya Karmelo Km. 2
Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG TRANSPORTASI

Nama : GALIDENSILUS YANSEN A.W.

NIM : 07.21.035

Hari / tanggal : JUMAT / 24 JANUARI 2019

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Bagan Alir Studi dilengkapi lebih spesifik untuk lapisan permukaan
- Landasan teori dilengkapi dengan diagram penyebaran beban pada perencanaan jalan.
- Check & dilengkapi hasil perbandingan uji analisis agregat.

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2019

Dosen Penguji

(_____)

Malang, _____ 2019

Dosen Penguji

(KEUSMANAFTIO)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG TRANSPORTASI

Nama : GALDENSIUS YANSEN A.W.
NIM : 07.21.035
Hari / tanggal : JUMAT / 24 JANUARI 2014

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

Apikal
Buat Skema Cerpakan Perkerasan Buhul
Apikal ; fungsi Mns, Spesifikasi ;
CBR : PCP — dll.

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 01-02 2014
Dosen/Penguji

[Signature]
(Toni H.M.)

Malang, 24 Januari 2014
Dosen/Penguji

[Signature]
(Toni H.M.)