

SKRIPSI

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER
PENGANTI ABU BATU PADA BETON ASPAL DENGAN PERSENTASE
LUMPUR LAPINDO 60%, 75%, 90%**



Disusun Oleh:

Boby Franshen Hosang

0721025

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

1942

REKAM JEJAK DAN KETERANGAN
MENDALAM TENTANG DIRI DAN KEMERUPAKAN
MENDALAM SIKAP DAN PERILAKU

1943

REKAM JEJAK DAN KETERANGAN

MENDALAM SIKAP DAN PERILAKU

REKAM JEJAK DAN KETERANGAN

MENDALAM SIKAP DAN PERILAKU
MENDALAM SIKAP DAN PERILAKU

1944

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

*STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER
PENGANTI ABU BATU PADA BETON ASPAL DENGAN PERSENTASE
LUMPUR LAPINDO 60%, 75%, 90%*

Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh:
Boby Franshen Hosang
0721025

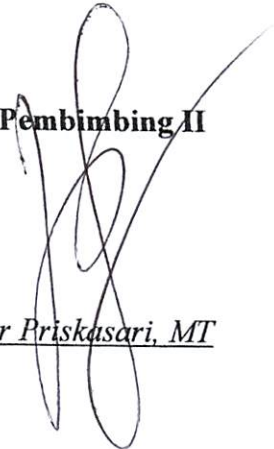
Menyetujui:

Dosen Pembimbing I



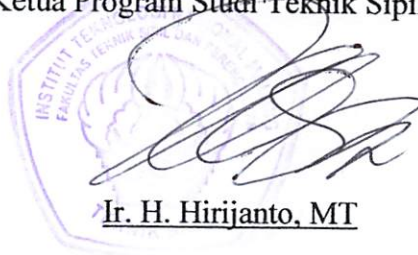
Ir. Eding Iskak Imananto, MT

Dosen Pembimbing II



Ir. Ester Priskasari, MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Ir. H. Hirijanto, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

LEMBAR PENGESAHAN

*STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER
PENGANTI ABU BATU PADA BETON ASPAL DENGAN PERSENTASE
LUMPUR LAPINDO 60%, 75%, 90%*

SKRIPSI

**Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang
Strata Satu (S -1)**

Pada Hari: Rabu

Tanggal: 21 Agustus 2013

**Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Disusun Oleh:


BOBY FRANSHEN HOSANG

0721025

Disahkan Oleh:

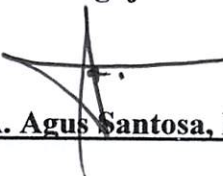

Ketua
Ir. H. Hirijanto, MT

Sekretaris



Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT

Anggota Penguji:

Penguji I


Ir. A. Agus Santosa, MT

Penguji II


Ir. Munasih, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bobby Franshen Hosang

NIM : 07.21.025

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul:

“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER PENGGANTI ABU BATU PADA BETON ASPAL DENGAN PERSENTASE LUMPUR LAPINDO 60%, 75%, 90%”

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

Malang, 4 September 2013

..... membuat pernyataan



Bobby Franshen Hosang

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas segala berkat dan karunia Tuhan Yesus Kristus, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: *“Studi Penelitian Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pengganti Abu Batu Pada Beton Aspal Dengan Presentase Lumpur Lapindo 60%, 75%, 90%”* yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.

Sehubungan dengan hal tersebut dalam kesempatan ini saya menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1.
4. Ibu Lila Ayu Ratna W., ST, MT selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil S-1.
5. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Koordinator Bidang Struktur.
6. Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Wali.
7. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT selaku Dosen Pembimbing II.
8. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Dosen Penguji I.
9. Ibu Ir. Munasih, MT selaku Dosen Penguji II.
10. Papa, mama, dan kakak-kakak tercinta yang senantiasa membantu serta memberi dukungan material dan spiritual.
11. Rina Setyahesti yang selalu memberikan semangat dan menemani di saat suka maupun duka.
12. Mas Mahfud, Khoirul dan Idhamsyah yang sudah banyak membantu di laboratorium dan saat penelitian.

13. Rekan-rekan Teknik Sipil S-1 yang telah turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.
14. Seluruh sahabat di kost BEDJAT(Bendungan Jatiluhur) 17 yang selalu memberikan motivasi dan persaudaraan yang luar biasa, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan, akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 4 September 2013

Penulis

“Studi Penelitian Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai *Filler* Pengganti Abu Batu Pada Beton Aspal Dengan Persentase Lumpur Lapindo 60%, 75%, 90%”

Oleh: Bobby Franshen Hosang

Pembimbing: Ir. Eding Iskak Imananto, MT. , Ir. Ester Priskasari, MT.

ABSTRAKSI

Lumpur Lapindo merupakan limbah yang dihasilkan dari bencana semburan lumpur panas di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. Banyak penelitian dilakukan untuk mencegah dan diusahakan untuk memanfaatkan limbah tersebut seperti penggunaan lumpur Lapindo sebagai bahan konstruksi timbunan dan lain-lain. Pada penelitian ini limbah lumpur Lapindo digunakan sebagai *filler* pengganti abu batu pada aspal beton.

Tujuan penelitian ini adalah (1) Untuk mengetahui apakah Lumpur Lapindo mempunyai pengaruh terhadap kekuatan aspal beton. (2) Untuk mengetahui variasi komposisi berapa agar didapatkan nilai optimum. (3) Untuk mengetahui apakah Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton.

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

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan: (1) Pemberian *filler* lumpur Lapindo berpengaruh atau memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kekuatan aspal beton. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian hipotesis, dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. (2) Kadar *filler* optimum adalah sebesar 0% (tidak memenuhi syarat). (3) Lumpur Lapindo tidak dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada beton aspal. Hal ini dapat dilihat dari hasil parameter stabilitas yang menurun karena memiliki sifat plastis, dan pada Indeks Perendaman (IP) tidak memenuhi syarat.

Kata kunci : Lumpur Lapindo, *filler*, kadar *filler* optimum.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAKSI.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xx
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Hipotesis penelitian.....	4
1.6. Batasan Masalah.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Tinjauan Umum	6
2.2. Aspal Beton.....	6
2.3. Karakteristik Lumpur Lapindo.....	10

2.4. Material Aspal Beton.....	11
2.4.1. Agregat.....	11
2.4.1.1. Asal Agregat.....	12
2.4.1.2. Gradasi Agregat.....	14
2.4.2. Agregat Kasar.....	15
2.4.3. Agregat Halus.....	16
2.4.4. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	17
2.4.5. Bahan Bitumen.....	19
2.5. Metode Perencanaan Campuran.....	22
2.5.1. Metode Marshall.....	22
2.5.2. Rancangan Campuran Agregat Dengan Metode Grafis.....	24
2.5.3. Kadar Aspal Total Dalam Campuran.....	26
2.6. Pengujian Interval Kepercayaan.....	27
2.7. Pengujian Hipotesis.....	29
2.8. Pengujian Regresi.....	31
2.9. Penelitian Terdahulu.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1. Operasional Penelitian.....	34
3.2. Tempat Penelitian.....	34
3.3. Rancangan Penelitian.....	34
3.4. Pengumpulan Data.....	35
3.5. Persiapan Alat Pengujian, Bahan dan Benda Uji.....	35

3.5.1. Persiapan Material.....	35
3.5.2. Alat.....	35
3.5.3. Bahan.....	38
3.5.4. Benda Uji.....	38
3.6. Persiapan Benda Uji.....	38
3.7. Variabel Pengamatan.....	39
3.8. Analisis Data.....	40
3.9. Bagan Alir Rencana Penelitian.....	41
BAB IV DATA HASIL PENELITIAN.....	43
4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat.....	43
4.1.1. Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (Aggregate Impact Value).....	43
4.1.2. Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index).....	48
4.1.3. Penentuan Angka Angularitas (Angularity Number)	53
4.1.4. Pengujian Berat Isi Agregat.....	57
4.1.5. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar.....	61
4.1.6. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	68
4.1.7. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	74
4.1.8. Pengujian Keausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles.....	78
4.1.9. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah.....	82
4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal.....	87
4.2.1. Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen.....	87

4.2.2. Pemeriksaan Titik Nyala Dan Titik Bakar.....	92
4.2.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Dan Ter.....	95
4.2.4. Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen.....	99
4.2.5. Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter....	102
4.2.6. Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak Dan Aspal...	106
4.3. Perencanaan Komposisi Campuran.....	109
4.3.1. Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis.....	109
4.3.2. Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal.....	112
4.3.3. Perhitungan Berat Agregat.....	115
4.4. Marshall Test.....	115
4.4.1. Maksud dan Tujuan.....	115
4.4.2. Hasil Pengujian.....	116
4.5. Perhitungan Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) menggunakan Abu Batu.....	117
4.5.1. Data Hasil Pengujian Marshall.....	117
4.6. Pengujian Interval Kepercayaan.....	126
4.6.1. Perhitungan Indeks Perendaman (IP).....	135
4.6.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO).....	136
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	144
5.1. Perhitungan Mencari Kadar <i>Filler</i> Optimum (KFO) menggunakan Lumpur Lapindo.....	144
5.1.1. Data Hasil Pengujian Marshall.....	144

5.2. Pengujian Interval Kepercayaan.....	153
5.2.1. Perhitungan Indeks Perendaman (IP).....	162
5.2.2. Cara Mencari Kadar <i>Filler</i> Optimum (KFO).....	163
5.3. Pengujian Hipotesis.....	170
5.4. Analisis Regresi dan Pembahasan.....	173
5.4.1. Analisis Regresi.....	173
5.4.2. Pembahasan.....	175
5.4.3. Kadar <i>Filler</i> Optimum.....	183
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	185
6.1. Kesimpulan.....	185
6.2. Saran.....	185
DAFTAR PUSTAKA.....	187
LAMPIRAN.....	188

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kandungan Kimia Lumpur Lapindo.....	10
Tabel 2.2. Tekstur Tanah Lumpur Sidoarjo.....	10
Tabel 2.3. Gradasi Agregat Campuran.....	14
Tabel 2.4. Persyaratan <i>Aggregate Impact Value</i>	15
Tabel 2.5. Persyaratan Indeks Kepipihan (<i>Indian Road Congress</i>).....	16
Tabel 2.6. Persyaratan Aspal Keras.....	21
Tabel 3.1. Peralatan Pengujian Aspal.....	35
Tabel 3.2. Peralatan Pengujian Agregat.....	36
Tabel 3.3. Peralatan Pengujian Campuran Aspal Beton (Alat Uji Marshall)	37
Tabel 4.1. Ukuran agregat standar dan non standar yang dapat digunakan dengan dasar ukuran saringan dari British Standard.....	45
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (<i>Aggregate Impact Value</i>).....	47
Tabel 4.3. Berat Minimum Benda Uji.....	49
Tabel 4.4. Data Untuk Menentukan Indeks Kepipihan.....	50
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (<i>Flakiness Index</i>).....	52
Tabel 4.6. Data Untuk Menentukan Angka Angularitas.....	54
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Angka Angularitas (<i>Angularity Number</i>).....	56
Tabel 4.8. Data Silinder Untuk Berat Isi.....	58
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Berat Isi Agregat.....	60
Tabel 4.10. Daftar Saringan Yang Digunakan Untuk Analisa.....	61

Tabel 4.11. Berat Minimum Benda Uji Agregat Halus.....	62
Tabel 4.12. Berat Minimum Benda Uji Agregat Kasar.....	62
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	65
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang.....	65
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	65
Tabel 4.16. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus..	72
Tabel 4.17. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar..	77
Tabel 4.18. Daftar Berat dan Gradasi Benda Uji.....	79
Tabel 4.19. Hasil Pengujian Keausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles.....	81
Tabel 4.20. Hasil Pengujian Berat Jenis Lumpur Lapindo.....	85
Tabel 4.21. Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu.....	86
Tabel 4.22. Ukuran Cawan Penetrasi.....	87
Tabel 4.23. Toleransi Untuk Hasil Penetrasi.....	90
Tabel 4.24. Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Sebelum Kehilangan Berat.....	91
Tabel 4.25. Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Setelah Kehilangan Berat.....	91
Tabel 4.26. Toleransi Untuk Hasil Titik Nyala dan Titik Bakar.....	94
Tabel 4.27. Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar.....	95
Tabel 4.28. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Sebelum Kehilangan Berat.....	98

Tabel 4.29. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Setelah Kehilangan Berat.....	98
Tabel 4.30. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat..	101
Tabel 4.31. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat...	101
Tabel 4.32. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal.....	105
Tabel 4.33. Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal.....	108
Tabel 4.34. Gradasi Agregat.....	114
Tabel 4.35. Perhitungan Berat Agregat Setiap Variasi Kadar Aspal.....	115
Tabel 4.36. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar Aspal 5%).....	121
Tabel 4.37. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar Aspal 5,5%).....	122
Tabel 4.38. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar Aspal 6%).....	122
Tabel 4.39. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar Aspal 6,5%).....	123
Tabel 4.40. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar Aspal 7%).....	123
Tabel 4.41. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam (Kadar Aspal 5%).....	124
Tabel 4.42. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam (Kadar Aspal 5,5%).....	124

Tabel 4.43. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam	
(Kadar Aspal 6%).....	125
Tabel 4.44. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam	
(Kadar Aspal 6,5%).....	125
Tabel 4.45. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam	
(Kadar Aspal 7%).....	126
Tabel 4.46. Data Pengujian Stabilitas Kadar Aspal 5%	127
Tabel 4.47. Data Pengujian Stabilitas Pada Variasi Kadar Aspal 5% Setelah	
Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan.....	128
Tabel 4.48. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit).	128
Tabel 4.49. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	129
Tabel 4.50. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit).....	129
Tabel 4.51. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	129
Tabel 4.52. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit).....	130
Tabel 4.53. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	130
Tabel 4.54. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit).....	130
Tabel 4.55. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	131
Tabel 4.56. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient	
(Perendaman 30 menit).....	131

Tabel 4.57. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	131
Tabel 4.58. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam)...	132
Tabel 4.59. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	132
Tabel 4.60. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam).....	132
Tabel 4.61. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	133
Tabel 4.62. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam).....	133
Tabel 4.63. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	133
Tabel 4.64. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam).....	134
Tabel 4.65. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	134
Tabel 4.66. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam).....	134
Tabel 4.67. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	135
Tabel 4.68. Data Indeks Perendaman.....	135
Tabel 5.1. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 0%).....	147
Tabel 5.2. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 60%).....	148

Tabel 5.3. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 75%).....	148
Tabel 5.4. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 90%).....	149
Tabel 5.5. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 100%).....	149
Tabel 5.6. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 0%).....	150
Tabel 5.7. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 60%).....	150
Tabel 5.8. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 75%).....	151
Tabel 5.9. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 90%).....	151
Tabel 5.10. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam (Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 100%).....	152
Tabel 5.11. Data Pengujian Stabilitas Kadar <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 0%...	153
Tabel 5.12. Data Pengujian Stabilitas Pada Variasi <i>Filler</i> Lumpur Lapindo 5% Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan.....	154
Tabel 5.13. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit).	155
Tabel 5.14. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	155
Tabel 5.15. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit).....	155

Tabel 5.16. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	156
Tabel 5.17. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit).....	156
Tabel 5.18. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	156
Tabel 5.19. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit).....	157
Tabel 5.20. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	157
Tabel 5.21. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient	
(Perendaman 30 menit).....	157
Tabel 5.22. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian	
interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	158
Tabel 5.23. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam)...	158
Tabel 5.24. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	158
Tabel 5.25. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam).....	159
Tabel 5.26. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	159
Tabel 5.27. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam).....	159
Tabel 5.28. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval	
kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	160
Tabel 5.29. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam).....	160

Tabel 5.30. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	160
Tabel 5.31. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam).....	161
Tabel 5.32. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	161
Tabel 5.33. Data Indeks Perendaman.....	162
Tabel 5.34. Data Stabilitas Dengan Variasi Lumpur Lapindo (30 menit)...	169
Tabel 5.35. Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas.....	171
Tabel 5.36. Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan.....	171
Tabel 5.37. Daftar Nilai Stabilitas Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi	172

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1. Pencampuran 3 Fraksi agregat dengan metode Rotchlucs tipe A.....	111
Grafik 4.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit).....	137
Grafik 4.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam).....	137
Grafik 4.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 30 menit).....	138
Grafik 4.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 24 jam).....	138
Grafik 4.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 30 menit).....	139
Grafik 4.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 24 jam).....	139
Grafik 4.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 30 menit).....	140
Grafik 4.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 24 jam).....	140
Grafik 4.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit).....	141

Grafik 4.11. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 24 jam).....	141
Grafik 4.12. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP).....	142
Grafik 4.13. Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum.....	142
Grafik 5.1. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit).....	163
Grafik 5.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam).....	163
Grafik 5.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Flow (Perendaman 30 menit).....	164
Grafik 5.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Flow (Perendaman 24 jam).....	164
Grafik 5.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VIM (Perendaman 30 menit).....	165
Grafik 5.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VIM (Perendaman 24 jam).....	165
Grafik 5.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VMA (Perendaman 30 menit).....	166
Grafik 5.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VMA (Perendaman 24 jam).....	166
Grafik 5.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit).....	167

Grafik 5.10.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient (Perendaman 24 jam).....	167
Grafik 5.11.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Indeks Perendaman (IP).....	168
Grafik 5.12.Diagram Batang	168
Grafik 5.13.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Stabilitas.....	174
Grafik 5.14.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Flow.....	176
Grafik 5.15.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VIM.....	177
Grafik 5.16.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VMA.....	178
Grafik 5.17.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan MQ.....	180
Grafik 5.18.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan IP.....	181
Grafik 5.19.Diagram Batang <i>Filler</i> Optimum.....	182
Grafik 5.20.Diagram Batang <i>Filler</i> Optimum setelah digabungkan dengan persentase 15%, 30%, dan 45%.....	183

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Bagan Alir Rencana Penelitian.....	42
Gambar 4.1. Detail Mesin Impact Aggregate.....	43
Gambar 4.2. Alat Pengukur Kepipihan.....	48
Gambar 4.3. Aparatus Pemeriksaan Berat Isi Agregat.....	58
Gambar 4.4. Aparatus Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar.....	64
Gambar 4.5. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	70
Gambar 4.6. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar.....	75
Gambar 4.7. Alat Penetrasi.....	89
Gambar 4.8. Alat Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar.....	92
Gambar 4.9. Pemeriksaan Titik Lembek.....	97
Gambar 4.10. Mesin Pengukur dan Cetakan Daktilitas.....	100
Gambar 4.11. Pemeriksaan Berat Jenis dan Ter.....	103
Gambar 4.12. Aparatus Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal	106

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Untuk mendapatkan kondisi jalan yang baik, sejak awal perlu direncanakan perkerasan jalan yang sesuai dengan tingkat kepadatan lalu lintas. Perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia adalah campuran lapisan aspal beton (LASTON). Aspal beton 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. Hal ini disebabkan aspal beton 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. Aspal beton adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dengan bahan bitumen. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/filler/bitumen sebagai mortar. Di samping kecukupan *workability* (sifat kemudahan untuk dikerjakan) ada empat sifat dasar aspal beton yang harus diperhatikan dalam merencanakan campuran aspal beton, yaitu:

1. *Stabilitas*
2. *Durabilitas* (keawetan)
3. *Fleksibilitas*
4. Mempunyai tahanan terhadap selip (*skid resistance*)

Apabila keempat sifat tidak dapat diwujudkan secara optimum, maka perencanaan campuran aspal beton, seperti halnya perencanaan campuran-campuran lain yaitu ada kompromi-kompromi. Karena campuran yang baik harus mempunyai kecukupan dalam keempat sifat di atas.

Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah: abu batu, kapur padam, portland cement (*PC*), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Banyaknya bahan pengisi dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang. Pada penelitian ini kadar bahan pengisi dibatasi antara 2% hingga 10% dari berat total campuran aspal beton. Jenis bahan pengisi dipilih menggunakan *limbah lumpur Lapindo*. Hal ini mendorong penulis untuk memanfaatkan limbah lumpur Lapindo yang bisa digunakan sebagai *filler* pada campuran perkerasan jalan raya khususnya campuran Laston. selain material yang umumnya sudah digunakan.

Lumpur Lapindo merupakan limbah yang dihasilkan dari bencana semburan lumpur panas di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Porong, Sidoarjo, Jawa Timur, yang telah berlangsung sejak Mei 2006. Banyak penelitian dilakukan untuk mencegah dan diusahakan untuk memanfaatkan limbah tersebut seperti

penggunaan lumpur Lapindo sebagai bahan konstruksi timbunan (Irwan Foeh, 2013). Pada penelitian ini limbah lumpur Lapindo digunakan sebagai *filler pengganti abu batu* pada aspal beton.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah penelitian yang akan diteliti adalah "*apakah lumpur lapindo dapat digunakan sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton*" dengan rincian permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah Lumpur Lapindo mempunyai pengaruh terhadap kekuatan aspal beton ?
2. Berapa nilai optimum variasi komposisi lumpur lapindo sebagai pengganti abu batu ?
3. Apakah Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah "*seberapa besar manfaat Lumpur Lapindo sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton*" dengan rincian permasalahan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui apakah Lumpur Lapindo mempunyai pengaruh terhadap kekuatan aspal beton
2. Untuk mengetahui variasi komposisi berapa agar didapatkan nilai optimum

3. Untuk mengetahui apakah Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh adalah sebagai panduan bagi para pengguna bahan konstruksi khususnya tanah lempung Lapindo sebagai *filler* aspal beton. Azas manfaat yang lebih luas adalah mampu mengoptimalkan dan mendorong pemanfaatan sumber alam tanah lempung Lapindo terbaharukan (*renewable resources*) di Indonesia untuk aplikasi bahan konstruksi teknik selain bahan lempung yang biasanya dipakai untuk bahan timbunan atau batu bata. Sehingga tercipta diversifikasi produk bahan konstruksi teknik yang ramah lingkungan.

1.5. Hipotesis Penelitian

Pada Penelitian ini terdapat beberapa yang dihasilkan dari rumusan penelitian, hipotesis tersebut diduga bahwa:

- a. Terjadi perubahan yang signifikan pada kekuatan aspal beton disebabkan penggunaan lumpur Lapindo.
- b. Dengan penggunaan variasi komposisi lumpur Lapindo sebagai pengganti abu batu ini terjadi adanya nilai optimum pada aspal beton.
- c. Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton.

1.6. Batasan Penelitian

Untuk membatasi penelitian dan memberikan langkah-langkah sistematis, maka lingkup permasalahan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Menggunakan *filler* lumpur PT. Lapindo Brantas yang berasal dari Kecamatan Porong – Sidoarjo
2. Benda uji dibuat sama yaitu berbentuk silinder dengan ukuran dan diameter yang sama dan komposisi campuran berupa agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal
3. Aspal yang digunakan adalah aspal keras penetrasi 60/70
4. *Filler* Abu Batu sebagai *filler* pembanding
5. Variasi lumpur lapindo pengganti abu batu adalah 60%, 75% dan 90%.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Umum

Dalam melakukan sebuah proses penelitian perlu ditetapkan kriteria-kriteria yang akan digunakan sebagai tolak ukur pelaksanaan, sejak tahap persiapan hingga tahap analisis. Materi yang dibahas berdasarkan referensi atau peraturan mengenai teknologi aspal, yaitu :

- a. Teori tentang aspal beton
- b. Karakteristik Lumpur Lapindo
- c. Material aspal beton
- d. Perencanaan mix design
- e. Penelitian terdahulu

2.2. Aspal Beton

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lapis aspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Material-material pembentuk aspal beton dicampur dan diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°-155° C,

sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama *hotmix*.

Aspal beton harus mampu berfungsi untuk menahan beban lalu lintas, perubahan cuaca, tingkat keamanan dan kenyamanan selama masa layanan. Tujuh karakteristik aspal beton yang harus dimiliki, yaitu:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan suatu kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (*deformation permanent*), 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.

2. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas 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 temperature. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam pencampuran, 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 di dalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun.

3. Fleksibilitas (*Flexibility*)

Fleksibilitas merupakan kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan akibat dari repitisi 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.

4. Kekesatan (*Skid Resistance*)

Kekesatan merupakan 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 repitisi kendaraan.

5. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repitisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

6. Kedap Air (*Impermeabilitas*)

Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

Kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. pekerjaan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses aspal terhadap perubahan temperature, dan gradasi serta kondisi agregat.

2.3. Karakteristik Lumpur Lapindo

Dari hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh berbagai pakar, didapatkan bahwa lumpur Porong Lapindo ini memiliki kandungan seperti mangan, natrium, besi (terlarut dalam 0,1N), Chlor, Alumunium, Boron, bzrium, timbale, Raksa (2,565mg/liter Hg, baku mutunya 0,002mg/1Hg), sianida bebas, arsen, HCL > 700 ppm, zat B3 (bahan beracun berbahaya), BOD dan COD, serta kandungan minyak dan lemak yang cukup tinggi sehingga berbahaya bila langsung dibuang ke sungai atau laut.

Tabel 2.1. Kandungan Kimia Lumpur Lapindo

Material	Kandungan Kimia (%)										
	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₂	SO ₃	Hilang Pijar
Lumpur Lapindo	53,1	2,07	5,6	18,27	0,57	2,89	2,97	1,44	2,96	-	10,15

Sumber : M. Zainul Arifin, 2009

Berikut merupakan hasil uji tekstur tanah lumpur Lapindo yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya :

Tabel 2.2. Tekstur Tanah Lumpur Sidoarjo

Tekstur Tanah	Persentase(%)
<i>Sand</i> (pasir)	11,20 %
<i>Silt</i> (debu)	59,36 %
<i>Clay</i> (lempung)	29,44%

Sumber : M. Zainul Arifin, 2009

Berdasarkan kajian singkat yang dilakukan oleh Imananto, E.I. (2008), lumpur Lapindo memiliki *specific gravity* (Gs) 2,52 dan indeks plastisitas (PI) sebesar 25,55% dan dari pengujian 500 gram Lumpur Lapindo berat kering mengandung 8,22% kerikil, 19,24% pasir, 72,54% lempung.

Berikut ini rekomendasi dari penelitian sebelumnya yang terkait dengan Lumpur Lapindo:

1. Kajian LAPI ITB menunjukkan hasil stabilisasi material semburan yang memiliki kandungan silika cukup tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembangunan prasarana pemukiman, transportasi dan irigasi.
2. Penelitian Hermanto (2006), tanah endapan lumpur Lapindo mempunyai tekstur atau butiran tanah yang terdiri dari liat, debu dan pasir. Butiran tanah tersebut merupakan komponen padatan yang mencapai 30% dalam lumpur Lapindo.

2.4. Material Aspal Beton

2.4.1. Agregat

Agregat terdiri dari pasir, gravel, batu pecah, slag atau material lain dari bahan mineral alami atau buatan. Agregat merupakan bagian terbesar dari campuran aspal. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan tugas utamanya untuk menahan beban lalu lintas. Agregat dari bahan batuan pada umumnya masih diolah lagi dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) sehingga didapatkan ukuran sebagaimana dikehendaki dalam campuran. Agar dapat digunakan sebagai campuran aspal, agregat harus lolos dari berbagai uji yang telah ditetapkan.

Agregat adalah suatu bahan yang keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran dan berupa berbagai jenis butiran atau pecahan, termasuk didalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi dan debu

agregat. Banyaknya agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar antara 90% sampai dengan 95% terhadap total berat campuran atau 75% sampai dengan 85% terhadap volume campuran aspal.

2.4.1.1. Asal Agregat

Asal agregat dapat digolongkan dalam 3 kategori:

1. Agregat dari batuan beku (*volcanic rock*): agregat ini terjadi akibat pendinginan dan pembekuan dari bahan-bahan yang meleleh akibat panas (magma bumi).

Agregat ini digolongkan dalam 2 jenis pokok:

- a. Agregat dari batuan ekstrusif: terjadinya akibat dilempar ke udara dan mendingin secara cepat. Jenis pokoknya: *pyolite*, *andesite* dan *basalt*. Sifat utamanya: berbutir halus, keras dan cenderung rapuh.
 - b. Agregat dari batuan intrusif: terjadinya akibat batuan yang mendingin secara lambat dan diperoleh sebagai singkapan. Jenis pokoknya: granit, diorit dan gabro. Sifat utamanya: berbutir kasar, keras dan kaku.
2. Agregat dari batuan endapan (*sedimentary rock*): agregat terjadi dari hasil endapan halus dari hasil pelapukan batuan bebas, tunibuh-tumbuhan, binatang. Dengan mengalami proses pelekatan dan penekanan oleh alam maka menjadi agregat/batuan endapan. Jenis agregat dari batuan endapan antara lain: batuan kapur, batuan silika dan batuan pasir.
 3. Agregat dari batuan methamorphik: agregat terjadi dari hasil modifikasi oleh alam (perubahan fisik dan kimia dari batuan endapan dan beku sebagai hasil dari tekanan yang kuat, akibat gesekan bumi dan panas yang berlebihan).

Sebagai contoh: batuan kapur menjadi marmer dan batuan pasir menjadi kwarsa.

Agregat untuk campuran perkerasan jalan juga diklasifikasikan berdasarkan sumbernya:

1. *Pit* atau *bank run materials (pit-run)*, biasanya gravel dari ukuran 75 mm (3 inchi) sampai ukuran 4.75 mm (No. 4). Pasir yang terdiri partikel ukuran 4.75 mm (No. 4) hingga partikel berukuran 0.075 mm (No. 200). Ada juga silt yang berukuran 0.075 mm kebawah. Batu-batuan tersebut tersingkap dan terdegradasi oleh alam baik secara fisik maupun kimiawi. Produk proses degradasi ini kemudian diangkut oleh angin, air atau es (*gletser* yang bergerak) dan diendapkan disuatu lahan.
2. Agregat hasil proses, merupakan hasil proses pemecahan batu-batuan dengan *stone-crusher machine* (mesin pemecah batu) dan disaring. Agregat alam biasanya dipecah agar dapat digunakan sebagai campuran aspal. Agregat yang dipecah tersebut kualitasnya kemungkinan bertambah, dimana pemecahan akan merubah tekstur permukaan, merubah bentuk agregat dari bulat ke bersudut, menambah distribusi dan jangkauan ukuran partikel agregat. Pemecahan batu bisa dari ukuran bedrocks atau batu yang sangat besar. Pada ukuran bedrocks sebelum masuk mesin stone-crusher maka pengambilannya melalui blasting (peledakan dengan dinamit).
3. Agregat sintesis/buatan (*synthetic/artificial aggregates*), sebagai hasil modifikasi, baik secara fisik atau kimiawi. Agregat demikian merupakan hasil tambahan pada proses pemurnian biji tambang besi atau yang special

diproduksi atau diproses dari bahan mentah yang dipakai sebagai agregat. Terak dapur tinggi (*blast-furnace slag*) adalah yang paling umum digunakan sebagai agregat buatan. Terak yang mengapung pada besi cair adalah bukan bahan logam (*non-metallic*), kemudian ukurannya diperkecil dan didinginkan dengan udara. Pemakaian agregat sintetis untuk pelapisan lantai jembatan, karena agregat sintetis lebih tahan lama dan lebih tahan terhadap geseran dari pada agregat alam.

2.4.1.2. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikelnya dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi ditentukan dengan melewatkan sejumlah material melalui serangkaian saringan dari ukuran besar ke ukuran kecil dan menimbang berat material yang tertahan pada masing-masing saringan. Kombinasi gradasi agregat campuran dinyatakan dalam persen berat agregat. Untuk keperluan penelitian ini, maka dipilih kombinasi agregat yang sesuai dengan Tabel 2.3 dibawah. Gradasi agregat dalam Tabel 2.3 diambil dari spesifikasi agregat campuran dari 3 fraksi agregat.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Campuran

Nomor Saringan	Spesifikasi agregat campuran	Gradasi tengah spesifikasi
¾"	100	100
½"	75-100	87,5
⅜"	60-85	72,5
No. 4	38-55	52,5
No. 8	27-40	33,5
No. 30	14-24	19
No. 50	9-18	13,5
No. 100	5-12	8,5
No. 200	2-8	5

Sumber : Silvia Sukirman, 68

2.4.2. Agregat Kasar

Fraaksi agregat kasar untuk agregat ini adalah agregat yang tertahan di atas saringan 2,36 mm (No.8), menurut saringan AASHTO. Agregat Kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lain yang mengandung serta memenuhi persyaratan :

- 1) Keausan pada 500 putaran maksimum 40 %
- 2) Besar Pelapukan (*soundness loss*) akibat larutan sodium sulfat (Na_2SO_4) untuk 5 siklus maksimum 12 %.
- 3) Besar Nilai Agregat *Crushing Value* (ACV) maksimum 30 %
- 4) Besar Nilai Agregat *Impact Value* (AIV):

Tabel 2.4. Persyaratan Agregat Impact Value

No.	Type of Pavement	Maksimum agregat Impact Value, Percent
1.	<i>Bituminous surface dressing penetration macadam, bituminous carpet & concrete and cement concrete wearing course</i>	30
2.	<i>Bitumen bound macadam</i>	35
3.	<i>Cement concrete base course</i>	45

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*

- 5) Kelekatan dengan aspal minimum 95 %
- 6) Jumlah berat butiran tertahan saringan no 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (*visual*) minimum 50 % (untuk kerikil pecah)
- 7) Indeks kepipihan/ kelonjongan butiran berdasarkan *Indian Road Congress* untuk berbagai jenis konstruksi diperlihatkan pada Tabel berikut.

Tabel 2.5. Persyaratan Indeks Kepipihan (*Indian Road Congress*)

No.	Type of Construction	Maximum limit of flakiness index, percent
1.	Water bound macadam	15
2.	Bituminous surface dressing, penetration macadam, carpet	25
3.	Bituminous bound macadam, bituminous concrete	15

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*

- 8) Angka angularitas (*angularity number*) berkisar antara 0 sampai 12. Semakin besar nilai angka angularitas maka pencampuran lebih sulit dilaksanakan namun dapat memberikan stabilitas yang tinggi karena agregat saling mengunci. Oleh karena itu agregat untuk bahan jalan raya lebih diinginkan memiliki angka angularitas yang lebih tinggi.
- 9) Penyerapan air maksimum 3 %.
- 10) Berat jenis curah (*bulk*) minimum 2,5
- 11) Bagian lunak maksimum 5 %.

2.4.3. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat hasil pemecah batu yang mempunyai sifat lolos saringan No.8 (2,36 mm) tertahan saringan No.200 (0,075 mm). Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran atau bahan lain yang mengganggu. Agregat halus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau gampungan dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh agregat halus adalah :

- 1) Nilai *Sand Equivalent* minimum 50
- 2) Berat jenis (*bulk*) minimum 2,5

- 3) Berat jenis permukaan jenuh (*saturated Surface dry*) minimum 2,5
- 4) Berat jenis semu (*apparent*) minimum 2,5
- 5) Peresapan agregat terhadap air (*absorpsi*) maksimum 3 %
- 6) Pemeriksaan *Atterberg limit* harus menunjukkan bahan adalah non-plastis.
- 7) Agregat harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan-gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar.
- 8) Agregat tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.
- 9) Agregat tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.

2.4.4. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi dapat terdiri atas debu batu kapur, abu batu, debu dolomite, semen portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Dari sekian banyak jenis bahan pengisi maka abu batu banyak digunakan dari pada *Portland Cement*. *Portland Cement* mudah diperoleh dan mempunyai grading butiran yang bagus namun demikian harganya sangat mahal. *Filler* dalam aspal beton harus mempunyai sifat tidak plastis, harus kering, dan bebas dari semua bahan organik.

Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain

dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya.

Menurut sumber referensi yang diambil dari Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa Volume 1 (Maret 2006), adapun fungsi *filler* dalam campuran aspal beton adalah:

- a. Untuk memodifikasi gradasi agregat halus, sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
- b. *Filler* dan aspal secara bersamaan, akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar (Brien,1978).
- c. Mengisi ruang antar agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan stabilitas.

Filler juga berpengaruh terhadap kadar aspal optimum melalui luas permukaan dari partikel mineralnya, sehingga sifat-sifat permukaan partikel *filler* akan memodifikasi sifat reologi aspal, diantaranya terhadap penetrasi, daktilitas dan ketahanan campuran terhadap retak. Disamping itu jenis dan Jumlah *filler* yang digunakan juga akan mempengaruhi kualitas aspal beton.

Banyak spesifikasi untuk *wearing course* menyarankan banyaknya bahan pengisi kira-kira 5% dari berat adalah mineral yang lolos saringan No. 200. Para peneliti telah sepakat menaikkan kuantitas bahan pengisi akan menyebabkan meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran, namun ada batasnya.

Terlalu tinggi kandungan bahan pengisi akan menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak bila terkena beban lalu lintas, namun dilain pihak bila terlalu sedikit bahan pengisi akan menghasilkan campuran yang lembek pada cuaca panas.

2.4.5. Bahan Bitumen

Bitumen adalah zat perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau gelap, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen terutama mengandung senyawa hidrokarbon seperti aspal, tar, atau *pitch*.

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Tar adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batu bara, minyak bumi, atau mineral organik lainnya. *Pitch* didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) padat, berwarna hitam atau coklat tua, yang berbentuk cair jika dipanaskan. *Pitch* diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. *Pitch* dan tar tidak diperoleh dari di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat di atas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut juga sebagai aspal.

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama

dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi 2 macam yaitu:

1. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini, maka asbuton mulai diproduksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton.

2. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*.

Aspal minyak dibedakan atas tiga jenis yaitu :



a. Aspal keras/panas (*asphalt cement*)

Aspal keras/panas (*asphalt cement*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas, sedangkan dalam keadaan suhu normal dalam keadaan padat. Persyaratan aspal keras antara lain :

Persyaratan umum: (1) berasal dari minyak bumi, (2) mempunyai sifat sejenis, (3) kadar parafin tidak melebihi 7%, (4) tidak mengandung air dan tidak berbusa jika dipanaskan sampai 175 °C.

Persyaratan berdasarkan hasil pemeriksaan di Laboratorium seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.6. Persyaratan Aspal Keras

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Pen 60		Pen 80	
		Min	Max	Min	Max
Penetrasi 25°C, 5 det	0,1 mm	60	79	80	99
Titik lembek (<i>Ring and Ball</i>)	°C	48	58	46	54
Titik Nyala (<i>Cleveland open cup</i>)	°C	232	-	225	-
Kehilangan Berat 163°C, 5 jam	% berat	-	0,4	-	0,6
Kelarutan dalam 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 : *Silvia Sukirman*, 116

b. Aspal dingin/cair (*cut back asphalt*)

Adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin.

Aspal cair dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan pelarutnya yaitu :

1. *Rapid Curing cutback (RC)* yaitu aspal semen dilarutkan dengan bensin (benzene)
2. *Medium Curing cutback (MC)* yaitu aspal semen yang dilarutkan dengan minyak tanah (kerosene).

3. *Slow Curing cutback* (SC) yaitu aspal semen yang dilarutkan dengan minyak solar.

c. Aspal Emulsi (*emulsion asphalt*)

Aspal emulsi (*emulsion asphalt*) adalah aspal yang terdiri dari aspal keras, air dan bahan pengemulsi yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair. Aspal emulsi dikelompokkan sebagai berikut :

1. *Emulsi cationic*, terdiri dari aspal keras, air dan larutan basa sehingga akan bermuatan positif (+).
2. *Emulsi Anionic*, terdiri dari aspal keras, air, dan larutan asam sehingga bermuatan negatif (-).

2.5. 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.

2.5.1. 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 .

2.5.2 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 10×20 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.

2.5.3. 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/ideal 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 $(a+1)\%$.

2.6. Pengujian Interval Kepercayaan

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

Pertimbangan adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian

itu semakin menjadi tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan alpha sebesar 5% (100-95). Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan

Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter ditingkat populasi akan berada pada interval $\pm Z$ 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 :

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

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

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

Rumus interval kepercayaan :

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

2.7. Pengujian Hipotesis

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

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

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

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut :

1. Hipotesis nihil (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 operasional 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-variabel.

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

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

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

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

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

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

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

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

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



2.9. Penelitian Terdahulu

1. *Penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pada Perkerasan Lentur Jalan Raya* (M.Zainul Arifin, 2009). Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa proporsi *filler* dan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dihasilkan dalam campuran Laston sebesar proporsi 75 *filler* lumpur Lapindo dan 25 *filler* abu batu dan KAO = 7,7%. Sedangkan untuk campuran HRS sebesar = proporsi 25 *filler* lumpur Lapindo dan 75 *filler* abu batu dan KAO = 8,3%

2. *Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Tanah (Silt)* (Podang Teki R, 2010). Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap bahan-bahan dasar campuran aspal beton dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perencanaan campuran aspal beton dengan *filler* tanah (*silt*) ini dapat digunakan untuk lapis perkerasan karena telah memenuhi spesifikasi terhadap setiap pengujiannya. Dari hasil pengujian terhadap agregat diperoleh hasil kombinasi agregatnya yaitu 69,62% untuk fraksi agregat kasar, 25,30% untuk fraksi agregat halus, dan 5,08% untuk fraksi *filler*. Sedangkan untuk berat jenis tiap fraksinya diperoleh hasil 2,657 gram/cm³ untuk agregat kasar, 2,678 gram/cm³ untuk agregat halus, dan 2,587 gram/cm³ untuk *filler* tanah (*silt*).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Operasional Penelitian

Mengadakan pengamatan dan pemeriksaan terhadap pengaruh penggunaan lumpur Lapindo sebagai *filler* pada aspal beton. Kemudian hasil yang diperoleh dianalisis, dievaluasi dan disimpulkan.

3.2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Jalan Raya Institut Teknologi Nasional Malang mulai dari pemeriksaan mutu bahan-bahan material, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji.

3.3. Rancangan Penelitian

Rancangan Penelitian dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk meneruskan hipotesis penelitian.
2. Studi eksperimen dilakukan dilaboratorium untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

3.4. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dari tes agregat, tes campuran agregat, tes stabilitas seluruh benda uji dengan alat Marshall.

3.5. Persiapan Alat Pengujian, Bahan dan Benda Uji

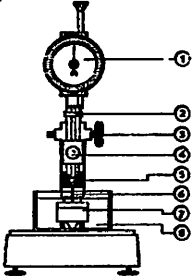
3.5.1. Persiapan Material

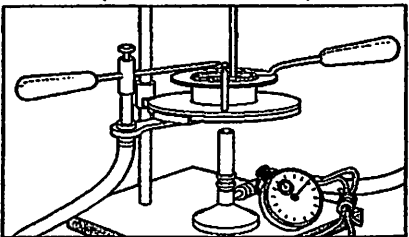
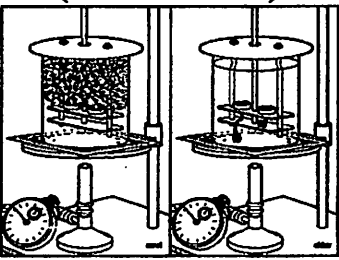
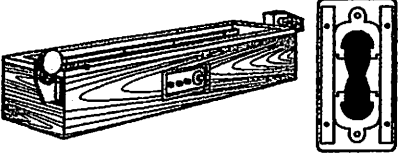
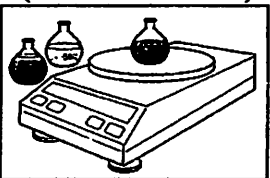
Untuk mendapatkan material yang sesuai dengan persyaratan, maka diperlukan pemeriksaan material terlebih dahulu. Agregat merupakan bahan pokok dalam pembuatan campuran aspal yang terdiri dari agregat kasar, agregat sedang, agregat halus dan *filler*. Penggunaan bahan agregat yang bermutu baik dalam memenuhi spesifikasi akan sangat mempengaruhi sifat-sifat campuran yang dihasilkan.

3.5.2. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

Tabel 3.1. Peralatan Pengujian Aspal

No.	PEMERIKSAAN	PERALATAN
1.	<p data-bbox="445 1428 719 1495"><i>Penetrasi Bahan Bitumen</i> (AASHTO T-49-80)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="953 1428 1117 1455">-Alat penetrasi <li data-bbox="953 1462 1145 1488">-Pemegang jarum <li data-bbox="953 1495 1135 1521">-Pemberat jarum <li data-bbox="953 1528 1061 1555">-penetrasi <li data-bbox="953 1561 1037 1588">-Cawan <li data-bbox="953 1594 1117 1621">-Bak perendam <li data-bbox="953 1628 1079 1654">-Tempat air <li data-bbox="953 1661 1135 1687">-Pengukur waktu <li data-bbox="953 1694 1093 1720">-Termometer

2.	<p style="text-align: center;"><i>Titik Nyala dan Titik Bakar</i> (AASHTO T-48-81)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Cawan kuning -Termometer -Nyala Penguji -Pemanas -Stopwach -Penahan angin
3.	<p style="text-align: center;"><i>Titik Lembek Aspal Dan Ter</i> (AASHTO T-53-89)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Cincin kuningan -Bola baja -Dudukan benda uji -Bejana Gelas tahan panas -Termometer -Penjepit -Alat pengarah bola
4.	<p style="text-align: center;"><i>Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen</i> (AASHTO T-51-81)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Termometer -Cetakan daktilitas -Kuningan -Bak perendam -Mesin uji -methyl alcohol -Sodium klorida
5.	<p style="text-align: center;"><i>Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter</i> (AASHTO T-226-79)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Termometer -Bak perendam -Piknometer -Air suling -Bejana gelas -Timbangan

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material Bahan Jalan, Buku II Pengujian Produk Pabrikasi.*

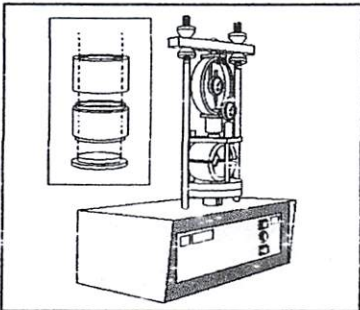
Tabel 3.2. Peralatan Pengujian Agregat

No.	PEMERIKSAAN	PERALATAN
1.	<p style="text-align: center;"><i>Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar</i> (AASHTO T-85-81)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Keranjang kawat -Tempat air -Timbangan -Oven -Alat pemisah -Saringan

2.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (AASHTO T-84-81) 	-Timbangan -Piknometer -Kerucut terpancung -Batang penumbuk -Saringan no.4 -Oven -Pengukur suhu -Talam -Bejana -Vacum pump
3.	Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar (AASHTO T-27-82) 	-Timbangan -Neraca -Satu set saringan lengkap -Oven -Alat pemisah contoh -Mesin pengguncang saringan -Talam -Kuas -Sikat kuningan

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*

Tabel 3.3. Peralatan Pengujian Campuran Aspal Beton (Alat Uji Marshall)

No.	PEMERIKSAAN	PERALATAN
1.	Campuran Aspal Metode Marshall (BS 812 : Part 3 : 1975)  <p>Pengujian Marshall meliputi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Persiapan benda uji 2. Penentuan berat jenis <i>bulk</i> dari benda uji 3. Pemeriksaan nilai stabilitas dan <i>flow</i> 4. Perhitungan sifat volumetrik benda uji (Kuosien Marshall, berat volume, VIM, VMA, VFA, tebal selimut aspal). 	Cetakan benda uji dari logam, Mesin penumbuk, Alat pengeluar benda uji, Alat Marshall, Oven, Bak perendam, Timbangan, Pengukur suhu dari logam, Wajan, Panci, sendok pengaduk, Spatula, Kompor, Pemanas, Sarung tangan, kantong plastic.

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku III Pengujian Produk Olahan.*



3.5.3. Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Aspal : Penetrasi 60/70 dari Pertamina
2. Agregat Halus : Pasir dari Lumajang
3. Agregat Kasar : Batu koral hasil pecahan mesin dari Kota Malang.
4. *Filler* : Lumpur PT. Lapindo Sidoarjo

3.5.4. Benda Uji

Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum yaitu dengan membuat benda uji dengan cara memvariasikan kadar aspal menggunakan *filler* abu batu dengan persentase 8% dari jumlah berat total agregat, dimana untuk masing-masing variasi dibuat benda uji sebanyak 10 buah. Setelah mendapatkan kadar aspal optimum kemudian membuat benda uji dengan cara memvariasikan kadar *filler* lumpur Lapindo sebagai pengganti *filler* abu batu mulai persentase 0%, 60%, 75%, 90% dan 100% dari berat total *filler*, berdasarkan persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Untuk masing-masing variasi dibuat benda uji sebanyak 10 buah.

3.6. Persiapan Benda Uji

Populasi adalah seluruh objek yang akan diteliti. Dalam penelitian ini benda uji secara keseluruhan dapat disebut populasi, sedangkan benda uji yang mewakili sebagian sebagian dari anggota populasi disebut sampel.

a. Uji kadar aspal optimum

Benda uji untuk mencari kadar aspal optimum pada penelitian ini menggunakan kadar aspal 5% sampai 7%. Masing-masing variasi mempunyai 10 benda uji.

b. Uji kadar *filler* optimum

Populasi benda uji pada penelitian ini dibagi dalam 5 kelompok yaitu :

1. Kelompok A (kadar *filler* 0%) : 10 benda uji
2. Kelompok B (kadar *filler* 60%) : 10 benda uji
3. Kelompok C (kadar *filler* 75%) : 10 benda uji
4. Kelompok D (kadar *filler* 90%) : 10 benda uji
5. Kelompok E (kadar *filler* 100%) : 10 benda uji

3.7. Variabel Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap hasil pengujian campuran aspal beton dengan uji Marshall dengan variabel yang akan diukur adalah sebagai berikut :

- a) Variabel bebas, yaitu berupa variasi kadar *filler* lumpur Lapindo.
- b) Variabel tak bebas, yaitu berupa pengamatan campuran meliputi:
 1. Nilai Stabilitas
 2. Nilai Flow
 3. Nilai rongga dalam campuran (*VIM*)
 4. Nilai rongga dalam agregat (*VMA*)
 5. Marshall Quotient (MQ)
 6. Indeks Perendaman (IP)

3.8. Analisis Data

Analisis data hasil pengujian dilakukan dengan menggunakan analisa regresi (R) dan cara distribusi F (*Anova*), dalam uji analisis menggunakan software Microsoft Excel. Adapun prinsip yang digunakan uji hipotesis dengan uji F adalah membandingkan varian yang dihitung berdasarkan data pengamatan dari seluruh benda uji.

Analisa regresi yaitu terdapat data yang terdiri atas dua buah atau lebih variabel, maka akan dicari suatu cara bagaimana variabel-variabel tersebut berhubungan. Hubungan yang terdapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variabel tersebut.

menggunakan metode statistik analisis varian satu arah

ΣY^2 = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) semua nilai pengamatan.

Ry = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) untuk rata – rata.

Py = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) antar perlakuan.

Ey = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) kekeliruan eksperimen.

Untuk mendapatkan grafik model kuadrat (lengkung) dapat dihitung dengan jalan menyelesaikan sistem persamaan sebagai berikut :

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

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

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

dimana :

Y = Variabel respon (nilai pengamatan)

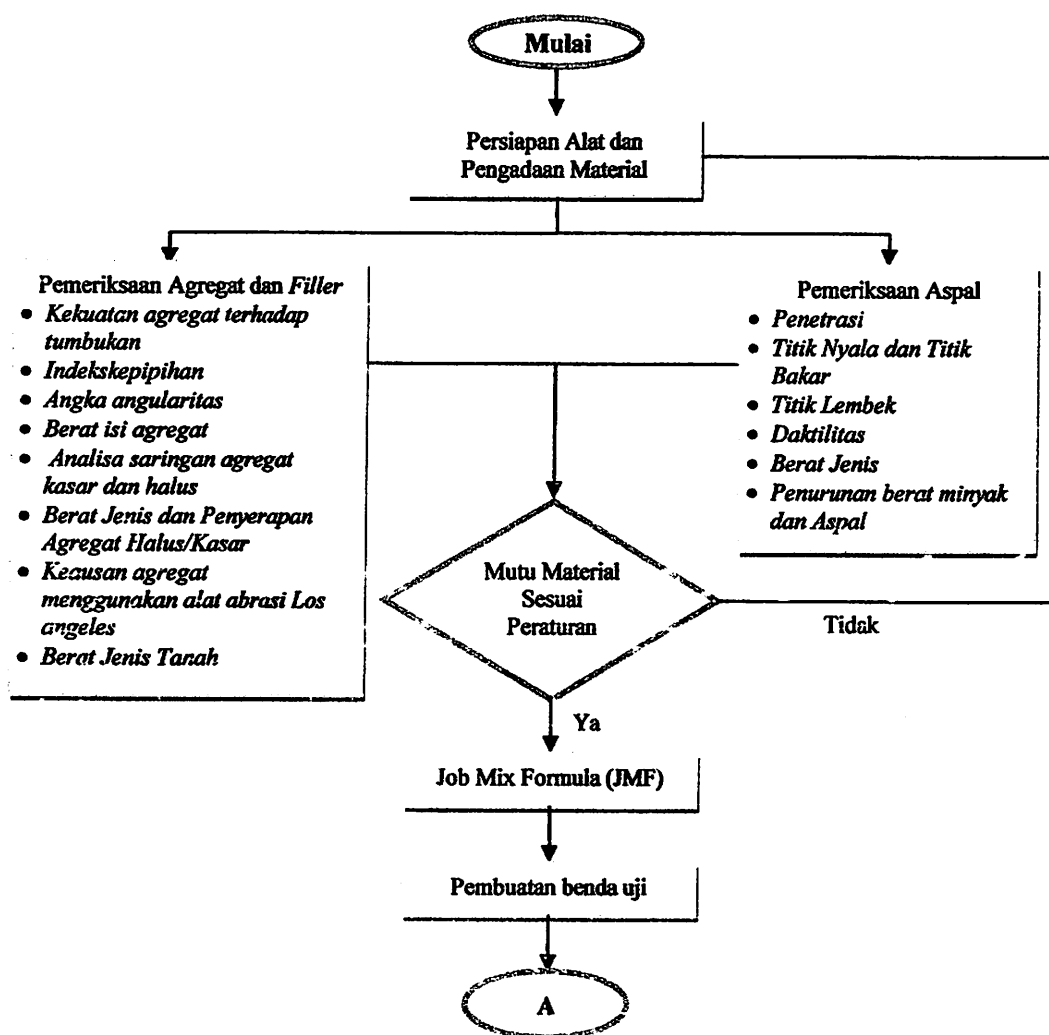
X = nilai taraf factor

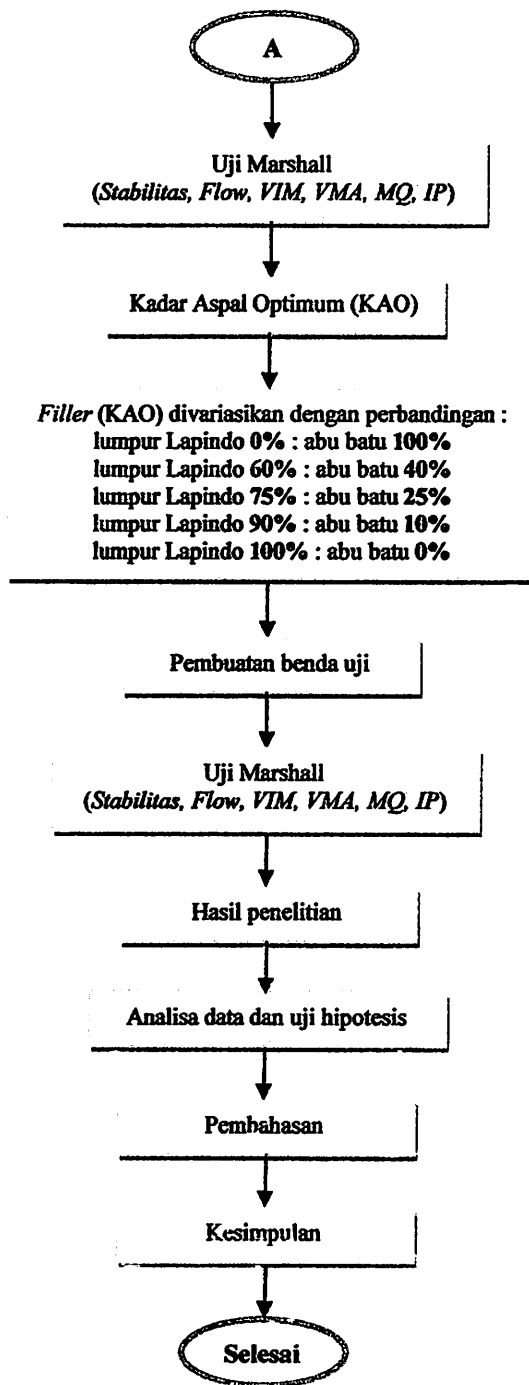
n = ukuran sampel

Dalam pengujian tersebut maka diperoleh:

1. $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti bahwa terdapat pengaruh antara nilai karakteristik Marshall terhadap variasi komposisi *filler* lumpur Lapindo.
2. $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak, yang berarti bahwa tidak terdapat pengaruh antara nilai karakteristik Marshall terhadap variasi komposisi *filler* lumpur Lapindo.

3.9. Bagan Alir Rencana Penelitian





Gambar 3.1. Bagan Alir Rencana Penelitian

BAB IV

DATA HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat

4.1.1. Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan

(Aggregate Impact Value) (BS 812 : Part 3 : 1975)

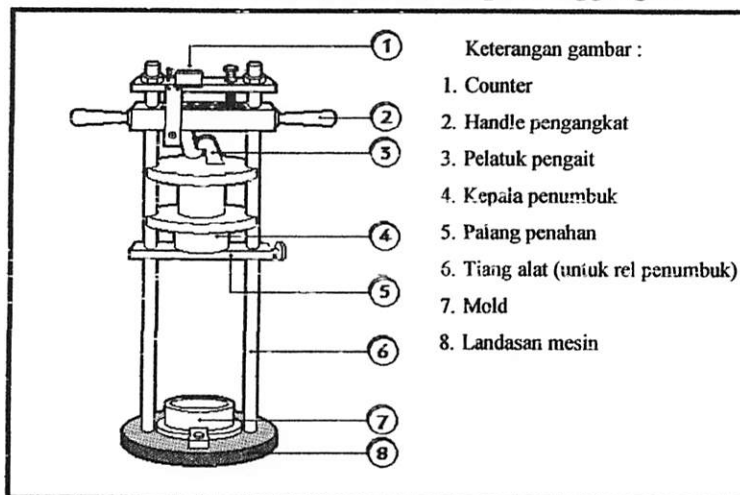
A. Maksud

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

B. Peralatan

- a. Alat yang digunakan adalah mesin impact agregat seperti yang ditunjukkan dengan detail pada gambar 4.1.

Gambar 4.1. 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 4.1. 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 μ m
	3,35 mm	2,36 mm	600 μ m
Catatan : Agregat dengan ukuran lebih besar dari 13,2 mm kurang cocok dilakukan Impact Test.			

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*

C. 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.

D. 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.

E. Perhitungan

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

dimana :

$AIV = \text{Aggregate Impact Value (\%)}$

$A = \text{Berat awal benda uji}$

$B = \text{Berat lolos saringan \# 2,36 mm (gr)}$

F. Tabel Perhitungan

**Tabel 4.2. 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	68,5	61,6
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS gram	431,5	439,3
	<i>Aggregate Impact Value (AIV)</i> (%)	13,70	12,32
	Rata-rata <i>Aggregate Impact Value</i> (%)	13,01	

Contoh Perhitungan :

1) Benda uji I

Diketahui :

Berat awal benda uji (A) = 500 gram

Berat lolos saringan (B) = 68,5 gram

Maka

$$\begin{aligned} AIV &= \frac{68,5}{500} \times 100 \% \\ &= 13,7 \% \end{aligned}$$

$$2) AIV \text{ rata-rata} = \frac{13,7 + 12,32}{2} = 13,01 \%$$

G. Hasil Penelitian

Hasil Perhitungan rata-rata aggregate impact value dari agregat kasar didapatkan nilai sebesar 13,01 %, sedangkan persyaratan aggregate impact value maksimum 30%, maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

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

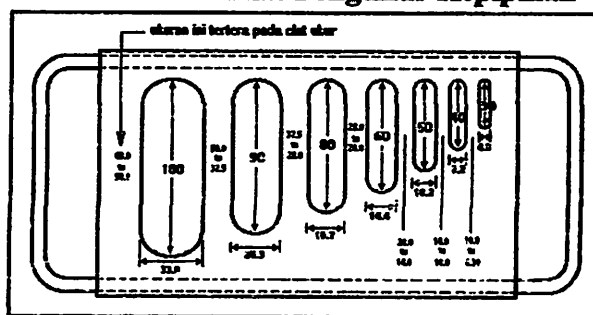
A. Maksud

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).

B. Peralatan

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

Gambar 4.2. 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.

C. 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 13 di bawah ini (yaitu dilakukan penyortiran agregat yang lolos saringan ukuran 63,0 mm dan tertahan saringan ukuran 6,30 mm).

Tabel 4.3. 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.

D. Prosedur Pelaksanaan

- a. Saring benda uji sesuai dengan ketentuan fraksi agregat pada tabel 4.4 di bawah.

Tabel 4.4. 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: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam*.

- 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 4.4. 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 .

E. 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.

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.5. 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		
20		
14	1793,5	51%
10	840,8	24%
6,3	624,3	18%
Berat benda uji	M1	3500 gram
Total prosentase berat tertahan di atas 5 %	M2	3258,6 gram
Total berat lolos pada tes flakiness dari M2	M3F	241,4 gram
Flakiness Index = $\frac{M3F \times 100}{M2}$		7,41 %

Contoh Perhitungan :

Diketahui :

$$M1 = 3500 \text{ gram}$$

$$M2 = 3258,6 \text{ gram}$$

$$M3F = 241,4 \text{ gram}$$

Maka

$$\text{Indeks kepipihan (\%)} = \frac{241,4 \times 100}{3258,6} = 7,41 \%$$

G. Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian Flakiness Index agregat kasar didapatkan nilai sebesar 7,41 %, maka agregat tersebut dapat digunakan. Syarat maksimum 10% (*Silvia Sukirman, 113*).

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

A. Maksud

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

B. 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).

C. 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 4.6. di bawah ini.

Tabel 4.6. 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: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam*.

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus disiapkan sebagai berikut :

1. Siapkan benda uji yang telah disortir dengan mengikuti tabel 4.6. 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.

D. 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).

E. 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.

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Angka Angularitas (*Angularity Number*)

Uraian		Berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	3560
Berat silinder + air penuh	W2	6580
Berat air	C = W2 - W1	3020
Percobaan I		
Berat silinder + agregat	W3	8250
Berat agregat	W4 = W3 - W1	4690
Percobaan II		
Berat silinder + agregat	W5	8200
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4640
Percobaan III		
Berat silinder + agregat 3	W7	8170
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4610

Contoh Perhitungan :

$$\text{Angka angularitas} = 67 - \frac{100 \times M}{C \times G_a} = 67 - \frac{100 \times ((4690 + 4640 + 4610)/3)}{3020 \times 2,52} = 5,94$$

G. Hasil Penelitian

Angka Angularitas yang disarankan berkisar antara 0 – 12. Hasil pengujian nilai yang didapat sebesar 5,94 berarti telah memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan jalan.

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

A. Maksud

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

B. Peralatan

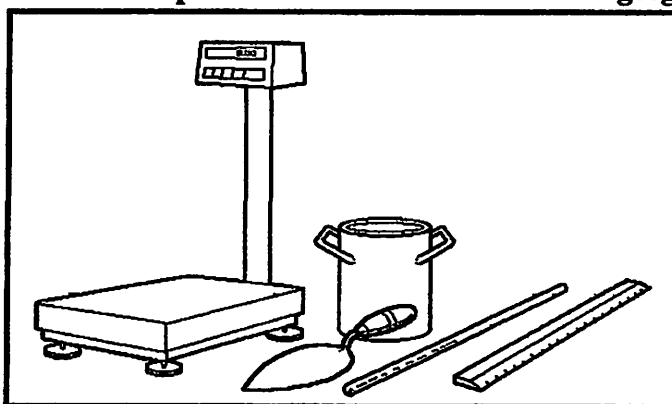
- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- c. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.
- d. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat, sebaiknya terbuat dari baja tahan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

Tabel 4.8. 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: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalar, Buku I Pengujian Bahan Alam*.

Gambar 4.3. Aparatus Pemeriksaan Berat Isi Agregat



C. Benda Uji

Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai dengan tabel 4.8. di atas. Keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

D. 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 ($W_3 = W_2 - W_1$)

E. Perhitungan

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

dimana :

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

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

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Berat Isi Agregat

Uraian		Berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	7910
Berat silinder + air penuh	W2	17950
Berat air	$C = W_2 - W_1$	10040
Agregat lepas		
Berat silinder + agregat	W2	20760
Berat agregat	$W_3 = W_2 - W_1$	12850
Agregat padat dengan tusukan		
Berat silinder + agregat	W2	21890
Berat agregat 2	$W_3 = W_2 - W_1$	13980
Agregat padat dengan goyangan		
Berat silinder + agregat 3	W7	22040
Berat agregat 3	$W_8 = W_7 - W_1$	14130
Berat isi agregat lepas		1,28
Berat isi agregat padat dengan tusukan		1,39
Berat isi agregat padat dengan goyangan		1,41
Rata-rata total berat isi		1,36

Contoh Perhitungan =

$$\text{Berat isi agregat lepas} = \frac{12,850}{10,040} = 1,2799 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Rata-rata total berat isi} = \frac{1,2799 + 1,3924 + 1,4074}{3} = 1,36 \text{ kg/dm}^3$$

G. Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian berat isi rongga udara, maka didapatkan :

$$\text{Berat isi agregat lepas} = 1,2799 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Berat isi agregat padat dengan tusukan} = 1,3924 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Berat isi agregat padat dengan goyangan} = 1,407 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Rata-rata total berat isi} = 1,36 \text{ kg/dm}^3$$

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

(ASTM C-136-46)

A. Maksud

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

B. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
- b. Satu set saringan :

Tabel 4.10. 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: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*

- c. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- d. Alat pemisah contoh (sample splitter).

- e. Mesin pengguncang saringan.
- f. Talam-talam.
- g. Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.

C. Benda Uji

Jumlah berat benda uji setelah pengeringan tidak kurang dari :

- a. Agregat Halus

Tabel 4.11. Berat Minimum Benda Uji Agregat Halus

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

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*

- b. Agregat Kasar

Tabel 4.12. 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: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*



- 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.

D. Prosedur Penelitian

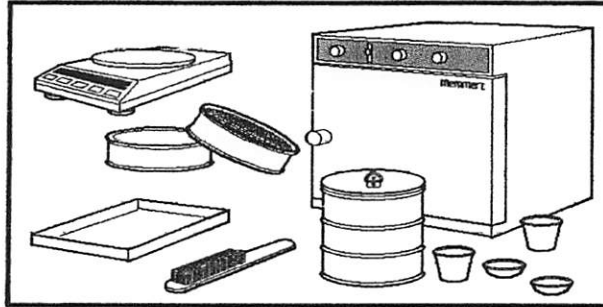
- a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
- b. Saring benda uji melewati susunan saringan dengan ukuran lubang saringan paling besar ditempatkan paling atas. Guncang susunan saringan tersebut dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

E. 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 4.4. Aparatus Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar



F. Tabel Perhitungan

Prosentase berat benda uji yang tertahan dan yang lolos dihitung berdasarkan masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

Tabel. 4.13. 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")	8030	8030	47,68	52,32
9,6 mm (3/8")	6740	14770	87,71	12,29
4,75 mm (No. 4)	1870	16640	98,81	1,19
2,38 mm (No. 8)	80	16720	99,29	0,71
1,19 mm (No. 16)	52,8	16772,8	99,60	0,40
0,59 mm (No. 30)	32,5	16805,3	99,79	0,21
0,279 mm (No. 50)	13,9	16819,2	99,88	0,12
0,15 mm (No. 100)	11,7	16830,9	99,95	0,05
0,075 mm (No. 200)	5,1	16836	99,98	0,02
p a n	4,1	16840,1	100	0
Total berat	16840,1			

Contoh Perhitungan:

Misalnya untuk saringan no. 1/2"

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

$$= (8030/16840,1) \times 100\% = 47,68 \%$$

Prosen lolos = 100 % - 47,68 % = 52,32 %

Tabel 4.14. 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 4.15. 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 %

G. Hasil Penelitian

Dari hasil analisa saringan agregat kasar, sedang dan halus didapatkan prosentase lolos yang selanjutnya akan dipergunakan dalam mencari prosentase campuran (*mix design*).

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

A. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), 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 persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

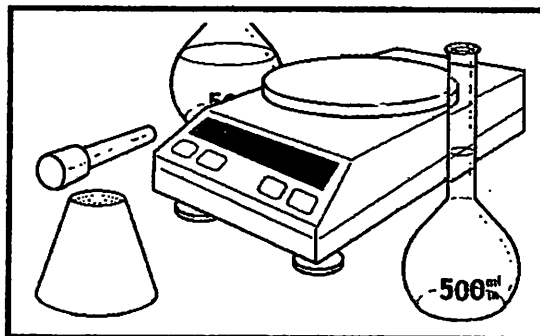
B. Peralatan

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

C. Benda Uji

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

Gambar 4.5. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



D. 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_1).
- 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).

E. Perhitungan

a. Berat jenis (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{B_k}{(B + B_j - B_1)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry)} &= \frac{B_j}{(B + B_j - B_t)} \\
 \text{c. Berat jenis semu (apparent specific gravity)} &= \frac{B_k}{(B + B_k - B_t)} \\
 \text{d. Penyerapan (absorpsi)} &= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%
 \end{aligned}$$

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)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B_k	499,4	499,9	499,65
Berat contoh kering permukaan jenuh	B_j	500	500	500
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	665,6	660,5	663,05
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	B_t	978,3	976,8	977,55
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2,67	2,72	2,69
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2,67	2,72	2,70
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,67	2,72	2,69
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	0,12%	0,02%	0,07%

Contoh Perhitungan:**Sampel I**

Berat contoh kering oven (B_k) = 499,4 gram

Berat contoh kering permukaan jenuh (B_j) = 500 gram

Berat piknometer berisi air (B) = 665,6 gram

Berat piknometer + contoh + air (B_t) = 978,3 gram

1. Berat jenis

$$499,4 / (665,6 + 500 - 978,3) = 2,67$$

2. Berat jenis kering permukaan jenuh

$$500 / (665,6 + 500 - 978,3) = 2,67$$

3. Berat jenis semu

$$499,4 / (665,6 + 499,4 - 978,3) = 2,67$$

4. Penyerapan

$$(500 - 499,4) / 499,4 \times 100\% = 0,12 \%$$

G. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata :

Berat jenis (bulk specific gravity) = 2,69

Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) = 2,70

Berat jenis semu (apparent specific gravity) = 2,69

Penyerapan (absorbansi) = 0,07 %

Sehingga semuanya masuk syarat berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan maksimal 3%.

4.1.7. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (AASHTO T-85-81)

A. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), 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 persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

B. 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.

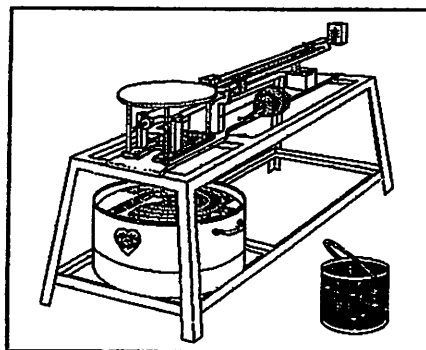


- c. Timbangan, berkapasitas 5 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- d. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- e. Alat pemisah contoh (sample splitter).
- f. Saringan no. 4.

C. Benda Uji

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

Gambar 4.6. Aparatus Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



D. 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).

E. 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)

F. Hasil Penelitian

Tabel 4.17. 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	3112,4	3100,3	3106,35
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,58	2,56	2,57
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,65	2,63	2,64
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,78	2,75	2,76
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	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) = 3112,4 gram

1. Berat jenis

$$4865 / (5000 - 3112,4) = 2,58$$

2. Berat jenis kering permukaan jenuh

$$5000 / (5000 - 3112,4) = 2,65$$

3. Berat jenis semu

$$4865 / (4865 - 3112,4) = 2,78$$

4. Penyerapan

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

G. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata :

Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>)	= 2,58
Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>saturated surface dry</i>)	= 2,65
Berat jenis semu (<i>apparent specific gravity</i>)	= 2,78
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	= 2,77 %

Sehingga semuanya masuk syarat berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan maksimal 3 %.

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

A. 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*.

B. 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 1/2") 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.

C. 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 4.18. 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 1/2")	25,0 (1")	1250 ± 25	-	-	-
25,0 (1")	19,0 (3/4")	1250 ± 25	-	-	-
19,0 (3/4")	12,5 (1/2")	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
12,5 (1/2")	9,5 (3/8")	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
9,5 (3/8")	6,3 (1/4")	-	-	2500 ± 25	-
6,3 (1/4")	4,75 (No.4)	-	-	2500 ± 25	-
4,75 (No.4)	2,36 (No. 8)	-	-	-	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Jumlah bola		12	11	8	6
Berat bola (gram)		5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 25	2500 ± 25

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material / Bahan Jalan, Buku I Pengujian Bahan Alam.*

D. 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.

E. 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)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.19. 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 : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	34,50 %	

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 %

= 34,50 %

G. Hasil Penelitian

Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan mesin Abrasi Los Angeles didapatkan nilai sebesar 34,50%, maka agregat tersebut memenuhi persyaratan depkimpraswil 2002 untuk keausan agregat 40% (*Silvia Sukirman, 113*).

4.1.9. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity Test*) (AASHTO T-100-74) (ASTM D-854-58)

A. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan No. 4 dengan picnometer. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan sisi yang sama pada suhu tertentu.

B. Peralatan

- a. Picnometer dengan kapasitas minimum 100 ml atau botol ukuran dengan kapasitas minimum 50 ml.
- b. Desikator.
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai 110°C.
- d. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram.
- e. Termometer dengan ukuran 0° – 50°C dengan ketelitian pembacaan 1°C.
- f. Saringan No. 4, No. 10, No. 40, dan penadahnya.
- g. Botol berisi air suling.

- h. Bak perendam.
- i. Pompa hampa udara (Vacum 1 – 1,5 PK) atau tungku listrik (kookplaat).

C. Benda Uji

Benda uji harus dipersiapkan sebagai berikut:

- a. Saringlah bahan yang akan diperiksa dengan saringan No. 4. Jika ternyata bahan tersebut terdiri dari butiran yang tertahan pada saringan No. 4, maka pemeriksaan berat jenis harus dilakukan menurut pemeriksaan “Berat jenis dan penyerapan agregat kasar“ (AASHTO T-85-74/ASTM C-127-68). Jika bahan yang akan diperiksa mengandung campuran butiran yang tertahan dan yang lewat saringan No. 4 tersebut maka berat jenis butiran yang tertahan pada saringan No. 4 diperiksa, menurut cara AASHTO T-85-74/ASTM C-127-68, sedang yang melalui saringan No. 4 diperiksa dalam pemeriksaan “Berat Jenis Tanah“ (AASHTO T-85-74/ASTM C-127-68). Berat jenis tanah adalah harga rata-rata dari kedua cara pemeriksaan di atas. Untuk pemeriksaan berat jenis tanah yang akan dipakai sebagai pembantu untuk pemeriksaan hidrometer, maka contoh tanah harus dipilih melalui saringan No. 10 atau No. 40.
- b. Peroleh contoh dengan pemisah contoh atau cara perempat dari bahan lewat saringan No. 4 atau No. 10. Benda uji dalam keadaan kering oven tidak boleh kurang dari 10 gram untuk botol ukur dan 50 gram untuk picnometer.

- c. Keringkan benda uji pada temperatur $105^{\circ} - 110^{\circ} \text{ C}$ dan dinginkan sesudah itu dalam desikator. Atau benda uji dalam keadaan tidak dikeringkan.

D. Prosedur Pelaksanaan

- a. Cuci picnometer dengan air suling dan keringkan. Timbang picnometer dengan tutupnya, dengan ketelitian 0,01 gram (w_1).
- b. Masukkan benda uji ke dalam picnometer dan timbang beserta tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (w_2).
- c. Tambahkan air suling sehingga picnometer terisi dua pertiga tinggi picnometer untuk bahan yang mengandung lempung diamkan benda uji terendam paling sedikit 24 jam.
- d. Didihkan isi picnometer dengan hati-hati selama minimal 10 menit, dan miringkan botol sekali-kali untuk membantu mempercepat pengeluaran udara yang terserap.
- e. Dalam hal mempergunakan pompa vacuum tekanan udara di dalam picnometer atau botol ukur tidak boleh dibawah 100 mm Hg. Kemudian isilah picnometer dengan air suling dan biarkan picnometer beserta isinya untuk mencapai suhu konstan di dalam bejana air atau dalam kamar. Sesudah suhu konstan tambahkan air suling seperlunya sampai tanda batas luarnya dan timbang dengan ketelitian 0,01 gram (w_3). Ukur suhu dari isi picnometer dengan penelitian 1° C .
- f. Bila isi picnometer belum diketahui maka tentunya isinya sebagai berikut, Kosongkan picnometer dan bersihkan. Isi picnometer dengan

air suling yang suhunya sama dengan suhu pada °C dengan ketelitian 1° C dan pasang tutupnya. Keringkan bagian luarnya dan timbang dengan ketelitian 0,01 gram dan dikoreksi terhadap suhu, lihat catatannya (W_4).

g. Pemeriksaan dilakukan ganda.

E. Perhitungan

Hitung berat jenis contoh dengan rumus di bawah ini :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) (W_3 - W_2)} \times T$$

Dimana :

w_1 = berat picnometer

w_2 = berat picnometer dan bahan kering (gram)

w_3 = berat picnometer, bahan, dan air (gram)

w_4 = berat picnometer dan air (gram)

T = factor koreksi suhu

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.20. Hasil Pengujian Berat Jenis Lumpur Lapindo

Kode	TR - 1	SK - 3
Nomor Botol	1	2
Berat Botol + Tanah (W_2) gr	311,98	244,36
Berat Botol (W_1) gr	173,66	151,27
Berat Tanah ($W_2 - W_1$) gr	138,32	93,09
Suhu (T) °C	25	25
Berat Botol + Air pada T (W_4) gr	671	648
$W_2 - W_1 + W_4$ gr	809,32	741,09
Berat Botol + Air + Tanah (W_3) gr	758,41	707,52
Faktor Koreksi Suhu	0,9986	0,9986
Isi Tanah ($W_2 - W_1$) + ($W_4 - W_3$) cm ³	50,91	33,57
Berat Jenis Tanah	2,713	2,769
Rata-rata	2,741	

Tabel 4.21. Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu

Kode		TR - 2	TR - 3
Nomor Botol		1	2
Berat Botol + Tanah (W_2)	gr	296	290,9
Berat Botol (W_1)	gr	167,5	159,5
Berat Tanah ($W_2 - W_1$)	gr	128,5	131,4
Suhu (T)	$^{\circ}\text{C}$	25	25
Berat Botol + Air pada T (W_4)	gr	665	656,5
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	793,5	787,9
Berat Botol + Air + Tanah (W_3)	gr	738,83	731,99
Faktor Koreksi Suhu		0,9986	0,9986
Isi Tanah ($W_2 - W_1$) + ($W_4 - W_3$)	cm^3	54,67	55,91
Berat Jenis Tanah		2,347	2,347
Rata-rata		2,347	

Contoh Perhitungan :

Lumpur Lapindo

$$W_1 = 173,66 \text{ gr} \quad W_2 = 311,98 \text{ gr}$$

$$W_3 = 758,41 \text{ gr} \quad W_4 = 671 \text{ gr}$$

maka

$$W_2 - W_1 = 311,98 - 173,66 = 138,32 \text{ gr}$$

$$W_4 - W_3 = 671 - 758,41 = -87,41 \text{ gr}$$

maka

$$Gs = \frac{138,32}{(138,32) + (-87,41)} \times 0,9986 = 2,713$$

$$Gs_{rata-rata} = \frac{Gs_1 + Gs_2}{2} = 2,741$$

G. Hasil Penelitian

Berat jenis lumpur Lapindo = 2,741

Berat jenis abu batu = 2,347



4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal

4.2.1. Pemeriksaan Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen (AASHTO T-49-80)

(ASTM D-5-71)

A. 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.

B. 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 4.22. Ukuran Cawan Penetrasi

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

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material Bahan Jalan, Buku II Pengujian Produk Pabrikasi*.

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-iubang, 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.

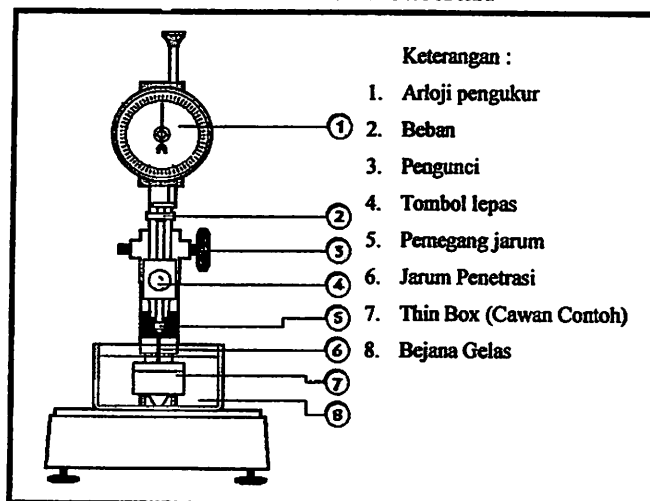
i. Termometer.

C. 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 4.7. Alat Penetrasi



D. 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.

E. Perhitungan

Nilai penetrasi dinyatakan sebagai rata-rata dari sekurang-kurangnya 3 pembacaan dengan ketentuan bahwa hasil-hasil pembacaan tidak melampaui ketentuan pada tabel 4.23.

Tabel 4.23. Toleransi Untuk Hasil Penetrasi

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

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material Bahan Jalan, Buku II Pengujian Produk Pabrikasi*.

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

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.24. Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Sebelum Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	75	77	78	79	80
Benda uji II	78	75	77	76	73
Rata-rata	77				

Tabel 4.25. Hasil Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Setelah Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	73	71	72	70	71
Benda uji II	70	72	73	74	75
Rata-rata	72				

G. Hasil Penelitian

1. Hasil Pengujian penetrasi aspal sebelum kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 77
2. Hasil Pengujian penetrasi aspal setelah kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 72
3. Maka dari kedua pengujian tersebut memenuhi syarat Depkimpraswil 2002 (*Silvia Sukirman, 116*).
 - 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)

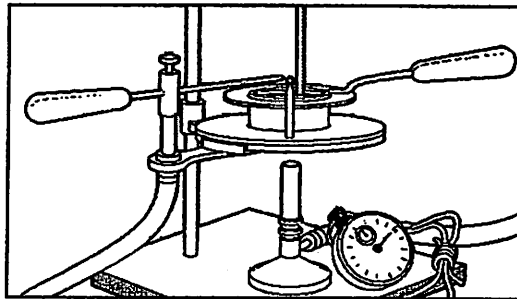
A. Maksud

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.

B. 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 4.8. Alat Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar



C. Benda Uji

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

D. Prosedur Pelaksanaan

- a. Letakkan cawan di atas nyala pemanas tepat di bawah titik tengah cawan.
- b. Letakkan nyala penguji dengan poros pada jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
- c. Pasanglah termometer, nyalakan kompor dan atur pemanasan sehingga kenaikan suhu adalah 15°C per menit sampai mencapai suhu 56°C di bawah titik nyala yang diperkirakan untuk selanjutnya kenaikan suhu 5°C sampai 6°C per menit.
- d. Tempatkan penahan angindi depan nyala penguji.
- e. Nyalakan sumber pemanas dan aturlah pemanas sehingga kenaikan suhu menjadi (15 ± 1) °C per menit sampai benda uji mencapai 56°C di bawah titik nyala perkiraan.

- f. Kemudian aturlah kecepatan pemanasan 5°C sampai 6°C permenit pada suhu antara 56°C dan 28°C di bawah titik nyala perkiraan.
- g. Nyalakan nyala penguji dan aturlah agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 sampai 4,8 mm.
- h. Putarlah nyala penguji sehingga melalui permukaan cawan (dari tepi ke tepi cawan) dalam waktu satu detik. Ulangilah pekerjaan tersebut setiap kenaikan 2°C .
- i. Lanjutkan pekerjaan f sampai h sampai terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada termometer dan catat.
- j. Lanjutkan pekerjaan i sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang-kurangnya 5 detik di atas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada termometer dan catat.

E. Perhitungan

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

Tabel 4.26. 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 ($5,5^{\circ}\text{C}$)
Titik bakar lebih dari	10°F ($5,5^{\circ}\text{C}$)	15°F (8°C)

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemeriksaan Material Bahan Jalan, Buku II Pengujian Produk Pabrikasi*.



F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.27. 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			

G. Hasil Penelitian

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. (*Silvia Sukirman, 116*).

4.2.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Dan Ter (AASHTO T-53-89)

A. 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.

B. 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.

C. 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.

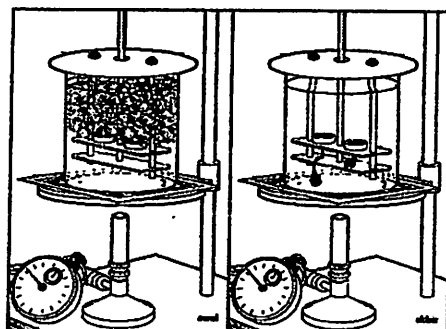
Tuangkan contoh. Kemudian tuang contoh ke dalam 2 buah cincin, diamkan pada suhu $\pm 8^{\circ}\text{C}$ di bawah titik lembeknya sekurang-kurangnya 30 menit.

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

D. 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 4.9. Pemeriksaan Titik Lembek



E. Tabel Pengujian

Tabel 4.28. 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 4.29. 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					

F. Hasil Penelitian

- a. Hasil pengamatan titik lembek aspal sebelum kehilangan berat adalah 49°C dan 50°C.
- b. Hasil pengamatan titik lembek aspal setelah kehilangan berat adalah 51°C dan 52°C.

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

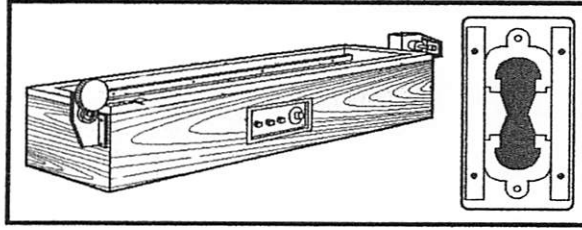
A. Maksud

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.

B. Peralatan

- a. Termometer.
- b. Cetakan daktilitas kuningan
- c. Bak perendam isi 10 liter yang dapat menjaga suhu tertentu selama pengujian dengan ketelitian 0,1°C dan benda uji dapat direndam sekurang-kurangnya 10 cm di bawah permukaan air.
- d. Mesin uji dengan ketentuan sebagai berikut :
 1. Dapat menarik baja dengan kecepatan yang tetap
 2. Dapat menjaga benda uji tetap terendam dan tidak menimbulkan getaran selama pemeriksaan.
- e. Methyl alkohol teknik dan sodium klorida teknik.

Gambar 4.10. Mesin Pengukur dan Cetakan Daktilitas



C. 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.

D. 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 cetaknya.

- 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 ($25 \pm 9,5$) °C.

E. Tabel Pengujian

Tabel 4.30. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 100 cm	> 100 cm
Rata-rata	> 100 cm	

Tabel 4.31. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 100 cm	> 100 cm
Rata-rata	> 100 cm	

F. Hasil Penelitian

1. Hasil pemeriksaan daktilitas aspal sebelum dan sesudah kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar > 100 cm
2. Kedua daktilitas tersebut memenuhi syarat Depkimpraswil 2002 yaitu minimum 100 cm. (*Silvia Sukirman, 116*)

4.2.5. Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter

(AASHTO T-226-79)

A. 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.

B. Peralatan

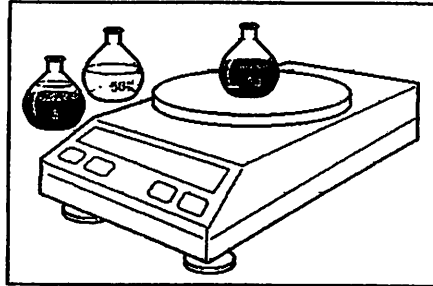
- a. Termometer.
- b. Bak perendam yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan ketelitian $(25 \pm 0,1)^{\circ}\text{C}$.
- c. Piknometer.
- d. Air suling sebanyak 1000 cm^3 .
- e. Bejana gelas.
- f. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.

C. 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 4.11. Pemeriksaan Berat Jenis dan Ter



D. 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).

E. 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)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.32. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	36.9	36.9
Berat piknometer	11.3	11.3
Berat air (= isi piknometer)	25.6	25.6
Berat piknometer + contoh	29.7	33.8
Berat piknometer	11.3	11.3
Berat contoh	18.4	22.5
Berat pikno + air + contoh	37.9	37.5
Berat piknometer + contoh	29.7	33.8
Berat air	8.2	3.7
Isi bitumen	17.4	21.9
Berat Jenis :		
$\frac{\text{Berat contoh}}{\text{Berat air sebanyak isi bitumen}}$	1.06	1.03

Contoh Perhitungan :

Berat piknometer (A) = 11,3 gram

Berat piknometer berisi air (B) = 36,9 gram

Berat piknometer berisi aspal (C) = 29,7 gram

Berat piknometer berisi aspal dan air (D) = 37,9 gram

$$BJ = \frac{(29,7 - 11,3)}{(36,9 - 11,3) - (37,9 - 29,7)} = 1,06$$

G. Hasil Penelitian

Hasil pemeriksaan berat jenis aspal pada sampel I didapatkan 1,06 dan pada sampel II didapatkan 1,03. Dari hasil pemeriksaan tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk pemeriksaan berat jenis aspal yang ditentukan yaitu minimum 1. (*Silvia Sukirman, 116*)

4.2.6. Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak Dan Aspal

(AASHTO T-47-82)

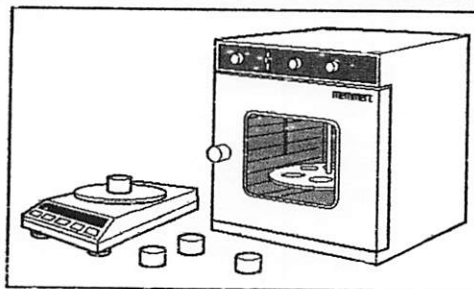
A. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menetapkan penurunan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam prosen berat semula.

B. 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 4.12. Aparatus Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal



C. 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)

D. 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.

E. 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)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.33. 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

$$\text{Penurunan berat} = \frac{74,9 - 74,7}{74,9} \times 100 \% = 0,267 \%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(0,149 + 0,296 + 0,287)}{3} \times 100 \% = 0,179 \%$$

G. Hasil Penelitian

Hasil pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal didapatkan nilai sebesar 0,179 %, maka aspal tersebut memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 yaitu maksimum 0,6 %. (*Silvia Sukirman, 116*)

4.3. Perencanaan Komposisi Campuran

4.3.1. Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis

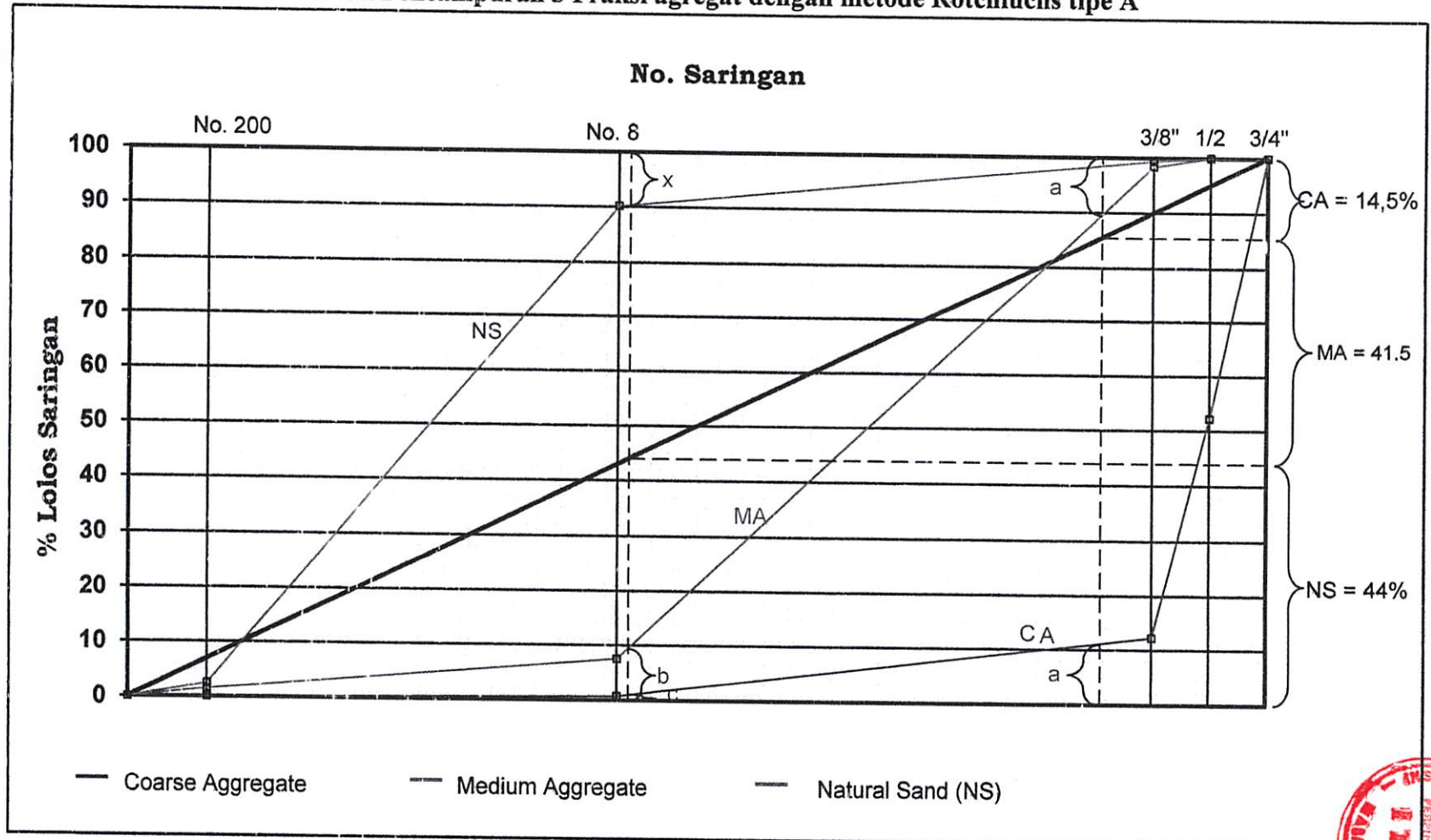
Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan prosentase agregat yang lolos pada masing-masing saringan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan Metode Grafis tipe A seperti pada grafik 4.1. Berikut cara menentukan proporsi masing-masing fraksi 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) 14,5 %, agregat sedang (MA) 41,5 %, agregat halus (NS) 44 % dan *filler* (FF) 8%.

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 (0,5-1,0)

Berdasarkan rumus di atas, pada penelitian campuran Asphalt Concrete ini didapat nilai aspal tengah :

$$P = 0,035(13,34\%+38,18\%) + 0,045(40,48\%) + 0,18(8\%) + 0,75 \\ = 5,81 \%$$

Kadar aspal yang diperoleh dibulatkan menjadi 6 %. 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 : 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%

Tabel 4.34. Gradasi Agregat

Ukuran Saringan	Gradasai Agregat				% Lolos berdasarkan Proporsi				Total	Spek
	CA	MA	NS	FF	CA	MA	NS	FF		
	%lolos	%lolos	%lolos	%lolos	13,34	38,18	40,48	8		
3/4"	100	100	100	100	13,34	38,18	40,48	8	100	100
1/2"	52,32	100	100	100	6,98	38,18	40,48	8	93,64	90-100
3/8"	12,29	98,36	99,41	100	1,64	37,55	40,24	8	87,44	max 90
No.8	0,71	7,58	90,15	100	0,10	2,89	36,49	8	47,48	28-58
No.200	0,02	1,52	2,52	100	0	0,58	1,02	8	9,6	4-10
pan	0	0	0	100						

Contoh Perhitungan :

$$CA = 14,5 - ((14,5/100) \times 8) = 13,34 \%$$

$$MA = 41,5 - ((41,5/100) \times 8) = 38,18 \%$$

$$NS = 44 - ((44/100) \times 8) = 40,48 \%$$

$$CA = (13,34/100) \times 52,32 = 6,98 \%$$

$$MA = (38,18/100) \times 98,36 = 37,55 \%$$

$$NS = (40,48/100) \times 99,41 = 40,24 \%$$

4.3.3. Perhitungan Berat Agregat

Tabel 4.35. Perhitungan Berat Agregat Setiap Variasi Kadar Aspal

Prosentase Aspal (%)	Mix Design AC (gram)				
	5	5.5	6	6.5	7
CA	152.08	151.28	150.48	149.67	148.87
MA	435.25	432.96	430.67	428.38	426.09
NS	461.47	459.04	456.61	454.19	451.76
FF	91.20	90.72	90.24	89.76	89.28
Aspal	60	66	72	78	84
Total	1200	1200	1200	1200	1200

Contoh Perhitungan:

$$\text{Aspal} = 5\% \times 1200 = 60 \text{ gram}$$

$$\text{Total Agregat} = 1200 - 60 = 1140 \text{ gram}$$

$$\text{CA} = 13,34\% \times 1140 = 152,08 \text{ gram}$$

$$\text{MA} = 38,18\% \times 1140 = 435,25 \text{ gram}$$

$$\text{NS} = 40,48\% \times 1140 = 461,47 \text{ gram}$$

$$\text{FF} = 8\% \times 1140 = 91,20 \text{ gram}$$

$$\text{Total} = 1200 \text{ gram}$$

4.4. Marshall Test

4.4.1. Maksud dan Tujuan

Metode pengujian campuran aspal ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian campuran aspal dengan alat Marshall. Sedangkan tujuan dari pengujian ini adalah untuk menyeragamkan cara mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan dalam kriteria perencanaan. Hasil-hasil dari pengujian dijadikan acuan dalam mendapatkan kadar aspal optimum dan kadar *filler* optimum.

Pengujian Marshall dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

4.4.2. 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 (%).

4.5. Perhitungan Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) menggunakan Abu Batu

4.5.1. 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 = 5%

Nomor Benda Uji = 1

BJ agregat = 2,57

BJ aspal = 1,04

a = Diameter (cm)

= 10,16 cm

b = Tinggi 1 (cm)

= 6,94 cm

c = Tinggi 2 (cm)

= 6,96 cm

d = Tinggi 3 (cm)

= 6,97 cm

$$\begin{aligned}
 e = \text{Tinggi rata-rata (cm)} &= \left(\frac{b+c+d}{3} \right) \times 10 \\
 &= \frac{6,94+6,96+6,97}{3} \times 10 \\
 &= 69,57 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f = \% \text{ aspal terhadap agregat} &= \frac{\% \text{ aspal} \times 12}{1200 - \% \text{ Aspal} \times 12} \times 100 \\
 &= \frac{5 \times 12}{1200 - 5 \times 12} \times 100 \\
 &= 5,26 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g = \% \text{ aspal terhadap campuran} \\
 &= 5 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h = \text{Berat sampel (gram)} \\
 &= 1183,9 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i = \text{Berat SSD (gram)} \\
 &= 1193,3 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 j = \text{Berat dalam air (gram)} \\
 &= 645,5 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k = \text{Isi (gram)} &= i - j \\
 &= 1193,3 - 645,5 \\
 &= 547,8 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l &= \text{Berat isi} = \frac{h}{k} \\
 &= \frac{1183,9}{547,8} \\
 &= 2,161
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \text{Berat jenis maksimum teoritis} = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ aspal}}} \\
 &= \frac{100}{\frac{100-5}{2,57} + \frac{5}{1,04}} \\
 &= 2,412
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{g \times l}{BJ \text{ aspal}} \\
 &= \frac{5 \times 2,161}{1,04} \\
 &= 10,39
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 o &= \frac{(100 - g) \times 1}{BJ \text{ Agregat}} \\
 &= \frac{(100 - 5) \times 1}{2,605} \\
 &= 78,815
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \text{Jumlah kandungan rongga (\%)} = 100 - n - o \\
 &= 100 - 10,39 - 78,815 \\
 &= 10,795
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 q &= \% \text{ rongga terhadap agregat VMA} = 100 - o \\
 &= 100 - 78,815 \\
 &= 21,185
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= \% \text{ rongga terisi aspal VFB} = \frac{100 \times n}{q} \\
 &= \frac{100 \times 10,39}{21,185} \\
 &= 49,046
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \% \text{ rongga dalam campuran VIM} = 100 - \left[100x \left(\frac{l}{m} \right) \right] \\
 &= 100 - \left[100x \left(\frac{2,161}{2,412} \right) \right] \\
 &= 10,402
 \end{aligned}$$

t = Masuk Waterbath (jam)

u = Test (jam)

v = Pembacaan arloji stabilitas

$$= 115$$

w = dari tabel lampiran kalibrasi didapat regresi nilai v = 115 \approx 3416,48 lbf

x = w x 0,44482 (kg)

$$= 3416,48 \times 0,44482$$

$$= 1519,72 \text{ kg}$$

y = Angka koreksi (tebal), didapat dari tabel lampiran angka koreksi secara regresi ; e = 69,57 \approx 0,841

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

$$= 1519,72 \times 0,841$$

$$= 1278,29$$

$$aa = 2,9 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{1278,29}{2,9}$$

$$= 440,79 \text{ kg/mm}$$

Tabel 4.36. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 5 %)

Kadar Aspal		5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	6.94	6.89	6.84	6.57	6.49	6.60	6.58	6.83	6.83	6.74
c	Tinggi 2 (cm)	6.96	6.89	6.86	6.55	6.47	6.59	6.62	6.81	6.85	6.74
d	Tinggi 3 (cm)	6.97	6.85	6.83	6.57	6.47	6.59	6.58	6.81	6.87	6.71
e	Tinggi rata-rata (mm)	69.57	68.77	68.43	65.63	64.77	65.93	65.93	68.17	68.50	67.30
f	% aspal thd agregat	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26
g	% aspal thd campuran	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
h	Berat sampel (gram)	1183.9	1168.2	1171.0	1171.1	1140.4	1124.8	1168.4	1160.8	1176.8	1168.0
I	Berat SSD (gram)	1193.3	1176.3	1181.9	1177.8	1147.4	1183.9	1174.7	1169.5	1184.6	1176.5
j	Berat dalam air (gram)	645.5	632.2	643.9	647.1	625.1	633.2	645.1	634.8	645.8	640.6
k	Isi (gram)	547.80	544.10	538.00	530.70	522.30	550.70	529.60	534.70	538.80	535.90
l	Berat isi	2.161	2.147	2.177	2.207	2.183	2.042	2.206	2.171	2.184	2.180
m	BJ maksimum teoritis	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412
n	(g ³)/b _j aspal	10.390	10.322	10.464	10.609	10.497	9.820	10.607	10.437	10.501	10.478
o	((100-g ³)/b _j agregat	78.815	78.299	79.376	80.475	79.626	74.486	80.456	79.170	79.651	79.483
p	Jumlah kandungan rongga (%)	10.795	11.38	10.16	8.92	9.88	15.69	8.94	10.39	9.85	10.04
q	% rongga thd agregat VMA	21.185	21.701	20.624	19.525	20.374	25.514	19.544	20.830	20.349	20.517
r	% rongga terisi aspal	49.046	47.565	50.739	54.336	51.522	38.488	54.271	50.108	51.602	51.072
s	% rongga dlm campuran VIM	10.402	10.989	9.764	8.515	9.480	15.323	8.536	9.998	9.451	9.642
t	Jam Masuk water bath	15.00	15.05	15.10	15.15	15.20	15.25	15.30	15.35	15.40	15.45
u	Jam Test	15.30	15.35	15.40	15.45	15.50	15.55	16.00	16.05	16.10	16.15
v	Pembacaan arloji stabilitas	115	113	112	111	107	106	117	115	119	121
w	lbf	3416.48	3357.83	3328.50	3299.16	3181.73	3152.36	3475.09	3416.48	4699.67	3592.25
x	kg	1519.72	1493.63	1480.58	1467.53	1415.30	1402.23	1545.79	1519.72	2090.51	1597.90
y	koreksi (tebal)	0.841	0.862	0.871	0.946	0.969	0.938	0.938	0.878	0.869	0.901
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1278.29	1287.38	1289.25	1388.33	1371.23	1315.35	1450.02	1334.17	1816.63	1440.15
aa	Flow	2.9	3.1	2.5	2.9	2.2	2.9	2.9	3.0	2.9	2.9
ab	Marshall Quotient	440.79	415.28	515.70	478.73	623.29	453.57	500.01	444.72	626.43	496.60

Tabel 4.37. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 5,5 %)

Kadar Aspal		5.5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	6.66	6.82	6.78	6.70	6.77	6.66	6.77	6.66	6.78	6.77
c	Tinggi 2 (cm)	6.72	6.77	6.78	6.69	6.75	6.64	6.66	6.71	6.73	6.71
d	Tinggi 3 (cm)	6.69	6.81	6.78	6.66	6.78	6.66	6.72	6.66	6.76	6.63
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.90	68.00	67.80	66.83	67.67	66.53	67.17	66.77	67.57	67.03
f	% aspal thd agregat	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
g	% aspal thd campuran	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
h	Berat sampel (gram)	1201.1	1190.7	1185.6	1180.6	1180.5	1181.1	1186.0	1180.0	1179.3	1181.7
i	Berat SSD (gram)	1210.9	1209.7	1204.4	1201.6	1201.9	1200.4	1204.2	1198.9	1198.8	1203.7
j	Berat dalam air (gram)	679.5	664.7	661.0	663.3	660.3	662.0	666.0	660.1	660.9	664.4
k	Isi (gram)	531.40	545.00	543.40	538.30	541.60	538.40	538.20	538.80	537.90	539.30
l	Berat isi	2.260	2.185	2.182	2.193	2.180	2.194	2.204	2.190	2.192	2.191
m	BJ maksimum teoritis	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395
n	((g ³)/b _j aspal)	11.953	11.554	11.538	11.599	11.527	11.601	11.654	11.582	11.595	11.588
o	((100-g ³)/b _j agregat)	81.994	79.256	79.148	79.561	79.070	79.580	79.940	79.447	79.533	79.488
p	Jumlah kandungan rongga (%)	6.05	9.19	9.31	8.84	9.40	8.82	8.41	8.97	8.87	8.92
q	% rongga thd agregat VMA	18.006	20.744	20.852	20.439	20.930	20.420	20.060	20.553	20.467	20.512
r	% rongga terisi aspal	66.385	55.697	55.336	56.749	55.074	56.815	58.096	56.352	56.649	56.493
s	% rongga dlm campuran VIM	5.644	8.795	8.918	8.443	9.009	8.422	8.007	8.575	8.476	8.528
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	11.35	11.40	11.45	11.50	11.55	12.00	12.05	12.10	12.15	12.20
v	Pembacaan arloji stabilitas	142	158	157	153	140	148	151	162	144	131
w	lbf	4205.48	4670.66	4641.63	4525.48	4147.21	4380.13	4467.36	4786.68	4263.72	3884.64
x	kg	1870.68	2077.60	2064.69	2013.02	1844.76	1948.37	1987.17	2129.21	1896.59	1727.97
y	koreksi (tebal)	0.912	0.882	0.888	0.914	0.891	0.922	0.905	0.916	0.894	0.908
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1706.21	1833.25	1832.98	1839.66	1644.37	1796.32	1798.15	1949.67	1695.69	1569.83
aa	Flow	2.9	3.1	2.9	3.0	2.7	2.8	3.0	3.6	3.0	2.7
ab	Marshall Quotient	588.35	591.37	632.06	613.22	609.03	643.84	599.38	541.57	565.23	581.42

Tabel 4.38. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 6 %)

Kadar Aspal		6 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	6.67	6.60	6.76	6.55	6.60	6.62	6.59	6.66	6.71	6.69
c	Tinggi 2 (cm)	6.72	6.63	6.75	6.58	6.62	6.55	6.61	6.66	6.72	6.68
d	Tinggi 3 (cm)	6.74	6.60	6.74	6.54	6.63	6.57	6.62	6.63	6.74	6.66
e	Tinggi rata-rata (mm)	67.10	66.10	67.50	65.57	66.17	65.80	66.07	66.50	67.23	66.77
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)	1172.6	1189.6	1204.2	1182.6	1178.8	1188.1	1193.0	1187.5	1195.8	1195.4
i	Berat SSD (gram)	1195.0	1207.5	1220.0	1199.3	1197.9	1205.4	1209.0	1205.6	1204.3	1204.5
j	Berat dalam air (gram)	658.5	674.3	678.2	672.0	669.6	673.2	679.1	669.6	666.5	666.5
k	Isi (gram)	536.50	533.20	541.80	527.30	528.30	532.20	529.90	536.00	537.80	538.00
l	Berat isi	2.186	2.231	2.223	2.243	2.231	2.232	2.251	2.215	2.224	2.222
m	BJ maksimum teoritis	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379
n	((g ³)/b _j aspal)	12.610	12.871	12.823	12.939	12.873	12.879	12.989	12.782	12.828	12.819
o	((100-g ³)/b _j agregat)	78.868	80.506	80.201	80.928	80.516	80.556	81.239	79.945	80.234	80.177
p	Jumlah kandungan rongga (%)	8.52	6.62	6.98	6.13	6.61	6.56	5.77	7.27	6.94	7.00
q	% rongga thd agregat VMA	21.132	19.494	19.799	19.072	19.484	19.444	18.761	20.055	19.766	19.823
r	% rongga terisi aspal	59.670	66.030	64.764	67.843	66.068	66.239	69.234	63.732	64.898	64.667
s	% rongga dlm campuran VIM	8.129	6.221	6.577	5.729	6.210	6.163	5.367	6.875	6.538	6.604
t	Jam Masuk waterbath	13.20	13.25	13.30	13.35	13.40	13.45	13.50	13.55	14.00	14.05
u	Jam Test	13.50	13.55	14.00	14.05	14.10	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35
v	Pembacaan arloji stabilitas	159	154	159	153	150	151	153	163	160	157
w	lbf	4699.67	4554.53	4699.67	4525.48	4438.29	4467.36	4525.48	4815.66	4728.68	4641.63
x	kg	2090.51	2025.94	2090.51	2013.02	1974.24	1987.17	2013.02	2142.10	2103.41	2064.69
y	koreksi (tebal)	0.907	0.934	0.896	0.948	0.932	0.942	0.934	0.923	0.903	0.916
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1895.43	1891.40	1872.83	1907.94	1839.60	1871.11	1881.13	1976.86	1899.55	1890.59
aa	Flow	3.3	3.2	3.3	3.1	2.9	3.0	3.1	3.3	3.6	3.2
ab	Marshall Quotient	574.37	591.06	567.52	615.46	634.35	623.70	606.82	599.05	527.65	590.81

Tabel 4.39. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 6,5 %)

Kadar Aspal		6.5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	7.64	6.63	6.58	6.81	6.62	6.63	6.67	6.52	6.54	6.55
c	Tinggi 2 (cm)	7.60	6.62	6.59	6.84	6.62	6.64	6.69	6.51	6.55	6.54
d	Tinggi 3 (cm)	7.61	6.59	6.58	6.81	6.64	6.63	6.70	6.54	6.52	6.52
e	Tinggi rata-rata (mm)	76.17	66.13	65.83	68.20	66.27	66.33	66.87	65.23	65.37	65.37
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)	1313.0	1178.6	1181.2	1183.7	1163.4	1196.0	1174.0	1186.6	1170.9	1181.2
i	Berat SSD (gram)	1335.7	1194.3	1203.8	1207.0	1179.9	1209.3	1190.0	1199.8	1193.3	1193.9
j	Berat dalam air (gram)	723.7	662.4	673.4	662.2	649.8	673.4	660.1	673.2	668.3	664.5
k	Isi (gram)	612.00	531.9	530.4	544.8	530.1	535.9	529.9	526.6	525	529.4
l	Berat isi	2.145	2.216	2.227	2.173	2.195	2.232	2.216	2.253	2.230	2.231
m	BJ maksimum teoritis	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363
n	(g ³)/bj aspal)	13.409	13.849	13.919	13.580	13.717	13.948	13.847	14.083	13.939	13.945
o	((100-g ³)/bj agregat	77.005	79.532	79.933	77.985	78.773	80.103	79.520	80.877	80.051	80.084
p	Jumlah kandungan rongga (%)	9.59	6.619	6.149	8.436	7.511	5.948	6.633	5.039	6.010	5.971
q	% rongga thd agregat VMA	22.995	20.468	20.067	22.015	21.227	19.897	20.480	19.123	19.949	19.916
r	% rongga terisi aspal	58.311	67.660	69.360	61.682	64.618	70.105	67.613	73.647	69.873	70.018
s	% rongga dlm campuran VIM	9.202	6.223	5.750	8.047	7.118	5.549	6.236	4.636	5.611	5.572
t	Jam Masuk waterbath	12.30	12.35	12.40	12.45	12.50	12.55	13.00	13.05	13.10	13.15
u	Jam Test	13.00	13.05	13.10	13.15	13.20	13.25	13.30	13.35	13.40	13.45
v	Pembacaan arloji stabilitas	119	113	117	121	110	118	115	118	112	112
w	lbf	3533.68	3357.83	3475.09	3592.25	3269.81	3504.39	3416.48	3504.39	3328.50	3328.50
x	kg	1571.85	1493.63	1545.79	1597.90	1454.48	1558.82	1519.72	1558.82	1480.58	1480.58
y	koreksi (tebal)	0.791	0.933	0.941	0.877	0.929	0.927	0.913	0.957	0.953	0.953
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1243.11	1393.10	1454.14	1401.38	1351.39	1445.55	1387.47	1491.19	1411.13	1411.13
aa	Flow	3.3	3.8	3.6	3.7	3.5	3.6	3.6	3.5	3.6	3.5
ab	Marshall Quotient	376.70	366.61	403.93	378.75	386.11	401.54	385.41	426.05	391.98	403.18

Tabel 4.40. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 7 %)

Kadar Aspal		7 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	6.63	6.61	6.88	6.77	6.59	6.62	6.58	6.86	6.91	6.62
c	Tinggi 2 (cm)	6.62	6.61	6.88	6.79	6.62	6.64	6.6	6.92	6.87	6.64
d	Tinggi 3 (cm)	6.62	6.59	6.9	6.79	6.67	6.61	6.63	6.94	6.87	6.66
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.23	66.03	68.87	67.83	66.27	66.23	66.03	69.07	68.83	66.40
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)	1171.2	1177.1	1169.1	1181.6	1183.6	1176.4	1198.4	1187.9	1183.2	1183.7
i	Berat SSD (gram)	1192.6	1195.6	1205.2	1199.4	1199.6	1199.0	1203.9	1195.1	1198.3	1196.1
j	Berat dalam air (gram)	660.8	656.8	661.8	659.2	664.2	665.0	670.1	658.3	664.2	661.7
k	Isi (gram)	531.8	538.3	543.4	540.2	535.4	534	533.8	536.8	534.1	534.4
l	Berat isi	2.202	2.185	2.151	2.187	2.211	2.203	2.245	2.213	2.215	2.215
m	BJ maksimum teoritis	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347
n	(g ³)/bj aspal)	14.823	14.705	14.481	14.722	14.880	14.828	15.111	14.895	14.911	14.909
o	((100-g ³)/bj agregat	78.625	77.994	76.808	78.089	78.923	78.648	80.149	79.003	79.088	79.077
p	Jumlah kandungan rongga (%)	6.552	7.302	8.711	7.188	6.198	6.524	4.740	6.102	6.001	6.014
q	% rongga thd agregat VMA	21.375	22.006	23.192	21.911	21.077	21.352	19.851	20.997	20.912	20.923
r	% rongga terisi aspal	69.348	66.820	62.440	67.193	70.595	69.446	76.121	70.937	71.303	71.255
s	% rongga dlm campuran VIM	6.160	6.913	8.328	6.799	5.804	6.132	4.341	5.709	5.607	5.620
t	Jam Masuk waterbath	13.25	13.30	13.35	13.40	13.45	13.50	13.55	14.00	14.05	14.10
u	Jam Test	13.55	14.00	14.05	14.10	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40
v	Pembacaan arloji stabilitas	89	99	110	109	94	100	101	82	108	97
w	lbf	2651.94	2946.54	3269.81	3240.46	2799.33	2975.97	3005.38	2445.30	3211.10	2887.68
x	kg	1179.64	1310.68	1454.48	1441.42	1245.20	1323.77	1336.85	1087.72	1428.36	1284.50
y	koreksi (tebal)	0.930	0.935	0.859	0.887	0.929	0.930	0.935	0.854	0.860	0.926
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1097	1226	1250	1278	1157	1231	1250	929	1229	1189
aa	Flow	4.1	3.8	4.1	4.2	4.0	4.1	3.9	4.0	4.1	4.1
ab	Marshall Quotient	267.58	322.62	304.83	304.37	289.24	300.28	320.63	232.24	299.66	289.97

Tabel 4.41. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 5 %)

Kadar Aspal		5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	7.27	6.62	6.70	6.72	6.72	6.78	6.67	6.69	6.69	6.72
c	Tinggi 2 (cm)	7.24	6.63	6.70	6.76	6.76	6.78	6.64	6.67	6.64	6.71
d	Tinggi 3 (cm)	7.14	6.63	6.71	6.75	6.71	6.79	6.67	6.74	6.71	6.72
e	Tinggi rata-rata (mm)	72.17	66.27	67.03	67.43	67.30	67.83	66.60	67.00	66.80	67.17
f	% aspal thd agregat	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26
g	% aspal thd campuran	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
h	Berat sampel (gram)	1130.0	1155.2	1178.3	1182.3	1181.7	1181.8	1177.2	1185.5	1185.1	1182.5
i	Berat SSD (gram)	1137.8	1161.8	1184.6	1189.8	1191.2	1189.8	1185.9	1192.6	1193.0	1189.4
j	Berat dalam air (gram)	610.8	632.4	642.6	650.1	649.8	649.0	648.2	655.1	650.5	648.3
k	Isi (gram)	527.00	529.40	542.00	539.70	541.40	540.80	537.70	537.50	542.50	541.10
l	Berat isi	2.144	2.182	2.174	2.191	2.183	2.185	2.189	2.206	2.185	2.185
m	BJ maksimum teoritis	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412	2.412
n	(g*/l)/bj aspal	10.309	10.491	10.452	10.532	10.494	10.506	10.526	10.604	10.502	10.507
o	((100-g*)/l)/bj agregat	78.196	79.577	79.282	79.890	79.598	79.694	79.841	80.434	79.666	79.697
p	Jumlah kandungan rongga (%)	11.495	9.93	10.27	9.58	9.91	9.80	9.63	8.96	9.83	9.80
q	% rongga thd agregat VMA	21.804	20.423	20.718	20.110	20.402	20.306	20.159	19.566	20.334	20.303
r	% rongga terisi aspal	47.279	51.368	50.447	52.371	51.436	51.738	52.213	54.194	51.649	51.748
s	% rongga dlm campuran VIM	11.106	9.535	9.871	9.180	9.511	9.403	9.235	8.561	9.435	9.400
t	Jam Masuk waterbath	17.10	17.15	17.20	17.25	17.30	17.35	17.40	17.45	17.50	17.55
u	Jam Test	17.10	17.15	17.20	17.25	17.30	17.35	17.40	17.45	17.50	17.55
v	Pembacaan arloji stabilitas	93	124	88	89	73	85	87	101	89	86
w	lbf	2769.86	3680.04	2622.44	2651.94	2179.13	2533.90	2592.94	3005.38	2651.94	2563.42
x	kg	1232.09	1636.95	1166.51	1179.64	969.32	1127.13	1153.39	1336.85	1179.64	1140.26
y	koreksi (tebal)	0.785	0.929	0.908	0.898	0.901	0.887	0.920	0.909	0.915	0.905
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	966.63	1520.93	1059.76	1058.93	873.63	999.63	1061.31	1215.71	1079.11	1031.80
aa	Flow	3.0	3.1	2.9	3.2	3.1	2.8	3.1	3.1	2.7	2.9
ab	Marshall Quotient	322.21	490.62	365.43	330.92	281.82	357.01	342.36	392.17	399.67	355.79

Tabel 4.42. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 5,5 %)

Kadar Aspal		5,5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	6.51	6.63	6.76	6.82	6.67	6.84	6.70	6.52	6.80	6.60
c	Tinggi 2 (cm)	6.61	6.61	6.82	6.80	6.76	6.85	6.70	6.52	6.83	6.62
d	Tinggi 3 (cm)	6.66	6.66	6.82	6.81	6.82	6.86	6.71	6.53	6.81	6.61
e	Tinggi rata-rata (mm)	65.93	66.33	68.00	68.10	67.50	68.50	67.03	65.23	68.13	66.10
f	% aspal thd agregat	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
g	% aspal thd campuran	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
h	Berat sampel (gram)	1180.1	1177.2	1166.7	1174.0	1181.1	1207.0	1178.0	1172.0	1190.5	1178.9
i	Berat SSD (gram)	1199.8	1196.8	1181.6	1197.2	1191.9	1228.7	1198.6	1189.2	1212.3	1198.5
j	Berat dalam air (gram)	668.0	662.9	651.1	654.0	657.2	680.5	664.7	658.0	665.9	664.8
k	Isi (gram)	531.80	533.90	530.50	543.20	534.70	548.20	533.90	531.20	546.40	533.70
l	Berat isi	2.219	2.205	2.199	2.161	2.209	2.202	2.206	2.205	2.179	2.209
m	BJ maksimum teoritis	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395	2.395
n	(g*/l)/bj aspal	11.735	11.661	11.631	11.430	11.682	11.644	11.668	11.668	11.523	11.682
o	((100-g*)/l)/bj agregat	80.500	79.986	79.781	78.403	80.131	79.872	80.040	80.038	79.039	80.132
p	Jumlah kandungan rongga (%)	7.76	8.35	8.59	10.17	8.19	8.48	8.29	8.29	9.44	8.19
q	% rongga thd agregat VMA	19.500	20.014	20.219	21.597	19.869	20.128	19.960	19.962	20.961	19.868
r	% rongga terisi aspal	60.181	58.262	57.522	52.923	58.794	57.848	58.461	58.450	54.972	58.796
s	% rongga dlm campuran VIM	7.363	7.955	8.191	9.776	7.788	8.086	7.892	7.895	9.044	7.787
t	Jam Masuk waterbath	11.55	12.00	12.05	12.10	12.15	12.20	12.25	12.30	12.35	12.40
u	Jam Test	11.55	12.00	12.05	12.10	12.15	12.20	12.25	12.30	12.35	12.40
v	Pembacaan arloji stabilitas	119	123	124	120	123	126	124	125	128	129
w	lbf	3533.68	3650.78	3680.04	3562.97	3650.78	3738.53	3680.04	3709.29	3796.99	3826.22
x	kg	1571.85	1623.94	1636.95	1584.88	1623.94	1662.97	1636.95	1649.96	1688.98	1701.98
y	koreksi (tebal)	0.938	0.927	0.882	0.880	0.896	0.869	0.908	0.957	0.879	0.934
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1474.46	1505.94	1444.43	1394.22	1454.85	1445.11	1487.14	1578.38	1484.28	1588.95
aa	Flow	2.9	3.2	3.4	3.1	3.2	3.2	3.3	3.2	3.1	3.2
ab	Marshall Quotient	508.44	470.61	424.83	449.75	454.64	451.60	450.65	493.24	478.80	496.55

Tabel 4.43. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 6 %)

Kadar Aspal		6%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	6.61	6.64	6.60	6.62	6.94	6.63	6.53	6.62	6.61	6.60
c	Tinggi 2 (cm)	6.61	6.64	6.61	6.71	6.78	6.63	6.55	6.61	6.59	6.59
d	Tinggi 3 (cm)	6.64	6.62	6.61	6.62	6.79	6.66	6.55	6.62	6.61	6.59
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.20	66.33	66.07	66.50	68.37	66.40	65.43	66.17	66.03	65.93
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)	1184.1	1177.7	1173.2	1175.2	1141.7	1178.9	1171.9	1193.4	1181.9	1173.5
i	Berat SSD (gram)	1203.7	1195.1	1209.3	1189.6	1150.1	1185.6	1185.3	1218.7	1198.3	1191.2
j	Berat dalam air (gram)	670.0	665.6	661.8	662.7	638.0	660.0	660.1	673.5	666.1	661.9
k	Isi (gram)	533.70	529.50	547.50	526.90	512.10	525.60	525.20	545.20	532.20	529.30
l	Berat isi	2.219	2.224	2.143	2.230	2.229	2.243	2.231	2.189	2.221	2.217
m	BJ maksimum teoritis	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379
n	(g ³)/bj aspal)	12.800	12.832	12.362	12.868	12.862	12.940	12.873	12.628	12.812	12.791
o	((100-g ³)/bj agregat	80.059	80.258	77.323	80.483	80.448	80.936	80.517	78.986	80.136	80.002
p	Jumlah kandungan rongga (%)	7.14	6.91	10.31	6.65	6.69	6.12	6.61	8.39	7.05	7.21
q	% rongga thd agregat VMA	19.941	19.742	22.677	19.517	19.552	19.064	19.483	21.014	19.864	19.998
r	% rongga terisi aspal	64.190	64.998	54.515	65.931	65.786	67.877	66.073	60.095	64.499	63.961
s	% rongga dlm campuran VIM	6.742	6.510	9.929	6.248	6.288	5.720	6.209	7.992	6.653	6.808
t	Jam Masuk waterbath	14.10	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55
u	Jam Test	14.10	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55
v	Pembacaan arloji stabilitas	132	141	136	137	130	133	132	132	137	134
w	lbf	3913.84	4176.34	4030.58	4059.75	3855.43	3943.04	3913.84	3913.84	4059.75	3972.22
x	kg	1740.96	1857.72	1792.88	1805.86	1714.97	1753.94	1740.96	1740.96	1805.86	1766.92
y	koreksi (tebal)	0.931	0.927	0.934	0.923	0.873	0.926	0.951	0.932	0.935	0.938
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1620.67	1722.73	1675.41	1666.55	1496.40	1623.35	1656.22	1622.23	1689.14	1657.45
aa	Flow	3.1	3.4	3.4	3.3	3.4	3.3	3.5	3.3	3.4	3.2
ab	Marshall Quotient	522.80	506.69	492.77	505.01	440.12	491.93	473.21	491.58	496.81	517.95

Tabel 4.44. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 6.5 %)

Kadar Aspal		6.5%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	6.61	6.49	6.78	6.55	6.71	6.60	6.67	6.69	6.66	6.74
c	Tinggi 2 (cm)	6.61	6.49	6.74	6.57	6.70	6.59	6.60	6.72	6.65	6.72
d	Tinggi 3 (cm)	6.62	6.49	6.76	6.55	6.57	6.59	6.58	6.72	6.62	6.85
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.13	64.90	67.60	65.57	66.60	65.93	66.17	67.10	66.43	67.70
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)	1196.6	1178.6	1197.0	1176.6	1190.3	1173.6	1178.1	1188.1	1184.1	1158.0
i	Berat SSD (gram)	1208.3	1189.3	1208.2	1185.5	1199.6	1183.4	1183.7	1192.9	1190.2	1173.5
j	Berat dalam air (gram)	675.4	666.6	670.5	657.5	660.8	656.0	655.0	661.8	655.3	635.8
k	Isi (gram)	532.90	522.7	537.7	528	538.8	527.4	528.7	531.1	534.9	537.7
l	Berat isi	2.245	2.255	2.226	2.228	2.209	2.225	2.228	2.237	2.214	2.154
m	BJ maksimum teoritis	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363	2.363
n	(g ³)/bj aspal)	14.034	14.093	13.913	13.928	13.807	13.908	13.927	13.982	13.836	13.460
o	((100-g ³)/bj agregat	80.595	80.932	79.902	79.983	79.293	79.870	79.979	80.294	79.455	77.299
p	Jumlah kandungan rongga (%)	5.37	4.976	6.185	6.089	6.900	6.222	6.094	5.725	6.710	9.241
q	% rongga thd agregat VMA	19.405	19.068	20.098	20.017	20.707	20.130	20.021	19.706	20.545	22.701
r	% rongga terisi aspal	72.321	73.906	69.228	69.579	66.678	69.090	69.562	70.949	67.342	59.292
s	% rongga dlm campuran VIM	4.969	4.572	5.786	5.690	6.505	5.824	5.695	5.325	6.314	8.856
t	Jam Masuk waterbath	13.20	13.25	13.30	13.35	13.40	13.45	13.50	13.55	14.00	14.05
u	Jam Test	13.20	13.25	13.30	13.35	13.40	13.45	13.50	13.55	14.00	14.05
v	Pembacaan arloji stabilitas	96	93	87	98	92	91	94	95	105	99
w	lbf	2858.24	2769.86	2592.94	2917.12	2740.39	2710.92	2799.33	2828.79	3122.98	2946.54
x	kg	1271.40	1232.09	1153.39	1297.59	1218.98	1205.87	1245.20	1258.30	1389.16	1310.68
y	koreksi (tebal)	0.933	0.965	0.893	0.948	0.920	0.938	0.932	0.907	0.925	0.890
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1185.83	1189.43	1030.18	1229.85	1121.67	1131.15	1160.28	1140.88	1284.49	1167.13
aa	Flow	3.8	3.7	3.7	3.8	3.9	3.8	3.9	3.8	3.7	3.4
ab	Marshall Quotient	312.06	321.47	278.43	323.65	287.61	297.67	297.51	300.23	347.16	343.27

Tabel 4.45. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C (Kadar Aspal 7 %)

Kadar Aspal		7 %									
No. Benda Uji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
a	Diameter (cm)										
b	Tinggi 1 (cm)	6.62	6.64	6.52	6.55	6.54	6.62	6.58	6.61	6.55	
c	Tinggi 2 (cm)	6.54	6.64	6.54	6.59	6.52	6.59	6.56	6.61	6.55	
d	Tinggi 3 (cm)	6.57	6.65	6.53	6.57	6.52	6.59	6.58	6.59	6.53	
e	Tinggi rata-rata (mm)	65.77	66.43	65.30	65.70	65.27	66.00	65.73	66.03	65.43	
f	% aspal thd agregat	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	
h	Berat sampel (gram)	1187.7	1179.6	1180.2	1183.8	1184.3	1193.6	1174.2	1185.2	1199.3	
I	Berat SSD (gram)	1201.2	1194.7	1192.1	1198.0	1196.4	1204.8	1186.9	1196.6	1210.3	
j	Berat dalam air (gram)	668.0	660.0	662.4	669.6	666.3	671.4	656.3	663.3	678.5	
k	Isi (gram)	533.2	534.7	529.7	528.4	530.1	533.4	530.6	533.3	531.8	
l	Berat isi	2.227	2.206	2.228	2.240	2.234	2.238	2.213	2.222	2.255	
m	BJ maksimum teoritis	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	2.347	
n	(g ³ l)/bj aspal	14.993	14.849	14.997	15.079	15.037	15.062	14.895	14.958	15.179	
o	((100-g ³ l)/bj agregat	79.523	78.759	79.543	79.982	79.759	79.888	79.004	79.341	80.511	
p	Jumlah kandungan rongga (%)	5.484	6.392	5.461	4.939	5.204	5.051	6.101	5.701	4.310	
q	% rongga thd agregat VMA	20.477	21.241	20.457	20.018	20.241	20.112	20.996	20.659	19.489	
r	% rongga terisi aspal	73.217	69.906	73.307	75.327	74.291	74.888	70.943	72.405	77.885	
s	% rongga dlm campuran VIM	5.088	6.000	5.064	4.540	4.806	4.652	5.707	5.305	3.909	
t	Jam Masuk waterbath	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55	
u	Jam Test	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55	
v	Pembacaan arloji stabilitas	79	91	100	69	75	76	78	73	68	
w	lbf	2356.64	2710.92	2975.97	2060.66	2238.33	2267.92	2327.07	2179.13	2031.02	
x	kg	1048.28	1205.87	1323.77	916.62	995.65	1008.82	1035.13	969.32	903.44	
y	koreksi (tebal)	0.942	0.925	0.955	0.944	0.956	0.936	0.943	0.935	0.951	
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	988	1115	1264	866	952	945	977	907	859	
aa	Flow	4.0	4.2	4.3	4.3	4.5	4.3	4.5	4.3	4.2	
ab	Marshall Quotient	247.00	265.48	293.95	201.28	211.46	219.65	217.00	210.85	204.63	

4.6. 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 konfidensi 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.

Dibawah ini adalah contoh perhitungan Interval Kepercayaan untuk Data Stabilitas pada variasi Kadar Aspal 5 %.



**Tabel 4.46. Data Pengujian Stabilitas
Kadar Aspal 5 %**

No.	Stabilitas (kg)
1	1278,29
2	1287,38
3	1289,25
4	1388,33
5	1371,23
6	1315,35
7	1450,02
8	1334,17
9	1816,63
10	1440,15

Dari data stabilitas pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

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

$$= \frac{1278,29 + \text{sampai} + 1440,15}{10}$$

$$= 1397,08 \text{ kg}$$

$$s = \sqrt{\frac{((1278,29 - 1397,08)^2 + \text{sampai} + (1440,15 - 1397,08)^2)}{10 - 1}}$$

$$= 159,80434$$

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

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

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

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 1397,08 - \left(2,262x \frac{159,80434}{\sqrt{10}} \right) < \mu < 1397,08 + \left(2,262x \frac{159,80434}{\sqrt{10}} \right) \\
 &= 1282,7713 < \mu < 1511,3897
 \end{aligned}$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk stabilitas di atas, maka data stabilitas pada variasi Kadar Aspal 5 % yang tidak memenuhi syarat berjumlah 2 buah. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.47. Data Pengujian Stabilitas Pada Variasi Kadar Aspal 5 % setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan

No.	Stabilitas (kg)
1	1287,38
2	1289,25
3	1388,33
4	1371,23
5	1315,35
6	1450,02
7	1334,17
8	1440,15

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

Tabel 4.48. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	1397,08	159,80434	0,975	9	2,262	1282,7713	< μ <	1511,3897
Kadar Aspal 5,5%	1766,61	111,51244	0,975	9	2,262	1686,8473	< μ <	1846,3785
Kadar Aspal 6%	1892,64	35,259488	0,975	9	2,262	1867,4213	< μ <	1917,864
Kadar Aspal 6,5%	1398,96	67,283597	0,975	9	2,262	1350,8313	< μ <	1447,0882
Kadar Aspal 7%	1183,62	103,8078	0,975	9	2,262	1109,361	< μ <	1257,87

Tabel 4.49. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Stabilitas (kg)	1278,29	1706,21	1895,43	1243,11	1097,08
	1287,38	1833,25	1891,40	1393,10	1225,97
	1289,25	1832,98	1872,83	1454,14	1249,80
	1388,33	1839,66	1907,94	1401,38	1278,36
	1371,23	1644,37	1839,60	1351,39	1156,94
	1315,35	1796,32	1871,11	1445,55	1231,13
	1450,02	1798,15	1881,13	1387,47	1250,45
	1334,17	1949,67	1976,86	1491,19	928,95
	1816,63	1695,69	1899,55	1411,13	1228,61
	1440,15	1569,83	1890,59	1411,13	1188,86

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.50. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	2,82	0,265832	0,975	9	2,262	2,6298484	$< \mu <$	3,0101516
Kadar Aspal 5,5%	2,97	0,2591632	0,975	9	2,262	2,7836187	$< \mu <$	3,1543813
Kadar Aspal 6%	3,2	0,1943651	0,975	9	2,262	3,0609693	$< \mu <$	3,3390307
Kadar Aspal 6,5%	3,57	0,1337494	0,975	9	2,262	3,4743281	$< \mu <$	3,6656719
Kadar Aspal 7%	4,04	0,1173788	0,975	9	2,262	3,9560381	$< \mu <$	4,1239619

Tabel 4.51. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Flow (mm)	2,9	2,9	3,3	3,3	4,1
	3,1	3,1	3,2	3,8	3,8
	2,5	2,9	3,3	3,6	4,1
	2,9	3,0	3,1	3,7	4,2
	2,2	2,7	2,9	3,5	4,0
	2,9	2,8	3,0	3,6	4,1
	2,9	3,0	3,1	3,6	3,9
	3,0	3,6	3,3	3,5	4,0
	2,9	3,0	3,6	3,6	4,1
	2,9	2,7	3,2	3,5	4,1

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.52. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	10,21	1,9474891	0,975	9	2,262	8,8168376	$< \mu <$	11,602944
Kadar Aspal 5,5%	8,28	0,96956	0,975	9	2,262	7,5882057	$< \mu <$	8,9752723
Kadar Aspal 6%	6,44	0,7403409	0,975	9	2,262	5,911775	$< \mu <$	6,9709174
Kadar Aspal 6,5%	6,39	1,3624576	0,975	9	2,262	5,4199083	$< \mu <$	7,3690598
Kadar Aspal 7%	6,14	1,0493695	0,975	9	2,262	5,3905647	$< \mu <$	6,8918078

Tabel 4.53. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VIM (%)	10,40	5,64	8,13	9,20	6,16
	10,99	8,80	6,22	6,22	6,91
	9,76	8,92	6,58	5,75	8,33
	8,51	8,44	5,73	8,05	6,80
	9,48	9,01	6,21	7,12	5,80
	15,32	8,42	6,16	5,55	6,13
	8,54	8,01	5,37	6,24	4,34
	10,00	8,57	6,88	4,64	5,71
	9,45	8,48	6,54	5,61	5,61
	9,64	8,53	6,60	5,57	5,62

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.54. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	21,02	1,7131062	0,975	9	2,262	19,790854	$< \mu <$	22,241649
Kadar Aspal 5,5%	20,3	0,842533	0,975	9	2,262	19,695548	$< \mu <$	20,900887
Kadar Aspal 6%	19,68	0,6355584	0,975	9	2,262	19,228346	$< \mu <$	20,137585
Kadar Aspal 6,5%	20,61	1,1554902	0,975	9	2,262	19,787326	$< \mu <$	21,440387
Kadar Aspal 7%	21,36	0,8792228	0,975	9	2,262	20,730714	$< \mu <$	21,988543

Tabel 4.55. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VMA (%)	21,19	18,01	21,13	23,00	21,38
	21,70	20,74	19,49	20,47	22,01
	20,62	20,85	19,80	20,07	23,19
	19,53	20,44	19,07	22,02	21,91
	20,37	20,93	19,48	21,23	21,08
	25,51	20,42	19,44	19,90	21,35
	19,54	20,06	18,76	20,48	19,85
	20,83	20,55	20,06	19,12	21,00
	20,35	20,47	19,77	19,95	20,91
	20,52	20,51	19,82	19,92	20,92

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.56. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	499,51	72,865898	0,975	9	2,262	447,39079	$< \mu <$	551,63379
Kadar Aspal 5,5%	596,55	30,305175	0,975	9	2,262	574,87009	$< \mu <$	618,22511
Kadar Aspal 6%	593,03	31,018063	0,975	9	2,262	570,89205	$< \mu <$	615,26694
Kadar Aspal 6,5%	392,03	17,161366	0,975	9	2,262	379,75061	$< \mu <$	404,3019
Kadar Aspal 7%	293,14	26,602116	0,975	9	2,262	274,11225	$< \mu <$	312,16962

Tabel 4.57. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
MQ (kg/mm)	440,79	588,35	574,37	376,70	267,58
	415,28	591,37	591,06	366,61	322,62
	515,70	632,06	567,52	403,93	304,83
	478,73	613,22	615,46	378,75	304,37
	623,29	609,03	634,35	386,11	289,24
	453,57	643,84	623,70	401,54	300,28
	500,01	599,38	606,82	385,41	320,63
	444,72	541,57	599,05	426,05	232,24
	626,43	565,23	527,65	391,98	299,66
	496,60	581,42	590,81	403,18	289,97

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.58. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	1086,74	175,69382	0,975	9	2,262	961,06773	$< \mu <$	1212,4178
Kadar Aspal 5,5%	1485,77	60,056457	0,975	9	2,262	1442,8152	$< \mu <$	1528,7328
Kadar Aspal 6%	1643,02	60,811525	0,975	9	2,262	1599,5169	$< \mu <$	1686,5148
Kadar Aspal 6,5%	1164,09	67,753915	0,975	9	2,262	1115,6234	$< \mu <$	1212,5531
Kadar Aspal 7%	959,59	147,22397	0,975	9	2,262	854,28231	$< \mu <$	1064,903

Tabel 4.59. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Stabilitas (kg)	966,63	1474,46	1620,67	1185,83	987,99
	1520,93	1505,94	1722,73	1189,43	1115,01
	1059,76	1444,43	1675,41	1030,18	1264,01
	1058,93	1394,22	1666,55	1229,85	865,52
	873,63	1454,85	1496,40	1121,67	951,58
	999,63	1445,11	1623,35	1131,15	944,51
	1061,31	1487,14	1656,22	1160,28	976,51
	1215,71	1578,38	1622,23	1140,88	906,67
	1079,11	1484,28	1689,14	1284,49	859,47
	1031,80	1588,95	1657,45	1167,13	724,66

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.60. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	2,99	0,1595131	0,975	9	2,262	2,8758991	$< \mu <$	3,1041009
Kadar Aspal 5,5%	3,18	0,1316561	0,975	9	2,262	3,0858254	$< \mu <$	3,2741746
Kadar Aspal 6%	3,33	0,1159502	0,975	9	2,262	3,24706	$< \mu <$	3,41294
Kadar Aspal 6,5%	3,75	0,1433721	0,975	9	2,262	3,6474449	$< \mu <$	3,8525551
Kadar Aspal 7%	4,3	0,1490712	0,975	9	2,262	4,1933683	$< \mu <$	4,4066317

Tabel 4.61. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Flow (mm)	3,0	2,9	3,1	3,8	4,0
	3,1	3,2	3,4	3,7	4,2
	2,9	3,4	3,4	3,7	4,3
	3,2	3,1	3,3	3,8	4,3
	3,1	3,2	3,4	3,9	4,5
	2,8	3,2	3,3	3,8	4,3
	3,1	3,3	3,5	3,9	4,5
	3,1	3,2	3,3	3,8	4,3
	2,7	3,1	3,4	3,7	4,2
	2,9	3,2	3,2	3,4	4,4

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.62. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	9,52	0,6488286	0,975	9	2,262	9,0595763	$< \mu <$	9,9877998
Kadar Aspal 5,5%	8,18	0,7066161	0,975	9	2,262	7,6723691	$< \mu <$	8,6832643
Kadar Aspal 6%	6,91	1,2148137	0,975	9	2,262	6,0409296	$< \mu <$	7,7788596
Kadar Aspal 6,5%	5,95	1,1694935	0,975	9	2,262	5,1170678	$< \mu <$	6,7901621
Kadar Aspal 7%	4,97	0,6064796	0,975	9	2,262	4,5339019	$< \mu <$	5,4015403

Tabel 4.63. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VIM (%)	11,11	7,36	6,74	4,97	5,09
	9,54	7,95	6,51	4,57	6,00
	9,87	8,19	9,93	5,79	5,06
	9,18	9,78	6,25	5,69	4,54
	9,51	7,79	6,29	6,50	4,81
	9,40	8,09	5,72	5,82	4,65
	9,24	7,89	6,21	5,70	5,71
	8,56	7,90	7,99	5,32	5,31
	9,43	9,04	6,65	6,31	3,91
	9,40	7,79	6,81	8,86	4,61

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.64. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	20,41	0,5707412	0,975	9	2,262	20,004379	$< \mu <$	20,82089
Kadar Aspal 5,5%	20,21	0,6140388	0,975	9	2,262	19,768684	$< \mu <$	20,647137
Kadar Aspal 6%	20,09	1,0428777	0,975	9	2,262	19,339221	$< \mu <$	20,831177
Kadar Aspal 6,5%	20,24	0,9918388	0,975	9	2,262	19,53049	$< \mu <$	20,949428
Kadar Aspal 7%	20,38	0,5081438	0,975	9	2,262	20,012952	$< \mu <$	20,73991

Tabel 4.65. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VMA (%)	21,80	19,50	19,94	19,41	20,48
	20,42	20,01	19,74	19,07	21,24
	20,72	20,22	22,68	20,10	20,46
	20,11	21,60	19,52	20,02	20,02
	20,40	19,87	19,55	20,71	20,24
	20,31	20,13	19,06	20,13	20,11
	20,16	19,96	19,48	20,02	21,00
	19,57	19,96	21,01	19,71	20,66
	20,33	20,96	19,86	20,55	19,49
	20,30	19,87	20,00	22,70	20,07

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 4.66. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5%	363,8	56,056193	0,975	9	2,262	323,70172	$< \mu <$	403,89652
Kadar Aspal 5,5%	467,91	26,152805	0,975	9	2,262	449,2019	$< \mu <$	486,61648
Kadar Aspal 6%	493,89	23,665233	0,975	9	2,262	476,95798	$< \mu <$	510,8138
Kadar Aspal 6,5%	310,9	22,860615	0,975	9	2,262	294,55252	$< \mu <$	327,25725
Kadar Aspal 7%	223,6	36,434584	0,975	9	2,262	197,53982	$< \mu <$	249,66366

Tabel 4.67. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
MQ (kg/mm)	322,21	508,44	522,80	312,06	247,00
	490,62	470,61	506,69	321,47	265,48
	365,43	424,83	492,77	278,43	293,95
	330,92	449,75	505,01	323,65	201,28
	281,82	454,64	440,12	287,61	211,46
	357,01	451,60	491,93	297,67	219,65
	342,36	450,65	473,21	297,51	217,00
	392,17	493,24	491,58	300,23	210,85
	399,67	478,80	496,81	347,16	204,63
	355,79	496,55	517,95	343,27	164,69

■ = Data yang di hapus (sortir)

4.6.1. Perhitungan Indeks Perendaman (IP)

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 :

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

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.68. Data Indeks Perendaman

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (30 menit)	Stabilitas (24 jam)	Indeks Perendaman (%)	Syarat
5	1359,48	1036,74	76	> 85%
5,5	1786,04	1470,89	82	
6	1888,75	1645,98	87	
6,5	1400,17	1156,62	83	
7	1218,82	927,47	76	

4.6.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

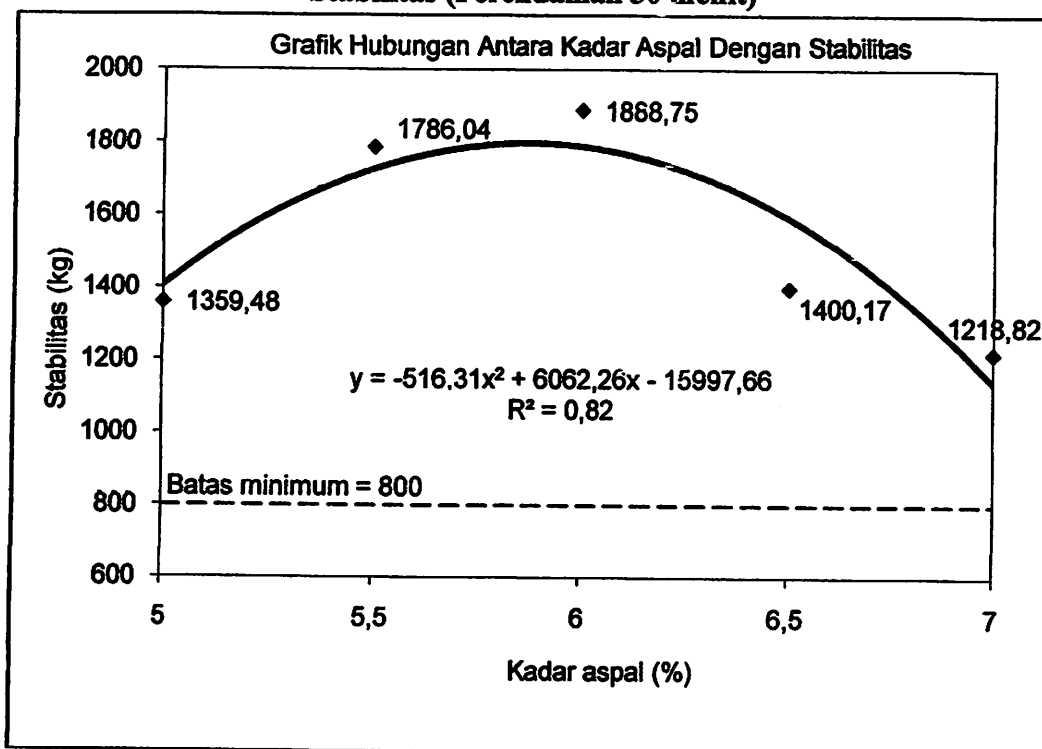
A. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel 2007

Berdasarkan dari tabel 4.48. sampai tabel 4.68. diatas dapat diplotkan data dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara iain :

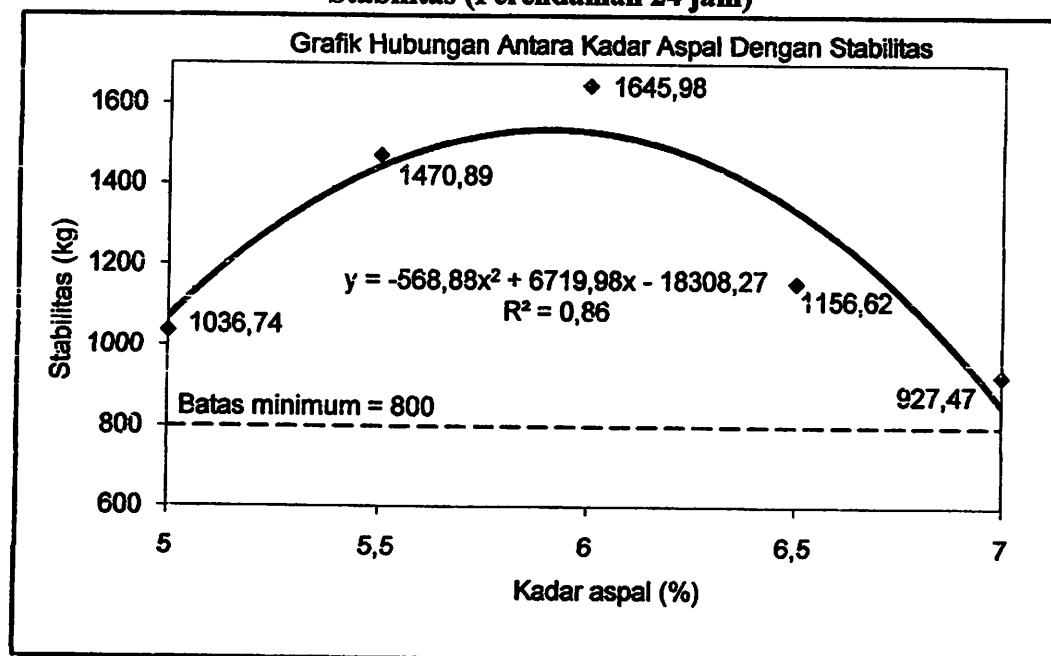
- a. Antara kadar aspal dengan Stabilitas
- b. Antara kadar aspal dengan Flow
- c. Antara kadar aspal dengan VIM
- d. Antara kadar aspal dengan VMA
- e. Antara kadar aspal dengan Marshall Quotient
- f. Antara kadar aspal dengan Indeks Perendaman

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

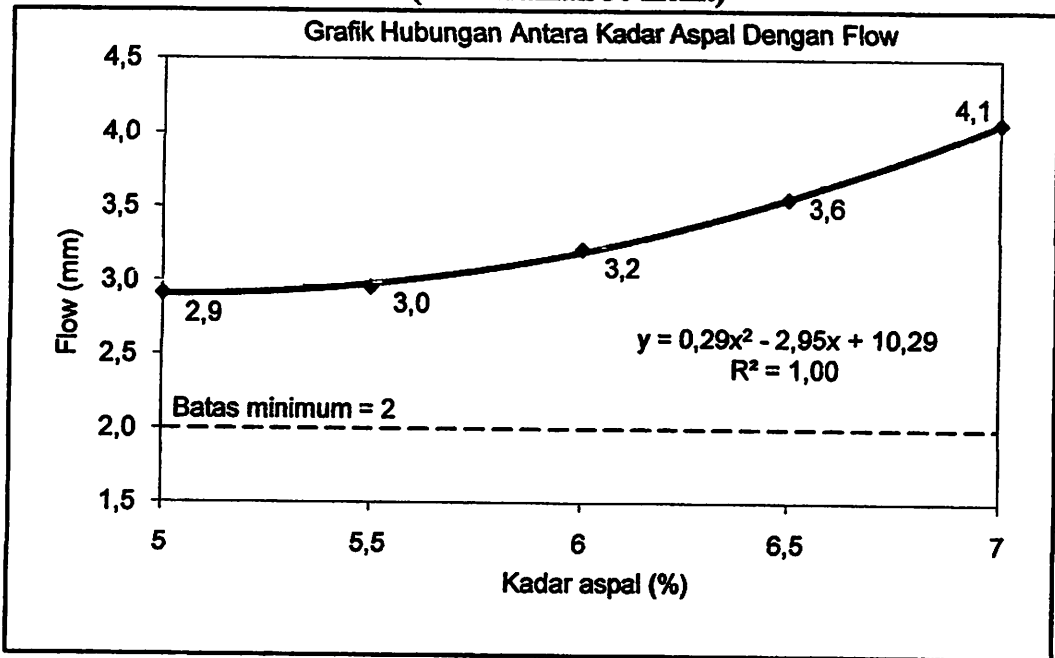
Grafik 4.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)



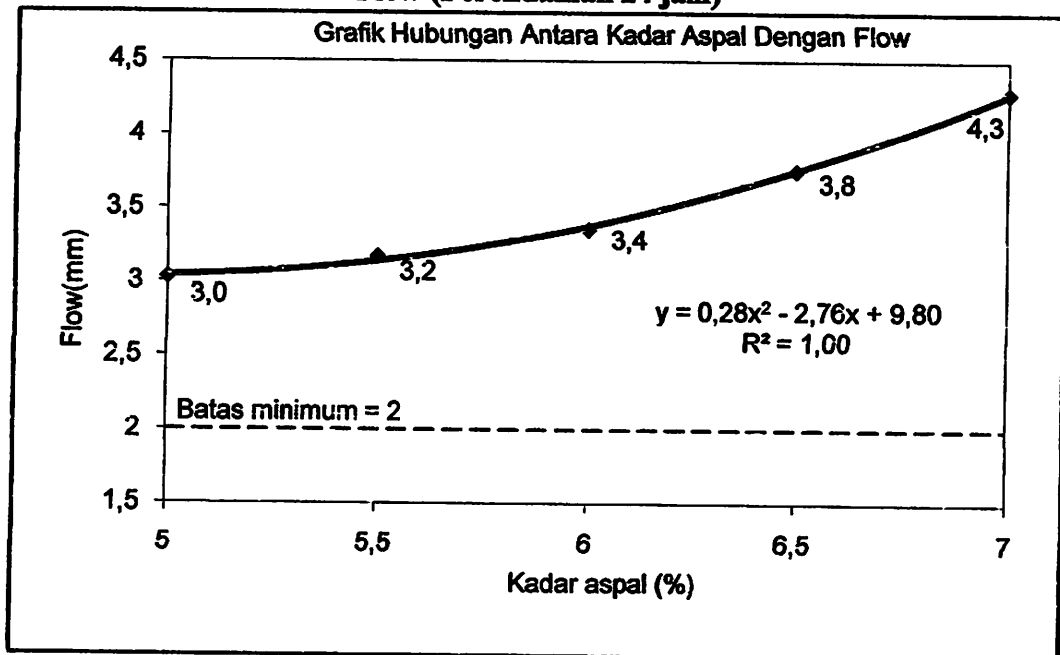
Grafik 4.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)



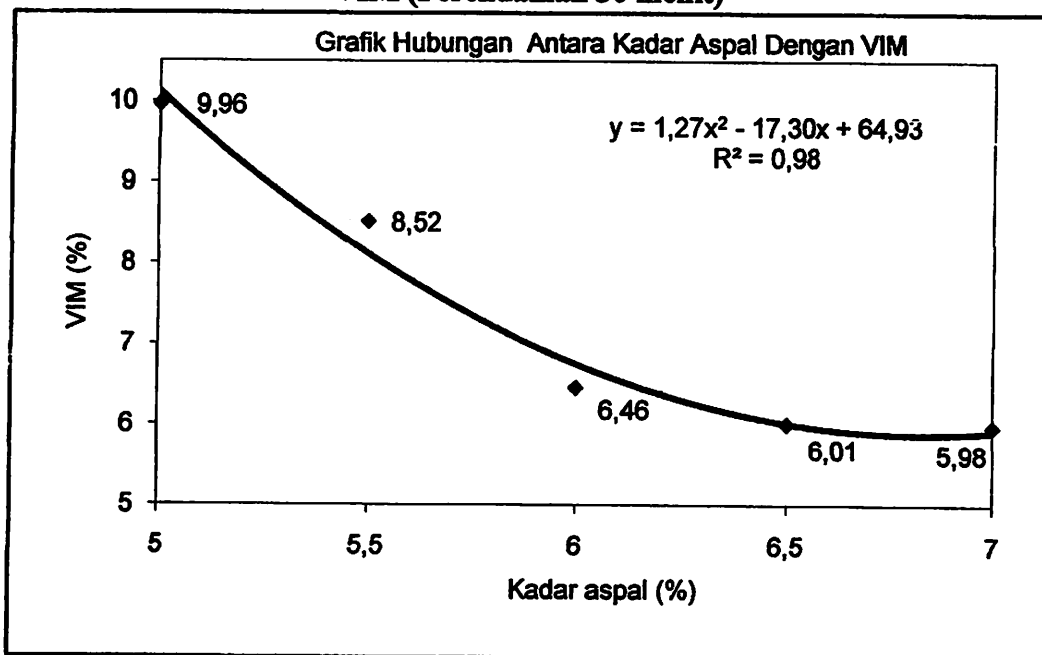
Grafik 4.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 30 menit)



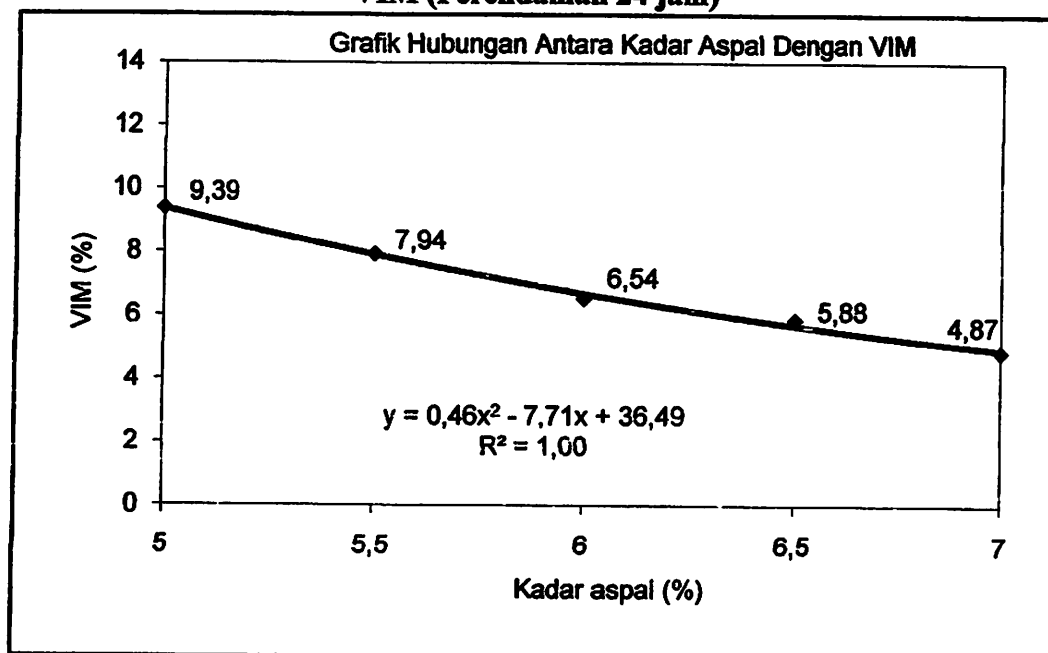
Grafik 4.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 24 jam)



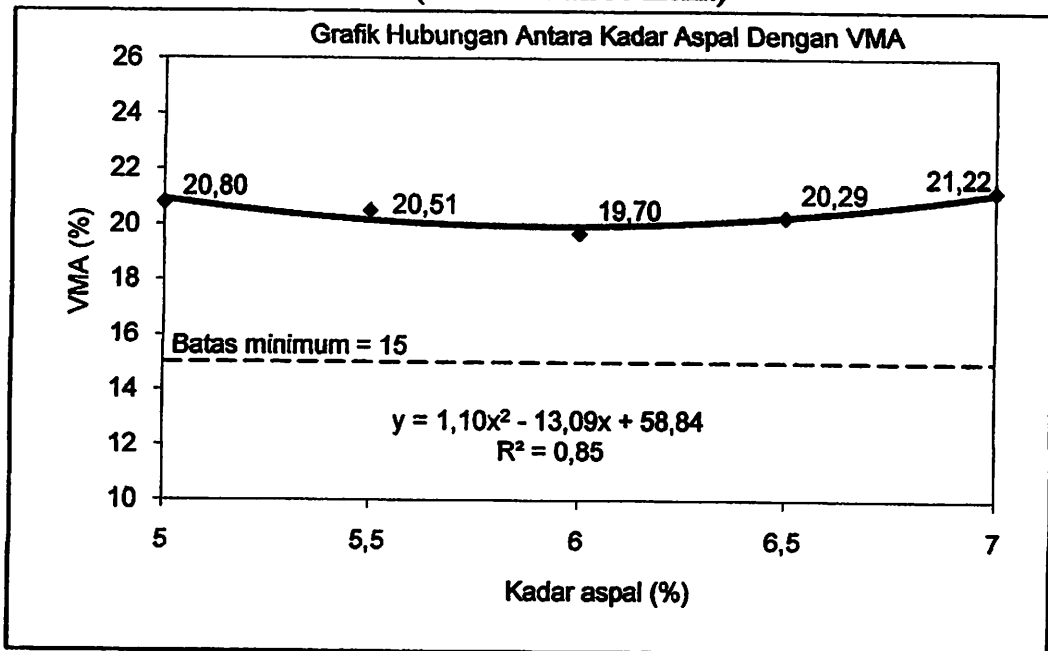
Grafik 4.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 30 menit)



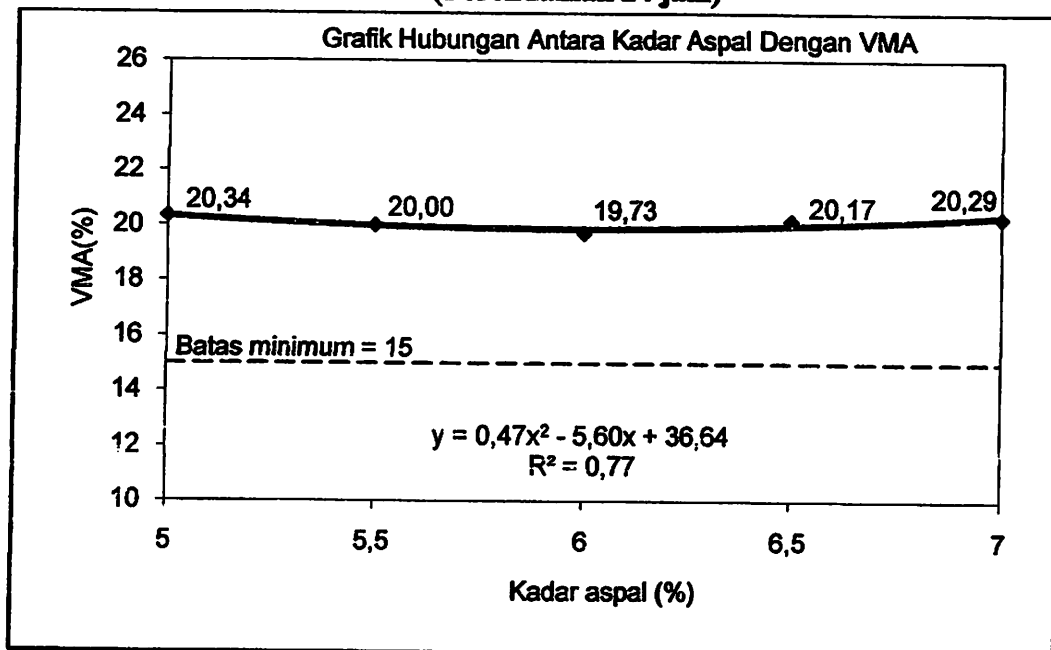
Grafik 4.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 24 jam)



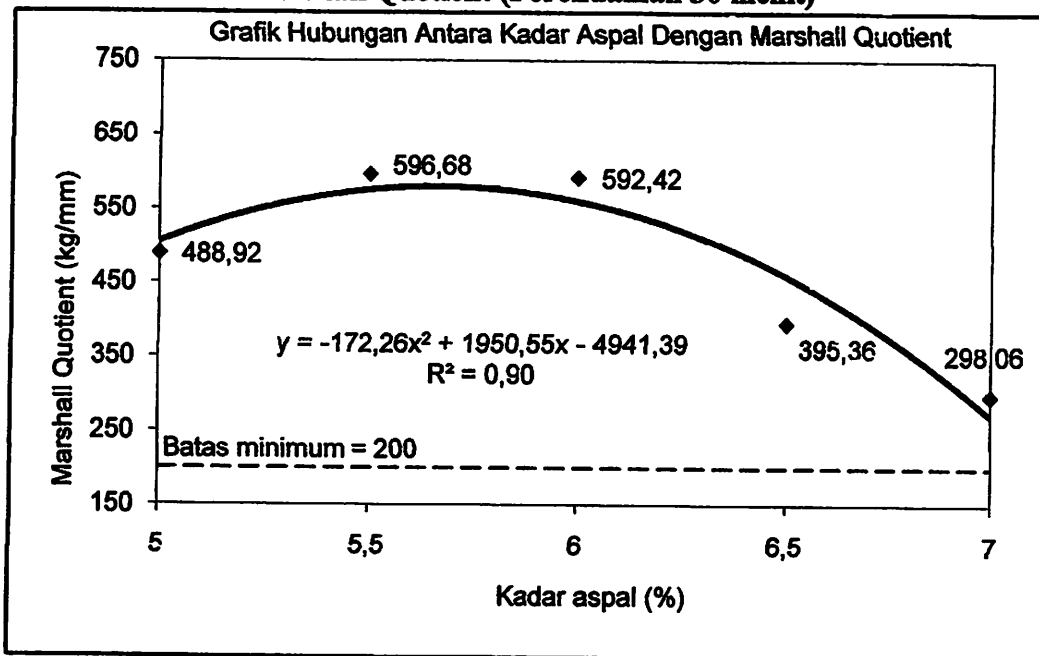
Grafik 4.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 30 menit)



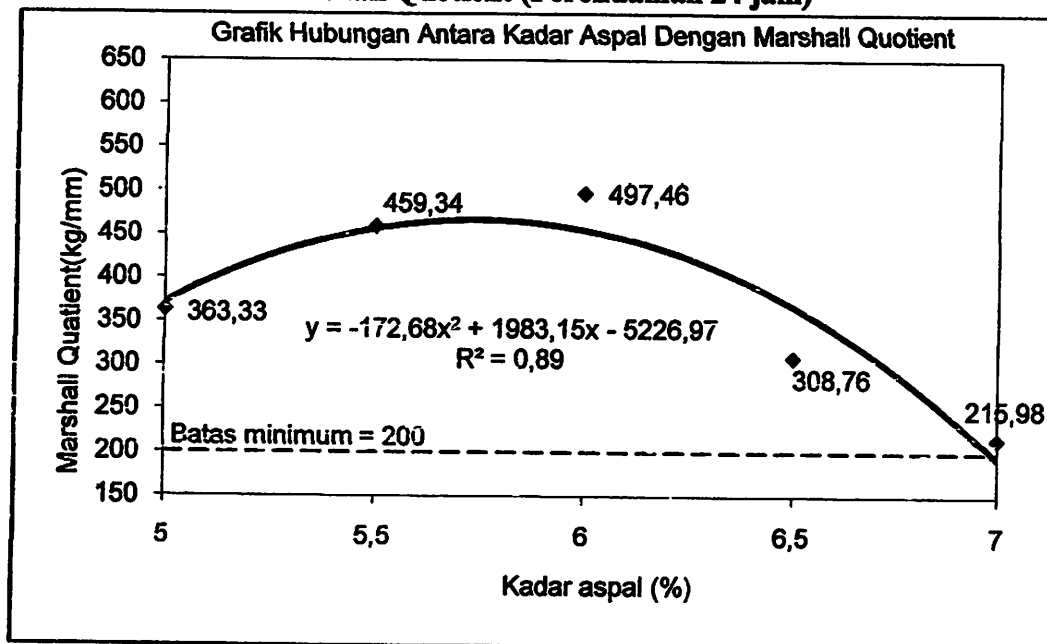
Grafik 4.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 24 jam)



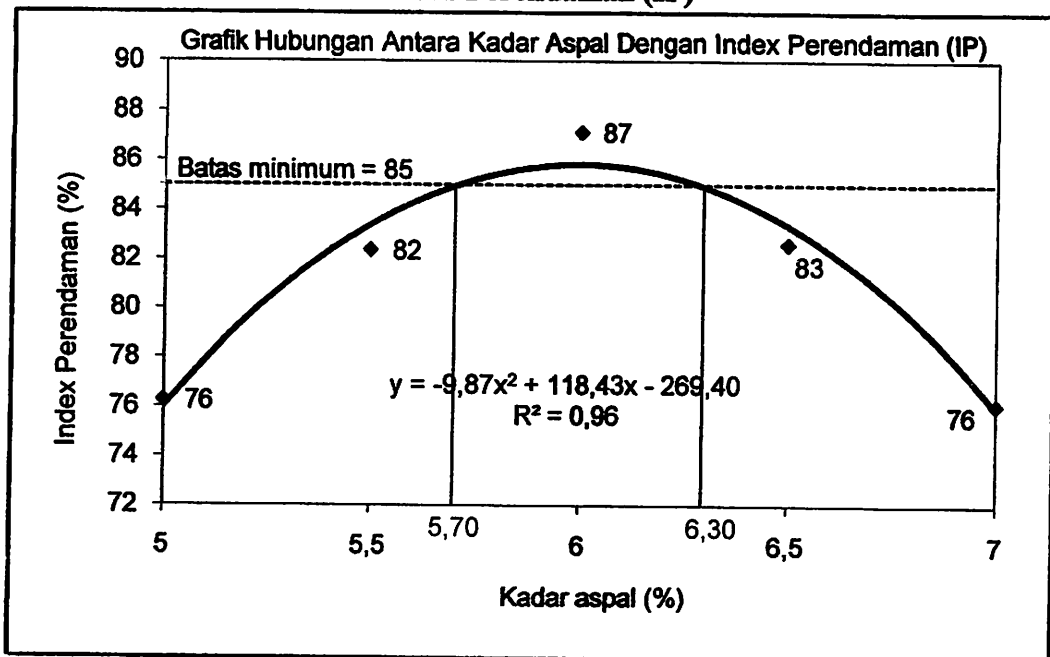
Grafik 4.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)



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



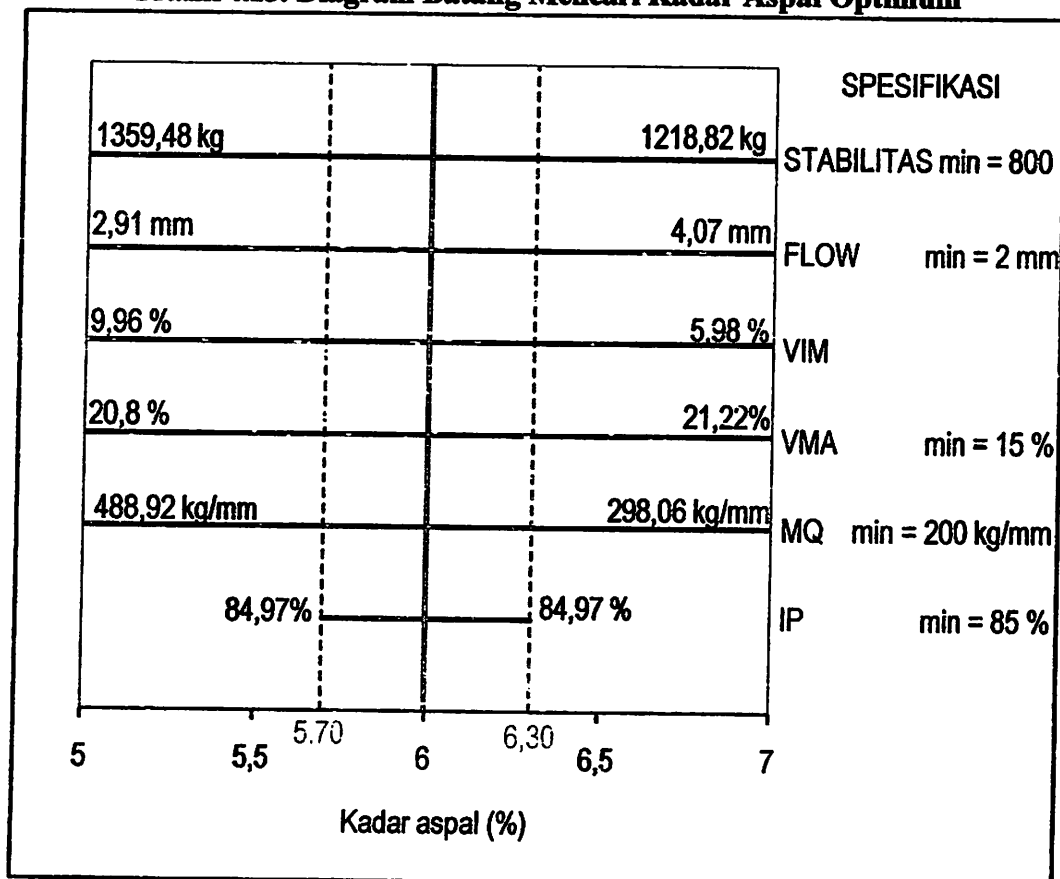
Grafik 4.12. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP)



B. Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh Kadar Aspal Optimum sebagai berikut :

Grafik 4.13. Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum



Dari hasil semua parameter, untuk menentukan kadar *filler* optimum digunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\frac{a+b}{2} = \frac{5,70+6,30}{2} = 6$$

Nilai kadar *filler* optimum yang dihasilkan adalah 6%.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Perhitungan Mencari Kadar *Filler* Optimum (KFO) menggunakan Lumpur Lapindo

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 = 6 %

Kadar *Filler* Lumpur Lapindo = 0 %

Nomor Benda Uji = 1

BJ agregat = 2,57

BJ aspal = 1,04

a = Diameter (cm)

= 10,16 cm

b = Tinggi 1 (cm)

= 6,64 cm

c = Tinggi 2 (cm)

= 6,63 cm

d = Tinggi 3 (cm)

$$= 6,63 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{6,64 + 6,63 + 6,63}{3} \times 10 = 66,33 \text{ cm}$$

f = % 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 = % aspal terhadap campuran

$$= 6 \%$$

h = Berat sampel (gram)

$$= 1188 \text{ gram}$$

i = Berat SSD (gram)

$$= 1175,8 \text{ gram}$$

j = Berat dalam air (gram)

$$= 646,4 \text{ gram}$$

k = Isi (gram) = i - j

$$= 1175,8 - 646,4$$

$$= 529,4 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}
 l &= \text{Berat isi} = \frac{h}{k} \\
 &= \frac{1188}{529,4} \\
 &= 2,244
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \text{Berat jenis maksimum teoritis} = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ aspal}}} \\
 &= \frac{100}{\frac{100-6}{2,57} + \frac{6}{1,04}} \\
 &= 2,402
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{g \times l}{BJ \text{ aspal}} \\
 &= \frac{6 \times 2,244}{1,04} \\
 &= 12,946 \\
 o &= \frac{(100-g) \times l}{BJ \text{ Agregat}} \\
 &= \frac{(100-6) \times 1}{2,57} \\
 &= 80,206
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \text{Jumlah kandungan rongga (\%)} = 100 - n - o \\
 &= 100 - 12,946 - 80,206 \\
 &= 6,848
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= \% \text{ rongga terhadap agregat VMA} = 100 - o \\
 &= 100 - 80,206 \\
 &= 19,794
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= \% \text{ rongga terisi aspal VFB} = \frac{100 \times n}{q} \\
 &= \frac{100 \times 12,946}{19,794} \\
 &= 64,405
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \% \text{ rongga dalam campuran VIM} = 100 - \left[100 \times \left(\frac{l}{m} \right) \right] \\
 &= 100 - \left[100 \times \left(\frac{2,244}{2,402} \right) \right] = 6,587
 \end{aligned}$$

t = Masuk Waterbath (jam)

u = Test (jam)

v = Pembacaan arloji stabilitas

= 155

w = dari tabel lampiran kalibrasi didapat regresi dari nilai v = 155 ≈
4583,57 lbf

x = w x 0,44482 (kg)

= 4583,57 x 0,44482

= 2038,86 kg

y = Angka koreksi (tebal), didapat dari tabel lampiran angka koreksi
secara regresi ; e = 66,33 ≈ 0,927

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

= 2038,86 x 0,927

= 1890,71

aa = 3,2 mm

ab = Marshall Quotient = z/aa (kg/mm)

$$= \frac{1890,71}{3,2}$$

$$= 590,85 \text{ kg/mm}$$

Tabel 5.1. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 0 %)

Kadar Aspal Optimum	6 %									
	0%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo										
No. Benda Uji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b Tinggi 1 (cm)	6.64	7.02	6.64	6.76	6.63	6.65	6.61	6.61	6.48	6.64
c Tinggi 2 (cm)	6.63	6.97	6.71	6.69	6.62	6.61	6.61	6.62	6.48	6.64
d Tinggi 3 (cm)	6.63	7.00	6.66	6.72	6.63	6.62	6.62	6.63	6.50	6.67
e Tinggi rata-rata (mm)	66.33	69.97	66.70	67.23	66.27	66.27	66.13	66.20	64.87	66.50
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)	1188.0	1191.2	1195.5	1199.0	1205.9	1204.3	1199.6	1210.7	1199.8	1216.6
i Berat SSD (gram)	1175.8	1180.9	1182.3	1189.1	1193.1	1191.4	1186.9	1197.4	1187.3	1202.8
j Berat dalam air (gram)	646.4	628.9	648.8	654.2	656.7	655.0	651.1	662.3	659.7	664.6
k Isi (gram)	529.40	552.00	533.50	534.90	536.40	536.40	535.80	535.10	527.60	538.20
l Berat isi	2.244	2.158	2.241	2.242	2.248	2.245	2.239	2.263	2.274	2.260
m BJ maksimum teoritis	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402
n (g*/l)/bj aspal	12.946	12.450	12.928	12.932	12.970	12.953	12.917	13.053	13.120	13.041
o ((100-g)*l)/bj agregat	80.206	77.129	80.092	80.116	80.352	80.245	80.021	80.867	81.279	80.793
p Jumlah kandungan rongga (%)	6.848	10.42	6.98	6.95	6.68	6.80	7.06	6.08	5.60	6.17
q % rongga thd agregat VMA	19.794	22.871	19.908	19.884	19.648	19.755	19.979	19.133	18.721	19.207
r % rongga terisi aspal	65.405	54.435	64.938	65.037	66.011	65.567	64.653	68.225	70.078	67.900
s % rongga dlm campuran VIM	6.587	10.170	6.719	6.691	6.416	6.541	6.801	5.816	5.357	5.902
t Jam Masuk waterbath	10.00	10.05	10.10	10.15	10.25	10.30	10.35	10.40	10.45	10.50
u Jam Test	10.30	10.35	10.40	10.45	10.50	10.55	11.00	11.05	11.10	11.15
v Pembacaan arloji stabilitas	155	161	152	151	155	157	154	150	159	158
w lbf	4583.57	4757.68	4496.42	4467.36	4583.57	4641.63	4554.53	4438.29	4699.67	4670.66
x kg	2038.86	2116.31	2000.10	1987.17	2038.86	2064.69	2025.94	1974.24	2090.51	2077.60
y koreksi (tebal)	0.927	0.831	0.917	0.903	0.929	0.929	0.933	0.931	0.966	0.923
z Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1890.71	1758.91	1835.04	1794.57	1894.36	1918.35	1889.59	1837.84	2019.95	1917.33
aa Flow	3.2	3.3	3.0	3.1	3.2	3.6	3.1	2.9	3.3	3.3
ab Marshall Quotient	590.85	533.00	611.68	578.89	591.99	532.88	609.55	633.74	612.11	581.01

Tabel 5.2. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 60 %)

Kadar Aspal Optimum		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		60%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.76	6.71	6.61	6.61	6.86	6.66	6.67	6.79	6.64	6.61
c	Tinggi 2 (cm)	6.80	6.73	6.65	6.59	6.89	6.60	6.70	6.75	6.70	6.63
d	Tinggi 3 (cm)	6.77	6.72	6.63	6.60	6.85	6.64	6.66	6.77	6.65	6.60
e	Tinggi rata-rata (mm)	67.77	67.20	66.30	66.00	68.67	66.33	66.77	67.70	66.63	66.13
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)	1185.2	1190.1	1190.8	1188.2	1189.3	1194.2	1190.1	1189.1	1191.7	1190.8
i	Berat SSD (gram)	1205.1	1209.0	1209.0	1204.5	1210.7	1210.9	1208.4	1208.1	1208.9	1208.2
j	Berat dalam air (gram)	649.1	655.3	654.6	657.4	643.6	657.2	652.6	646.5	655.3	656.2
k	Isi (gram)	556.00	553.70	554.40	547.10	567.10	553.70	555.80	561.60	553.60	552.00
l	Berat isi	2.132	2.149	2.148	2.172	2.097	2.157	2.141	2.117	2.153	2.157
m	BJ maksimum teoritis	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402
n	(g*/l)/bj aspal	12.298	12.400	12.392	12.530	12.099	12.443	12.353	12.215	12.419	12.446
o	((100-g*)/bj agregat	76.188	76.821	76.769	77.624	74.956	77.086	76.531	75.677	76.938	77.103
p	Jumlah kandungan rongga (%)	11.51	10.78	10.84	9.85	12.95	10.47	11.12	12.11	10.64	10.45
q	% rongga thd agregat VMA	23.812	23.179	23.231	22.376	25.044	22.914	23.469	24.323	23.062	22.897
r	% rongga terisi aspal	51.647	53.498	53.342	55.996	48.310	54.302	52.637	50.222	53.852	54.355
s	% rongga dim campuran VIM	11.265	10.528	10.589	9.593	12.701	10.220	10.866	11.861	10.392	10.200
t	Jam Masuk waterbath	13.00	13.05	13.10	13.15	13.20	13.25	13.30	13.35	13.40	13.45
u	Jam Test	13.30	13.35	13.40	13.45	13.50	13.55	14.00	14.05	14.10	14.15
v	Pembacaan arloji stabilitas	112	131	130	108	125	106	89	106	121	102
w	lbf	3328.50	3884.64	3855.43	3211.10	3709.29	3152.36	2651.94	3152.36	3592.25	3034.79
x	kg	1480.58	1727.97	1714.97	1428.36	1649.96	1402.23	1179.64	1402.23	1597.90	1349.94
y	koreksi (tebal)	0.889	0.904	0.928	0.936	0.865	0.927	0.916	0.890	0.919	0.933
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1315.76	1562.05	1591.89	1337.32	1426.50	1300.34	1080.17	1248.65	1468.90	1259.08
aa	Flow	3.9	3.5	4.2	4.0	5.5	4.2	4.7	4.2	4.5	3.9
ab	Marshall Quotient	337.37	446.30	379.02	334.33	259.36	309.60	229.82	297.30	326.42	322.84

Tabel 5.3. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 75 %)

Kadar Aspal Optimum		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		75%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.65	6.63	6.72	6.71	6.80	6.63	6.52	6.54	6.85	6.82
c	Tinggi 2 (cm)	6.70	6.61	6.72	6.72	6.79	6.71	6.49	6.58	6.86	6.85
d	Tinggi 3 (cm)	6.69	6.60	6.68	6.68	6.77	6.65	6.53	6.51	6.84	6.82
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.80	66.13	67.07	67.03	67.87	66.63	65.13	65.43	68.50	68.30
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)	1192.7	1190.9	1216.9	1184.7	1188.6	1188.8	1190.8	1192.1	1191.1	1194.1
i	Berat SSD (gram)	1216.7	1217.5	1241.6	1211.4	1216.9	1216.5	1215.6	1215.8	1220.7	1224.9
j	Berat dalam air (gram)	671.5	661.3	671.1	657.0	657.2	657.0	659.8	658.3	644.4	642.2
k	Isi (gram)	545.20	556.20	570.50	554.40	559.70	559.50	555.80	557.50	576.30	582.70
l	Berat isi	2.188	2.141	2.133	2.137	2.124	2.125	2.142	2.138	2.067	2.049
m	BJ maksimum teoritis	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402
n	(g*/l)/bj aspal	12.621	12.353	12.306	12.328	12.252	12.258	12.361	12.336	11.924	11.823
o	((100-g*)/bj agregat	78.189	76.527	76.238	76.376	75.902	75.942	76.576	76.426	73.871	73.243
p	Jumlah kandungan rongga (%)	9.19	11.12	11.46	11.30	11.85	11.80	11.06	11.24	14.21	14.93
q	% rongga thd agregat VMA	21.811	23.473	23.762	23.624	24.098	24.058	23.424	23.574	26.129	26.757
r	% rongga terisi aspal	57.866	52.626	51.789	52.186	50.841	50.952	52.769	52.330	45.634	44.186
s	% rongga dim campuran VIM	8.935	10.871	11.207	11.047	11.599	11.552	10.814	10.989	13.965	14.695
t	Jam Masuk waterbath	13.50	13.55	14.00	14.05	14.10	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35
u	Jam Test	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55	15.00	15.05
v	Pembacaan arloji stabilitas	82	99	103	143	115	117	129	98	103	108
w	lbf	2445.30	2946.54	3064.19	4234.60	3416.48	3475.09	3826.22	2917.12	3064.19	3211.10
x	kg	1087.72	1310.68	1363.01	1883.64	1519.72	1545.79	1701.98	1297.59	1363.01	1428.36
y	koreksi (tebal)	0.915	0.933	0.908	0.908	0.886	0.919	0.959	0.951	0.869	0.874
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	995.02	1222.47	1237.05	1711.25	1346.44	1421.00	1632.62	1234.44	1184.45	1248.86
aa	Flow	4.3	4.1	4.0	4.5	4.5	4.7	4.3	4.7	5.0	4.7
ab	Marshall Quotient	231.40	298.16	309.26	380.28	299.21	302.34	379.68	262.65	236.89	265.72

Tabel 5.4. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 90 %)

Kadar Aspal Optimum		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		90%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.59	6.73	6.66	6.64	6.88	6.70	6.87	6.77	6.63	6.57
c	Tinggi 2 (cm)	6.61	6.73	6.64	6.67	6.91	6.73	6.96	6.72	6.64	6.64
d	Tinggi 3 (cm)	6.62	6.70	6.64	6.63	6.90	6.69	6.95	6.76	6.64	6.61
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.07	67.20	66.47	66.47	68.97	67.07	69.27	67.50	66.37	66.07
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)	1190.9	1190.0	1193.2	1194.4	1189.3	1198.9	1193.3	1190.3	1200.9	1195.2
i	Berat SSD (gram)	1210.7	1212.3	1213.8	1216.2	1216.4	1221.0	1222.3	1213.0	1222.9	1218.6
j	Berat dalam air (gram)	649.5	643.6	651.6	652.5	634.9	652.5	641.4	646.9	660.7	655.3
k	Isi (gram)	561.20	568.7	562.2	563.7	581.5	568.5	580.9	566.1	562.2	563.3
l	Berat isi	2.122	2.092	2.122	2.119	2.045	2.109	2.054	2.103	2.136	2.122
m	BJ maksimum teoritis	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402
n	(g ³ /l ³)/bj aspal	12.243	12.072	12.244	12.224	11.799	12.167	11.851	12.131	12.323	12.241
o	((100-g)*l ³)/bj agregat	75.845	74.789	75.857	75.731	73.099	75.375	73.421	75.151	76.346	75.836
p	Jumlah kandungan rongga (%)	11.91	13.139	11.899	12.045	15.101	12.459	14.728	12.718	11.330	11.923
q	% rongga thd agregat VMA	24.155	25.211	24.143	24.269	26.901	24.625	26.579	24.849	23.654	24.164
r	% rongga terisi aspal	50.685	47.884	50.716	50.370	43.863	49.407	44.589	48.817	52.100	50.657
s	% rongga dim campuran VIM	11.665	12.895	11.651	11.798	14.863	12.213	14.488	12.473	11.081	11.676
t	Jam Masuk waterbath	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55	15.00	15.05
u	Jam Test	14.50	14.55	15.00	15.05	15.10	15.15	15.20	15.25	15.30	15.35
v	Pembacaan arloji stabilitas	78	96	93	115	101	108	111	102	105	109
w	lbf	2327.07	2858.24	2769.86	3416.48	3005.38	3211.10	3299.16	3034.79	3122.98	3240.46
x	kg	1035.13	1271.40	1232.09	1519.72	1336.85	1428.36	1467.53	1349.94	1389.16	1441.42
y	koreksi (tebal)	0.934	0.904	0.924	0.924	0.857	0.908	0.849	0.896	0.926	0.934
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	967.31	1149.32	1138.15	1403.85	1145.21	1296.35	1245.69	1209.37	1286.98	1346.98
aa	Flow	4.7	4.9	4.7	4.7	4.3	5.0	5.2	5.2	5.0	5.0
ab	Marshall Quotient	205.81	234.56	242.16	298.69	266.33	259.27	239.56	232.57	257.40	269.40

Tabel 5.5. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 100 %)

Kadar Aspal Optimum		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		100%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.68	6.62	6.55	6.66	6.6	6.73	6.57	6.58	6.57	6.61
c	Tinggi 2 (cm)	6.66	6.68	6.55	6.63	6.63	6.77	6.56	6.56	6.62	6.6
d	Tinggi 3 (cm)	6.67	6.65	6.56	6.63	6.62	6.69	6.57	6.56	6.57	6.61
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.70	66.50	65.53	66.40	66.17	67.30	65.67	65.67	65.87	66.07
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)	1168.7	1162.0	1158.5	1162.2	1163.3	1163.1	1163.9	1163.7	1166.3	1164.6
i	Berat SSD (gram)	1212.2	1206.9	1203.2	1206.1	1208.4	1209.9	1208.2	1208.3	1210.7	1209.6
j	Berat dalam air (gram)	655.2	642.1	653.5	654.3	652.8	649.3	655.3	658.0	654.3	656.8
k	Isi (gram)	557	564.8	549.7	551.8	555.6	560.6	552.9	550.3	556.4	552.8
l	Berat isi	2.098	2.057	2.108	2.106	2.094	2.075	2.105	2.115	2.096	2.107
m	BJ maksimum teoritis	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402	2.402
n	(g ³ /l ³)/bj aspal	12.105	11.869	12.159	12.151	12.079	11.970	12.145	12.200	12.093	12.154
o	((100-g)*l ³)/bj agregat	74.993	73.533	75.326	75.279	74.834	74.154	75.239	75.581	74.920	75.298
p	Jumlah kandungan rongga (%)	12.902	14.597	12.516	12.570	13.086	13.876	12.617	12.219	12.987	12.548
q	% rongga thd agregat VMA	25.007	26.467	24.674	24.721	25.166	25.846	24.761	24.419	25.080	24.702
r	% rongga terisi aspal	48.406	44.846	49.277	49.152	48.000	46.312	49.047	49.961	48.218	49.202
s	% rongga dim campuran VIM	12.658	14.358	12.270	12.325	12.842	13.634	12.371	11.972	12.743	12.303
t	Jam Masuk waterbath	16.10	16.15	16.20	16.25	16.30	16.35	16.40	16.45	16.50	16.55
u	Jam Test	16.40	16.45	16.50	16.55	17.00	17.05	17.10	17.15	17.20	17.25
v	Pembacaan arloji stabilitas	97	94	98	97	96	99	91	108	76	86
w	lbf	2887.68	2799.33	2917.12	2887.68	2858.24	2946.54	2710.92	3211.10	2267.92	2563.42
x	kg	1284.50	1245.20	1297.59	1284.50	1271.40	1310.68	1205.87	1428.36	1008.82	1140.26
y	koreksi (tebal)	0.917	0.923	0.949	0.926	0.932	0.901	0.945	0.945	0.940	0.934
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1178	1149	1231	1189	1185	1181	1140	1350	948	1066
aa	Flow	5.2	5.2	5.1	5.3	5.1	5.1	5.4	5.2	5.6	4.9
ab	Marshall Quotient	226.63	220.99	241.37	224.31	232.29	231.63	211.06	259.62	169.30	217.46

Tabel 5.6. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 0 %)

Kadar Aspal		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		0%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.61	6.71	6.86	6.65	6.71	6.72	6.68	6.78	6.78	6.70
c	Tinggi 2 (cm)	6.64	6.72	6.89	6.63	6.72	6.74	6.69	6.77	6.77	6.73
d	Tinggi 3 (cm)	6.59	6.73	6.89	6.64	6.71	6.75	6.68	6.79	6.78	6.72
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.13	67.20	68.80	66.40	67.13	67.37	66.83	67.80	67.77	67.17
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)	1199.6	1189.2	1192.8	1189.5	1194.5	1193.5	1191.2	1201.7	1202.5	1191.4
i	Berat SSD (gram)	1207.2	1196.8	1202.3	1199.7	1200.8	1199.2	1197.1	1210.7	1209.7	1196.7
j	Berat dalam air (gram)	668.0	655.4	651.5	665.9	658.3	660.7	659.4	667.9	666.8	655.4
k	Isi (gram)	539.20	541.40	550.80	533.80	542.50	538.50	537.70	542.80	542.90	541.30
l	Berat isi	2.225	2.197	2.166	2.228	2.202	2.216	2.215	2.214	2.215	2.201
m	BJ maksimum teoritis	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379
n	(g ³)/bj aspal	12.835	12.672	12.494	12.856	12.703	12.787	12.781	12.772	12.779	12.698
o	((100-g ³)/bj agregat	80.280	79.260	78.144	80.409	79.452	79.975	79.940	79.887	79.926	79.422
p	Jumlah kandungan rongga (%)	6.885	8.07	9.36	6.73	7.84	7.24	7.28	7.34	7.30	7.88
q	% rongga thd agregat VMA	19.720	20.740	21.856	19.591	20.548	20.025	20.060	20.113	20.074	20.578
r	% rongga terisi aspal	65.087	61.102	57.163	65.622	61.822	63.855	63.714	63.504	63.656	61.706
s	% rongga dim campuran VIM	6.485	7.672	8.973	6.334	7.449	6.839	6.880	6.942	6.897	7.484
t	Jam Masuk waterbath	12.15	12.20	12.25	12.30	12.35	12.40	12.45	12.50	12.55	13.00
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	136	144	139	140	136	136	135	138	139	137
w	lbf	4030.58	4263.72	4118.06	4147.21	4030.58	4030.58	4001.41	4088.91	4118.06	4059.75
x	kg	1792.88	1896.59	1831.80	1844.76	1792.88	1792.88	1779.91	1818.83	1831.80	1805.86
y	koreksi (tebal)	0.933	0.904	0.861	0.926	0.906	0.899	0.914	0.888	0.889	0.905
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1672.21	1714.48	1577.24	1707.41	1623.96	1612.66	1626.62	1614.71	1627.87	1634.08
aa	Flow	3.0	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.5	3.1	3.1	3.1
ab	Marshall Quotient	557.40	553.06	508.79	533.57	523.86	503.95	464.75	520.87	525.12	527.12

Tabel 5.7. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 60 %)

Kadar Aspal		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		60%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	7.10	6.90	7.20	7.10	7.75	7.70	6.95	6.70	6.90	6.85
c	Tinggi 2 (cm)	7.10	6.95	7.15	7.00	7.80	7.80	7.00	6.70	6.90	6.80
d	Tinggi 3 (cm)	7.10	6.90	7.20	7.00	7.80	7.70	7.00	6.60	6.85	6.85
e	Tinggi rata-rata (mm)	71.00	69.17	71.83	70.33	77.83	77.33	69.83	66.67	68.83	68.33
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	1183.2	1192.9	1188.0	1185.0	1186.9	1187.2	1186.8	1186.7	1190.5
i	Berat SSD (gram)	1219.2	1209.3	1225.4	1216.1	1208.7	1207.3	1214.2	1207.6	1210.0	1214.8
j	Berat dalam air (gram)	647.9	640.3	638.4	644.0	646.7	649.1	646.2	653.6	651.4	662.6
k	Isi (gram)	571.30	569.00	587.00	572.10	562.00	558.20	568.00	554.00	558.60	552.20
l	Berat isi	2.075	2.079	2.032	2.077	2.109	2.126	2.090	2.142	2.124	2.156
m	BJ maksimum teoritis	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379
n	(g ³)/bj aspal	11.971	11.997	11.724	11.980	12.165	12.267	12.059	12.359	12.256	12.438
o	((100-g ³)/bj agregat	74.872	75.035	73.331	74.932	76.086	76.726	75.422	77.301	76.658	77.795
p	Jumlah kandungan rongga (%)	13.16	12.97	14.95	13.09	11.75	11.01	12.52	10.34	11.09	9.77
q	% rongga thd agregat VMA	25.128	24.965	26.669	25.068	23.914	23.274	24.578	22.699	23.342	22.205
r	% rongga terisi aspal	47.639	48.055	43.962	47.790	50.867	52.708	49.061	54.449	52.508	56.015
s	% rongga dim campuran VIM	12.784	12.594	14.579	12.715	11.370	10.624	12.144	9.954	10.703	9.379
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	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55	15.00	15.05	15.10	15.15
v	Pembacaan arloji stabilitas	79	80	70	84	76	85	84	77	78	97
w	lbf	2356.64	2386.20	2090.28	2504.38	2267.92	2533.90	2504.38	2297.50	2327.07	2887.68
x	kg	1048.28	1061.43	929.80	1114.00	1008.82	1127.13	1114.00	1021.97	1035.13	1284.50
y	koreksi (tebal)	0.807	0.851	0.790	0.822	0.865	0.836	0.834	0.918	0.860	0.873
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	846.00	903.73	734.83	915.97	872.35	942.48	929.55	938.55	890.37	1121.93
aa	Flow	5.0	4.6	5.0	5.6	4.6	4.7	4.9	5.1	4.3	4.6
ab	Marshall Quotient	169.20	196.46	146.97	163.57	189.64	200.53	189.70	184.03	207.06	243.90

Tabel 5.8. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 75 %)

Kadar Aspal		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		75%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.54	6.53	6.54	6.53	6.49	6.46	6.61	6.63	6.49	6.56
c	Tinggi 2 (cm)	6.65	6.54	6.53	6.56	6.50	6.47	6.63	6.64	6.50	6.58
d	Tinggi 3 (cm)	6.57	6.55	6.54	6.55	6.54	6.51	6.71	6.70	6.51	6.61
e	Tinggi rata-rata (mm)	65.87	65.40	65.37	65.47	65.10	64.80	66.50	66.57	65.00	65.83
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)	1194.4	1194.4	1189.1	1193.0	1194.9	1197.4	1199.9	1191.3	1190.0	1187.0
i	Berat SSD (gram)	1236.7	1236.8	1232.2	1234.2	1238.3	1238.2	1241.5	1234.4	1233.8	1230.6
j	Berat dalam air (gram)	660.6	666.3	660.2	660.0	666.5	670.7	662.8	655.8	663.4	657.7
k	Isi (gram)	576.10	570.50	572.00	574.20	571.80	567.50	578.70	578.60	570.40	572.90
l	Berat isi	2.073	2.094	2.079	2.078	2.090	2.110	2.073	2.059	2.086	2.072
m	BJ maksimum teoritis	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379
n	(g ³ /l ³ aspal)	11.961	12.078	11.993	11.987	12.056	12.173	11.962	11.878	12.036	11.953
o	((100-g) ³ /l ³ agregat)	74.812	75.546	75.014	74.972	75.406	76.137	74.819	74.296	75.281	74.764
p	Jumlah kandungan rongga (%)	13.23	12.38	12.99	13.04	12.54	11.69	13.22	13.83	12.68	13.28
q	% rongga thd agregat VMA	25.188	24.454	24.986	25.028	24.594	23.863	25.181	25.704	24.719	25.236
r	% rongga terisi aspal	47.487	49.394	48.000	47.892	49.021	51.010	47.505	46.212	48.692	47.366
s	% rongga dlm campuran VIM	12.854	11.998	12.619	12.668	12.162	11.311	12.846	13.456	12.307	12.910
t	Jam Masuk waterbath	15.45	15.50	15.55	16.00	16.05	16.10	16.15	16.20	16.25	16.30
u	Jam Test	15.45	15.50	15.55	16.00	16.05	16.10	16.15	16.20	16.25	16.30
v	Pembacaan arloji stabilitas	65	75	59	63	45	73	64	70	69	70
w	lbf	1942.07	2238.33	1763.98	1882.73	1347.47	2179.13	1912.40	2090.28	2060.66	2090.28
x	kg	863.87	995.65	784.65	837.48	599.38	969.32	850.67	929.80	916.62	929.80
y	koreksi (tebal)	0.940	0.952	0.953	0.950	0.960	0.968	0.923	0.921	0.963	0.941
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	811.88	948.07	747.85	795.98	575.48	938.30	785.05	856.41	882.48	874.67
aa	Flow	5.4	5.2	5.5	5.9	5.1	5.6	5.6	5.5	5.5	5.6
ab	Marshall Quotient	150.35	182.32	135.97	134.91	112.84	167.55	140.19	155.71	160.45	156.19

Tabel 5.9. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 90 %)

Kadar Aspal		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		90%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.73	6.66	6.87	6.88	6.86	6.87	6.58	6.63	6.73	6.43
c	Tinggi 2 (cm)	6.77	6.68	6.85	6.94	6.87	6.91	6.50	6.64	6.79	6.45
d	Tinggi 3 (cm)	6.78	6.67	6.84	6.90	6.84	6.93	6.51	6.66	6.80	6.42
e	Tinggi rata-rata (mm)	67.60	66.70	68.53	69.07	68.57	69.03	65.30	66.43	67.73	64.33
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)	1197.2	1189.9	1193.9	1192.0	1189.4	1189.4	1189.9	1191.9	1192.2	1167.5
i	Berat SSD (gram)	1245.3	1229.5	1235.1	1239.3	1240.7	1237.7	1221.9	1225.5	1235.8	1209.3
j	Berat dalam air (gram)	658.4	657.0	650.7	650.1	651.2	659.6	661.0	651.1	657.3	648.3
k	Isi (gram)	586.90	572.5	584.4	589.2	589.5	578.1	560.9	574.4	578.5	561
l	Berat isi	2.040	2.078	2.043	2.023	2.018	2.057	2.121	2.075	2.061	2.081
m	BJ maksimum teoritis	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379
n	(g ³ /l ³ aspal)	11.768	11.991	11.786	11.672	11.640	11.870	12.239	11.971	11.890	12.006
o	((100-g) ³ /l ³ agregat)	73.608	74.999	73.719	73.002	72.806	74.241	76.550	74.876	74.365	75.096
p	Jumlah kandungan rongga (%)	14.62	13.010	14.495	15.327	15.554	13.889	11.211	13.152	13.746	12.898
q	% rongga thd agregat VMA	26.392	25.001	26.281	26.998	27.194	25.759	23.450	25.124	25.635	24.904
r	% rongga terisi aspal	44.590	47.962	44.847	43.231	42.804	46.081	52.192	47.650	46.379	48.210
s	% rongga dlm campuran VIM	14.257	12.636	14.127	14.963	15.191	13.519	10.829	12.779	13.375	12.524
t	Jam Masuk waterbath	10.20	10.25	10.30	10.35	10.40	10.45	10.50	10.55	11.00	11.05
u	Jam Test	10.20	10.25	10.30	10.35	10.40	10.45	10.50	10.55	11.00	11.05
v	Pembacaan arloji stabilitas	57	63	62	62	62	62	72	65	61	71
w	lbf	1704.56	1882.73	1853.05	1853.05	1853.05	1853.05	2149.52	1942.07	1823.37	2119.91
x	kg	758.22	837.48	824.27	824.27	824.27	824.27	956.15	863.87	811.07	942.98
y	koreksi (tebal)	0.893	0.917	0.868	0.854	0.867	0.855	0.955	0.925	0.890	0.980
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	677.22	768.36	715.56	703.96	714.83	704.67	912.98	798.78	721.51	924.26
aa	Flow	4.9	5.2	5.9	5.6	6.8	5.9	5.5	6.2	6.0	6.2
ab	Marshall Quotient	138.21	147.76	121.28	125.71	105.12	119.44	166.00	128.84	120.25	149.07

Tabel 5.10. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 100 %)

Kadar Aspal		6 %									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		100%									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.59	6.66	6.66	6.63	6.61	6.65	6.55	6.69	6.69	6.53
c	Tinggi 2 (cm)	6.64	6.7	6.69	6.65	6.64	6.65	6.54	6.59	6.68	6.54
d	Tinggi 3 (cm)	6.60	6.66	6.69	6.67	6.66	6.66	6.55	6.57	6.66	6.53
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.10	66.73	66.80	66.60	66.37	66.53	65.47	66.17	66.77	65.33
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)	1191.9	1191.7	1191.2	1195.5	1195.0	1192.7	1190.7	1192.8	1194.0	1191.3
i	Berat SSD (gram)	1235.7	1235.8	1235.1	1237.9	1235.0	1234.0	1233.1	1235.6	1236.6	1231.3
j	Berat dalam air (gram)	653.8	655.6	651.2	656.9	653.8	654.9	655.1	656.5	650.6	656.1
k	Isi (gram)	581.9	580.2	583.9	581	581.2	579.1	578	579.1	586	575.2
l	Berat isi	2.048	2.054	2.040	2.058	2.056	2.060	2.060	2.060	2.038	2.071
m	BJ maksimum teoritis	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379	2.379
n	$(g^*1)/b_j$ aspal)	11.817	11.850	11.770	11.871	11.862	11.882	11.885	11.883	11.755	11.949
o	$((100-g^*1)/b_j$ agregat	73.911	74.116	73.615	74.250	74.193	74.319	74.335	74.325	73.524	74.735
p	Jumlah kandungan rongga (%)	14.272	14.035	14.615	13.879	13.945	13.799	13.780	13.792	14.721	13.317
q	% rongga thd agregat VMA	26.089	25.884	26.385	25.750	25.807	25.681	25.665	25.675	26.476	25.265
r	% rongga terisi aspal	45.296	45.779	44.607	46.101	45.964	46.268	46.308	46.283	44.398	47.293
s	% rongga dim campuran VIM	13.903	13.665	14.248	13.509	13.575	13.429	13.409	13.421	14.355	12.944
t	Jam Masuk waterbath	9.05	9.10	9.15	9.20	9.25	9.30	9.35	9.40	9.45	9.50
u	Jam Test	9.05	9.10	9.15	9.20	9.25	9.30	9.35	9.40	9.45	9.50
v	Pembacaan arloji stabilitas	42	49	54	57	55	51	54	67	58	53
w	lbf	1258.04	1466.61	1615.38	1704.56	1645.11	1526.14	1615.38	2001.37	1734.27	1585.64
x	kg	559.60	652.38	718.55	758.22	731.78	678.86	718.55	890.25	771.44	705.32
y	koreksi (tebal)	0.934	0.917	0.915	0.920	0.926	0.922	0.950	0.932	0.916	0.954
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	522	598	657	698	678	626	683	830	706	673
aa	Flow	5.7	6.6	6.1	6.2	6.8	6.4	6.4	6.1	6.4	6.4
ab	Marshall Quotient	91.66	90.60	107.76	112.53	99.70	97.79	106.71	135.99	110.37	105.1

5.2. 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.

Dibawah ini adalah contoh perhitungan Interval Kepercayaan untuk Data Stabilitas pada variasi Kadar Filler Lumpur Lapindo 0 %.

Tabel 5.11. Data Pengujian Stabilitas Pada Variasi Kadar *Filler* Lumpur Lapindo 0 %

No.	Stabilitas (kg)
1	1890,71
2	1758,91
3	1835,04
4	1794,57
5	1894,36
6	1918,35
7	1889,59
8	1837,84
9	2019,95
10	1917,33

Dari data stabilitas pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

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

$$= \frac{1890,71 + \text{sampai} + 1917,33}{10}$$

$$= 1875,67 \text{ kg}$$

$$s = \sqrt{\frac{((1890,71 - 1875,67)^2 + \text{sampai} + (1917,17 - 1875,67)^2)}{10 - 1}}$$

$$= 73,359373$$

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

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

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

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 1875,67 - \left(2,262x \frac{73,359373}{\sqrt{10}} \right) < \mu < 1875,67 + \left(2,262x \frac{73,359373}{\sqrt{10}} \right) \\
 &= 1823,1913 < \mu < 1928,1403
 \end{aligned}$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk stabilitas di atas, maka data stabilitas pada variasi *filler* lumpur Lapindo 0 % yang tidak memenuhi syarat berjumlah 3 buah. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel berikut.

Tabel 5.12. Data Pengujian Stabilitas Pada Variasi Kadar *Filler* Lumpur Lapindo 0 % setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan

No.	Stabilitas (kg)
1	1890,71
2	1835,04
3	1894,36
4	1918,35
5	1889,59
6	1837,84
7	1917,33



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

Tabel 5.13. Interval Kepercayaan Stabilitas (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	1875,67	73,359373	0,975	9	2,262	1823,1913	$< \mu <$	1928,1403
Kadar Lumpur Lapindo 60%	1359,06	155,56023	0,975	9	2,262	1247,791	$< \mu <$	1470,3378
Kadar Lumpur Lapindo 75%	1323,36	214,56717	0,975	9	2,262	1169,8774	$< \mu <$	1476,8403
Kadar Lumpur Lapindo 90%	1218,92	125,67227	0,975	9	2,262	1129,0261	$< \mu <$	1308,8146
Kadar Lumpur Lapindo 100%	1161,69	104,19097	0,975	9	2,262	1087,1568	$< \mu <$	1236,2139

Tabel 5.14. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
Stabilitas (kg)	1890,71	1315,76	995,02	967,31	1178,49
	1758,91	1562,05	1222,47	1149,32	1149,14
	1835,04	1591,89	1237,05	1138,15	1231,00
	1794,57	1337,32	1711,25	1403,85	1188,86
	1894,36	1426,50	1346,44	1145,21	1184,70
	1918,35	1300,34	1421,00	1296,35	1181,29
	1889,59	1080,17	1632,62	1245,69	1139,72
	1837,84	1248,65	1234,44	1209,37	1350,00
	2019,95	1468,90	1184,45	1286,98	948,10
	1917,33	1259,08	1248,86	1346,98	1065,55

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.15. Interval Kepercayaan Flow (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	3,20	0,1943651	0,975	9	2,262	3,0609693	$< \mu <$	3,3390307
Kadar Lumpur Lapindo 60%	4,26	0,5481281	0,975	9	2,262	3,86792	$< \mu <$	4,65208
Kadar Lumpur Lapindo 75%	4,48	0,3084009	0,975	9	2,262	4,2593986	$< \mu <$	4,7006014
Kadar Lumpur Lapindo 90%	4,87	0,2750757	0,975	9	2,262	4,6732363	$< \mu <$	5,0667637
Kadar Lumpur Lapindo 100%	5,21	0,1911951	0,975	9	2,262	5,0732368	$< \mu <$	5,3467632

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

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
Flow (mm)	3,2	3,9	4,3	4,7	5,2
	3,3	3,5	4,1	4,9	5,2
	3,0	4,2	4,0	4,7	5,1
	3,1	4,0	4,5	4,7	5,3
	3,2	5,5	4,5	4,3	5,1
	3,6	4,2	4,7	5,0	5,1
	3,1	4,7	4,3	5,2	5,4
	2,9	4,2	4,7	5,2	5,2
	3,3	4,5	5,0	5,0	5,6
	3,3	3,9	4,7	5,0	4,9

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.17. Interval Kepercayaan VIM (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	6,70	1,3100382	0,975	9	2,262	5,7608108	< μ <	7,6349703
Kadar Lumpur Lapindo 60%	10,82	0,9063597	0,975	9	2,262	10,173232	< μ <	11,469883
Kadar Lumpur Lapindo 75%	11,57	1,641539	0,975	9	2,262	10,393152	< μ <	12,741561
Kadar Lumpur Lapindo 90%	12,48	1,2637982	0,975	9	2,262	11,576464	< μ <	13,384472
Kadar Lumpur Lapindo 100%	12,75	0,7259165	0,975	9	2,262	12,228395	< μ <	13,266902

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

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
VIM (%)	6,59	11,27	8,93	11,66	12,66
	10,17	10,53	10,87	12,90	14,36
	6,72	10,59	11,21	11,65	12,27
	6,69	9,59	11,05	11,80	12,32
	6,42	12,70	11,60	14,86	12,84
	6,54	10,22	11,55	12,21	13,63
	6,80	10,87	10,81	14,49	12,37
	5,82	11,86	10,99	12,47	11,97
	5,34	10,39	13,96	11,08	12,74
	5,90	10,20	14,70	11,68	12,30

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.19. Interval Kepercayaan VMA (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	19,89	1,1248096	0,975	9	2,262	19,085455	$< \mu <$	20,694624
Kadar Lumpur Lapindo 60%	23,43	0,7782079	0,975	9	2,262	22,873996	$< \mu <$	23,987311
Kadar Lumpur Lapindo 75%	24,07	1,4094389	0,975	9	2,262	23,062822	$< \mu <$	25,079185
Kadar Lumpur Lapindo 90%	24,86	1,0851076	0,975	9	2,262	24,078823	$< \mu <$	25,631193
Kadar Lumpur Lapindo 100%	25,08	0,6232779	0,975	9	2,262	24,638576	$< \mu <$	25,530247

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

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
VMA (%)	19,79	23,81	21,81	24,15	25,01
	22,87	23,18	23,47	25,21	26,47
	19,91	23,23	23,76	24,14	24,67
	19,88	22,38	23,62	24,27	24,72
	19,65	25,04	24,10	26,90	25,17
	19,75	22,91	24,06	24,63	25,85
	19,98	23,47	23,42	26,58	24,76
	19,13	24,32	23,57	24,85	24,42
	18,72	23,06	26,13	23,65	25,08
	19,21	22,90	26,76	24,16	24,70

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.21. Interval Kepercayaan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	587,57	33,191519	0,975	9	2,262	563,82651	$< \mu <$	611,31078
Kadar Lumpur Lapindo 60%	324,24	59,855575	0,975	9	2,262	281,42234	$< \mu <$	367,05259
Kadar Lumpur Lapindo 75%	296,56	51,671431	0,975	9	2,262	259,59717	$< \mu <$	333,51906
Kadar Lumpur Lapindo 90%	250,57	25,422093	0,975	9	2,262	232,38862	$< \mu <$	268,75784
Kadar Lumpur Lapindo 100%	223,47	23,362744	0,975	9	2,262	206,75492	$< \mu <$	240,178

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

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
MQ (kg/mm)	590,85	337,37	231,40	205,81	226,63
	533,00	446,30	298,16	234,56	220,99
	611,68	379,02	309,26	242,16	241,37
	578,89	334,33	380,28	298,69	224,31
	591,99	259,36	299,21	266,33	232,29
	532,88	309,60	302,34	259,27	231,63
	609,55	229,82	379,68	239,56	211,06
	633,74	297,30	262,65	232,57	259,62
	612,11	326,42	236,89	257,40	169,30
	581,01	322,84	265,72	269,40	217,46

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.23. Interval Kepercayaan Stabilitas (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	1641,12	43,53959	0,975	9	2,262	1609,9792	< μ <	1672,2675
Kadar Lumpur Lapindo 60%	909,58	100,93944	0,975	9	2,262	840,54344	< μ <	978,60953
Kadar Lumpur Lapindo 75%	821,62	108,24339	0,975	9	2,262	744,18871	< μ <	899,04327
Kadar Lumpur Lapindo 90%	764,21	88,401914	0,975	9	2,262	700,97803	< μ <	827,44709
Kadar Lumpur Lapindo 100%	667,10	79,422749	0,975	9	2,262	610,28429	< μ <	723,90762

Tabel 5.24. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
Stabilitas (kg)	1672,21	846,00	811,88	677,22	522,44
	1714,48	903,73	948,07	768,36	597,95
	1577,24	734,83	747,85	715,56	657,32
	1707,41	915,97	795,98	703,96	697,69
	1623,96	872,35	575,48	714,83	677,95
	1612,66	942,48	938,30	704,67	625,88
	1626,62	929,55	785,05	912,98	682,95
	1614,71	938,55	856,41	798,78	829,54
	1627,87	890,37	882,48	721,51	706,39
	1634,08	1121,93	874,67	924,26	672,86

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.25. Interval Kepercayaan Flow (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	3,15	0,1354006	0,975	9	2,262	3,0531469	$< \mu <$	3,2468531
Kadar Lumpur Lapindo 60%	4,84	0,3627059	0,975	9	2,262	4,5805539	$< \mu <$	5,0994461
Kadar Lumpur Lapindo 75%	5,49	0,2233582	0,975	9	2,262	5,3302303	$< \mu <$	5,6497697
Kadar Lumpur Lapindo 90%	5,82	0,5452828	0,975	9	2,262	5,4299553	$< \mu <$	6,2100447
Kadar Lumpur Lapindo 100%	6,31	0,3034981	0,975	9	2,262	6,0929056	$< \mu <$	6,5270944

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

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
Flow(mm)	3,3	5,0	5,4	4,9	5,7
	3,4	4,6	5,2	5,2	6,6
	3,4	5,0	5,5	5,9	6,1
	3,5	5,6	5,9	5,6	6,2
	3,4	4,6	5,1	6,8	6,8
	3,5	4,7	5,6	5,9	6,4
	3,8	4,9	5,6	5,5	6,4
	3,4	5,1	5,5	6,2	6,1
	3,4	4,3	5,5	6,0	6,4
	3,4	4,6	5,6	6,2	6,4

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.27. Interval Kepercayaan VIM (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	7,20	0,7572596	0,975	9	2,262	6,6539018	$< \mu <$	7,7372483
Kadar Lumpur Lapindo 60%	11,68	1,5700371	0,975	9	2,262	10,56156	$< \mu <$	12,807678
Kadar Lumpur Lapindo 75%	12,51	0,5947507	0,975	9	2,262	12,087586	$< \mu <$	12,938445
Kadar Lumpur Lapindo 90%	13,42	1,3025409	0,975	9	2,262	12,488342	$< \mu <$	14,351775
Kadar Lumpur Lapindo 100%	13,65	0,421873	0,975	9	2,262	13,344148	$< \mu <$	13,947685

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

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
VIM(%)	6,48	12,78	12,85	14,26	13,90
	7,67	12,59	12,00	12,64	13,67
	8,97	14,58	12,62	14,13	14,25
	6,33	12,71	12,67	14,96	13,51
	7,45	11,37	12,16	15,19	13,58
	6,84	10,62	11,31	13,52	13,43
	6,88	12,14	12,85	10,83	13,41
	6,94	9,95	13,46	12,78	13,42
	6,90	10,70	12,31	13,38	14,35
	7,48	9,38	12,91	12,52	12,94

■ = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.29. Interval Kepercayaan VMA (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	20,33	0,6500825	0,975	9	2,262	19,865438	$< \mu <$	20,795455
Kadar Lumpur Lapindo 60%	24,18	1,3478253	0,975	9	2,262	23,220034	$< \mu <$	25,148252
Kadar Lumpur Lapindo 75%	24,90	0,510574	0,975	9	2,262	24,530077	$< \mu <$	25,260512
Kadar Lumpur Lapindo 90%	25,67	1,1181886	0,975	9	2,262	24,874113	$< \mu <$	26,473809
Kadar Lumpur Lapindo 100%	25,87	0,3621641	0,975	9	2,262	25,608794	$< \mu <$	26,126911

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

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
VMA(%)	19,72	25,13	25,19	26,39	26,09
	20,74	24,96	24,45	25,00	25,88
	21,86	26,67	24,99	26,28	26,38
	19,59	25,07	25,03	27,00	25,75
	20,55	23,91	24,59	27,19	25,81
	20,02	23,27	23,86	25,76	25,68
	20,06	24,58	25,18	23,45	25,66
	20,11	22,70	25,70	25,12	25,68
	20,07	23,34	24,72	25,64	26,48
	20,58	22,20	25,24	24,90	25,27


■ = Data yang di hapus (sortir)

**Tabel 5.31. Interval Kepercayaan Marshall Quotient
(Perendaman 24 jam)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Lumpur Lapindo 0%	521,85	26,183658	0,975	9	2,262	503,11975	< μ <	540,57847
Kadar Lumpur Lapindo 60%	194,09	28,096745	0,975	9	2,262	173,99057	< μ <	214,18618
Kadar Lumpur Lapindo 75%	149,65	19,532055	0,975	9	2,262	135,67711	< μ <	163,61995
Kadar Lumpur Lapindo 90%	132,17	18,002884	0,975	9	2,262	119,28972	< μ <	145,0449
Kadar Lumpur Lapindo 100%	105,82	12,975295	0,975	9	2,262	96,542887	< μ <	115,10553

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

	Kadar Lumpur Lapindo (%)				
	0	60	75	90	100
MQ(kg/mm)	506,73	169,20	150,35	138,21	91,66
	504,26	196,46	182,32	147,76	90,60
	463,89	146,97	135,97	121,28	107,76
	487,83	163,57	134,91	125,71	112,53
	477,63	189,64	112,84	105,12	99,70
	460,76	200,53	167,55	119,44	97,79
	428,06	189,70	140,19	166,00	106,71
	474,91	184,03	155,71	128,84	135,99
	478,78	207,06	160,45	120,25	110,37
	480,61	243,90	156,19	149,07	105,13

 = Data yang di hapus (sortir)

5.2.1. Perhitungan Indeks Perendaman (IP)

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 :

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

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 5.33. Data Indeks Perendaman

Kadar Lumpur Lapindo (%)	Stabilitas (30 menit)	Stabilitas (24 jam)	Indeks Perendaman (%)	Syarat
0	1883,32	1630,30	87	> 85%
60	1336,65	904,87	68	
75	1270,67	822,04	65	
90	1210,15	732,52	61	
100	1179,03	674,43	57	

5.2.2. Cara Mencari Kadar *Filler* Optimum (KFO)

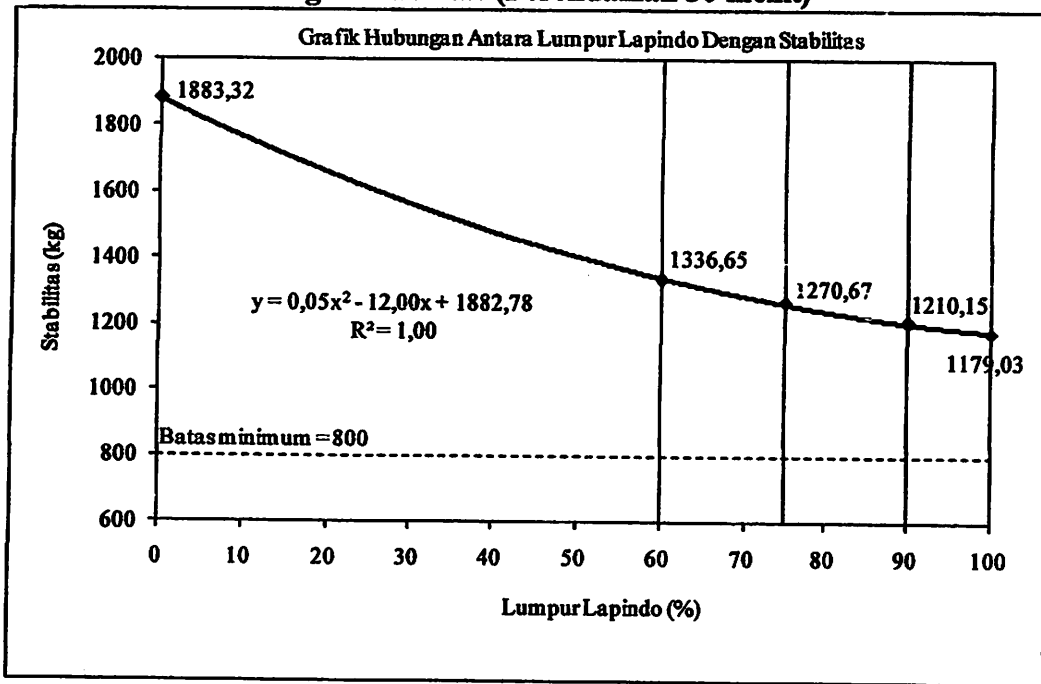
A. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel 2007

Berdasarkan dari tabel 5.14. sampai 5.33. diatas dapat diplotkan data dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara lain :

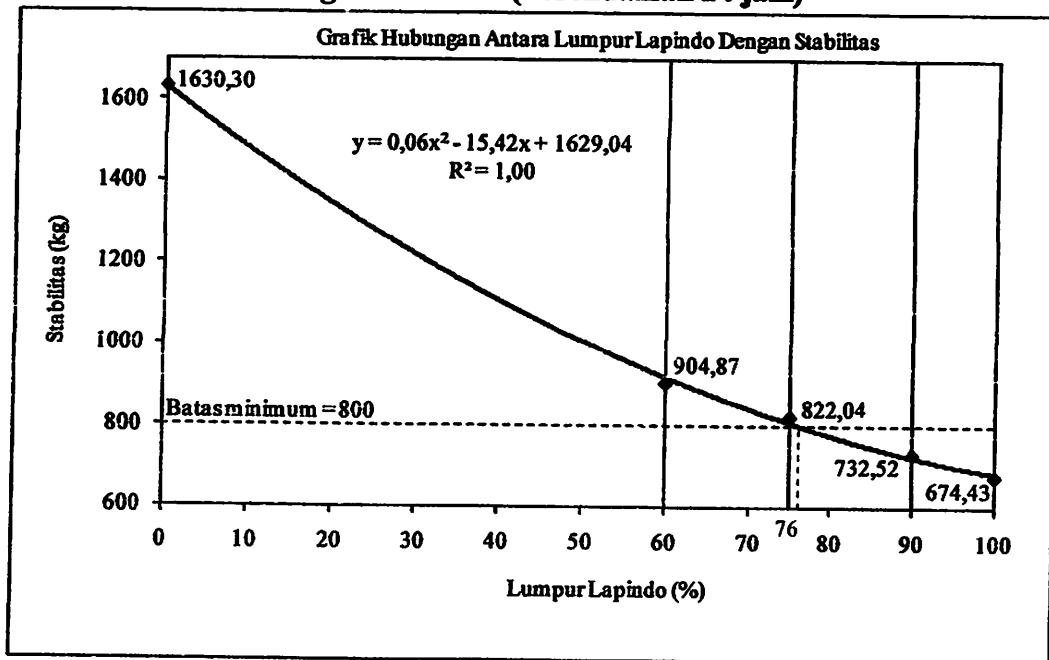
- a. Antara lumpur Lapindo dengan Stabilitas
- b. Antara lumpur Lapindo dengan Flow
- c. Antara lumpur Lapindo dengan VIM
- d. Antara lumpur Lapindo dengan VMA
- e. Antara lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient
- f. Antara lumpur Lapindo dengan Indeks Perendaman

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

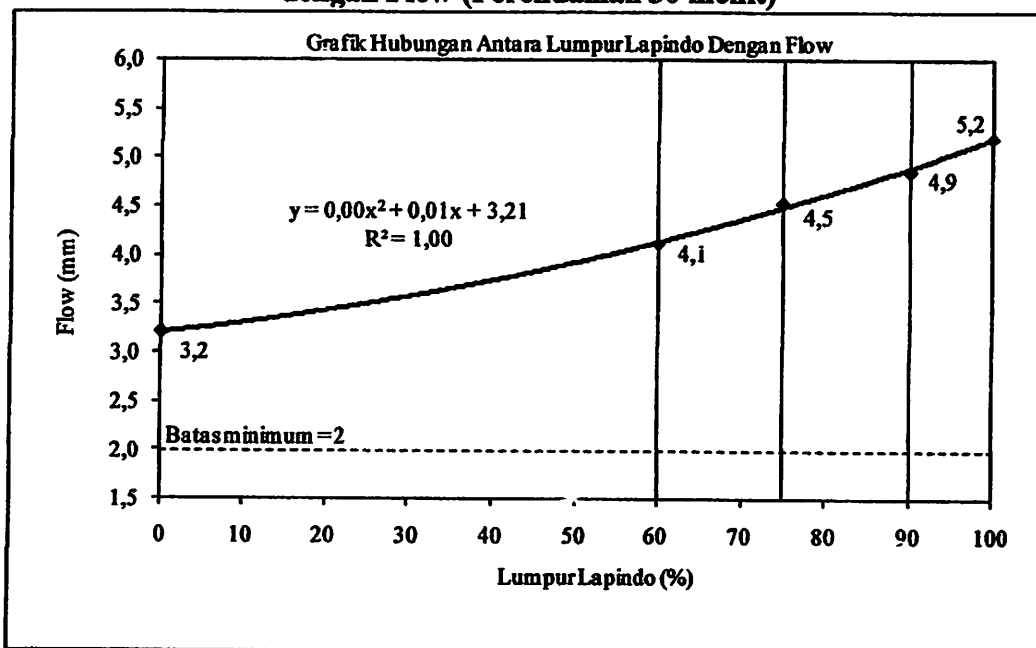
Grafik 5.1. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)



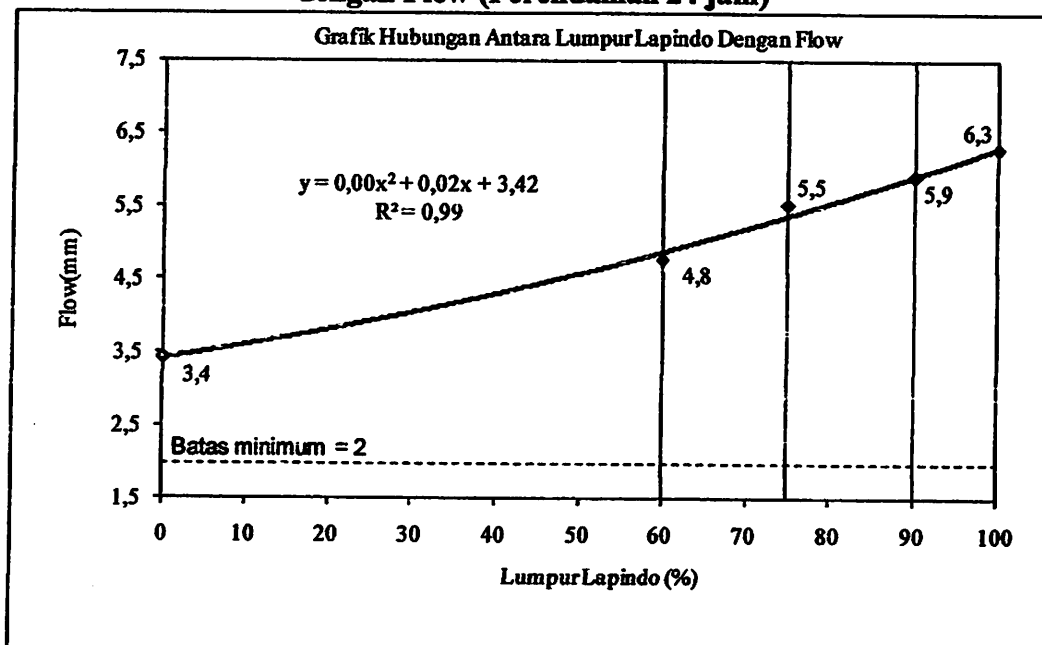
Grafik 5.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)



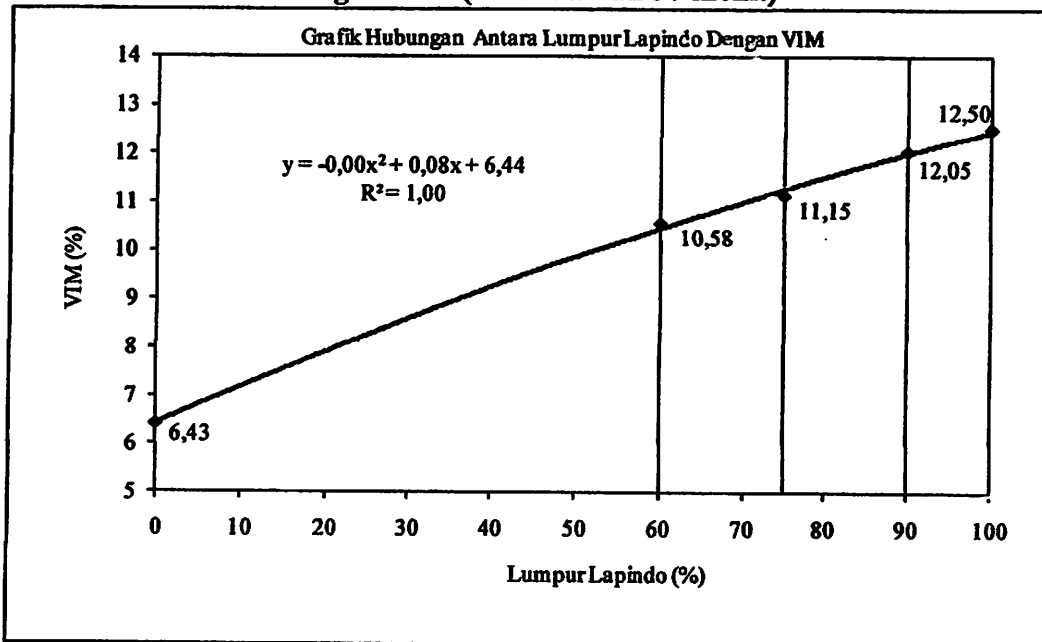
Grafik 5.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Flow (Perendaman 30 menit)



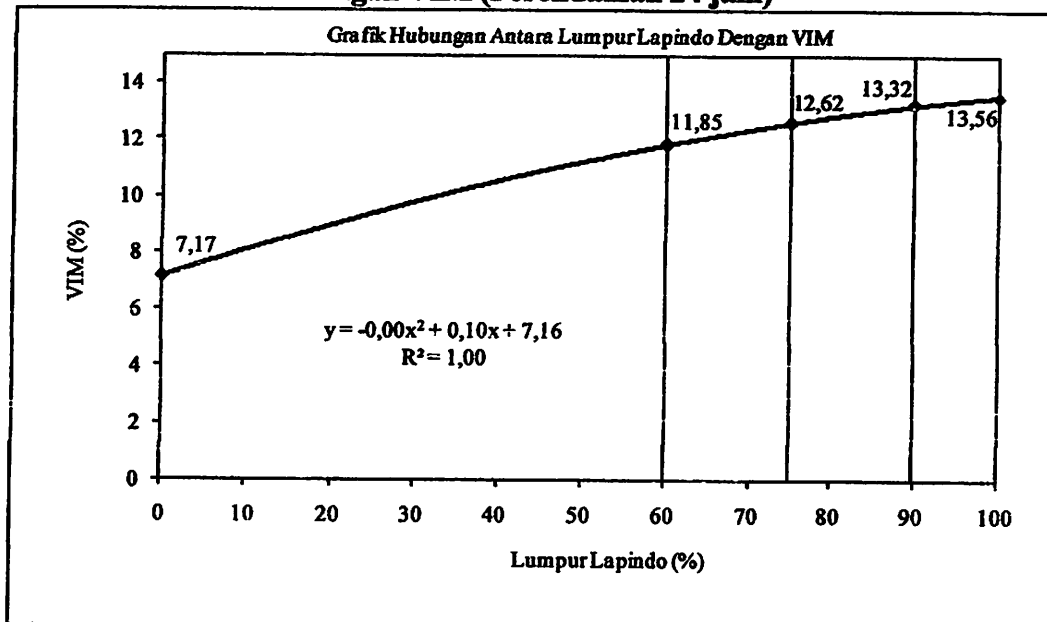
Grafik 5.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Flow (Perendaman 24 jam)



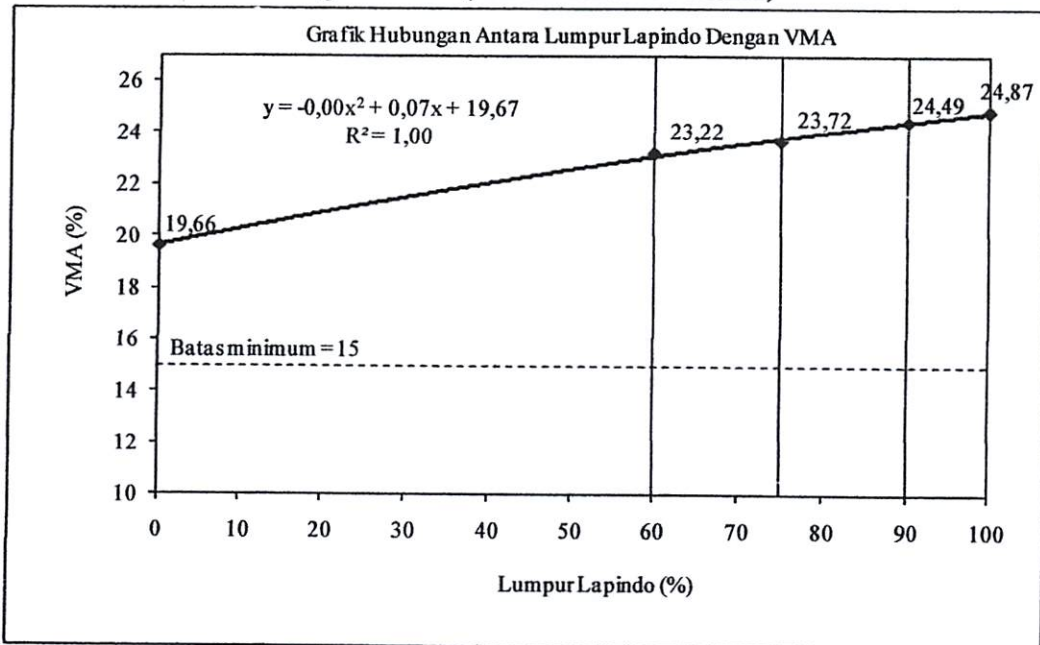
Grafik 5.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VIM (Perendaman 30 menit)



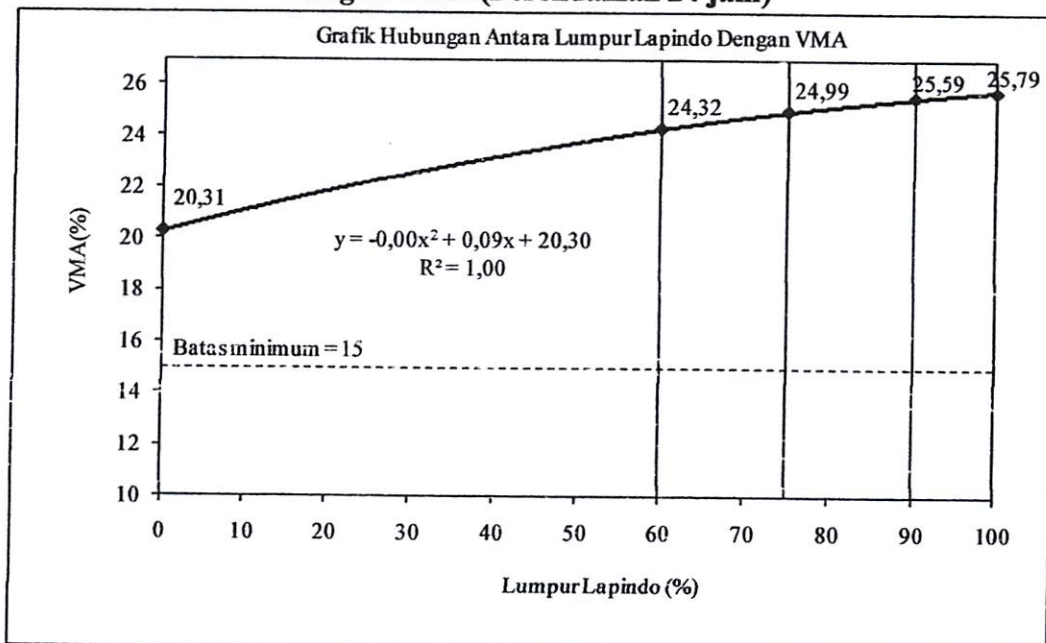
Grafik 5.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VIM (Perendaman 24 jam)



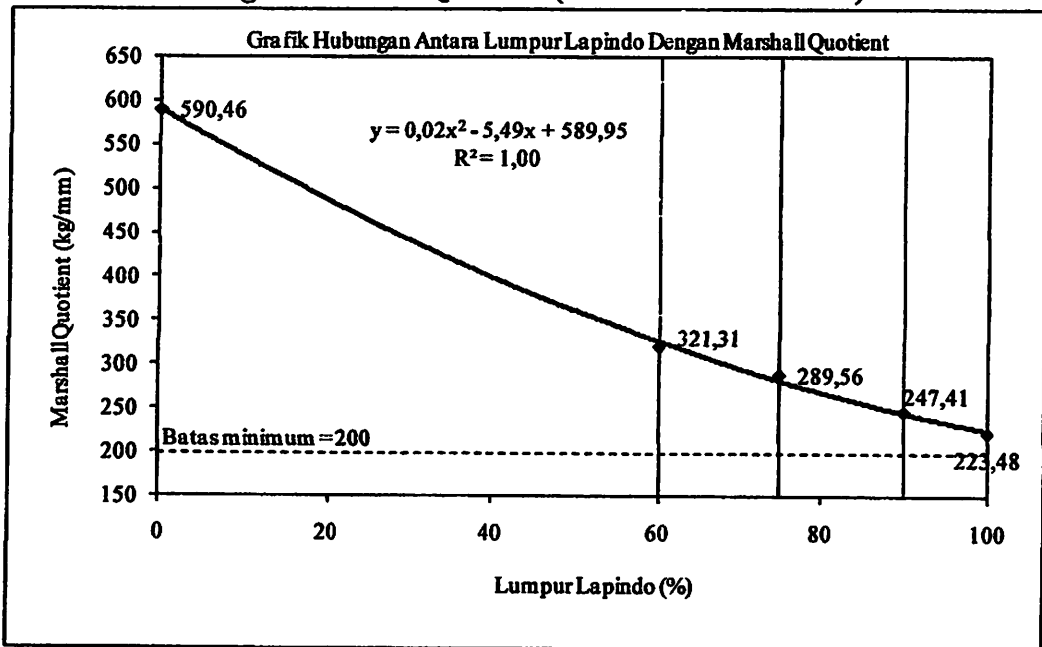
Grafik 5.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VMA (Perendaman 30 menit)



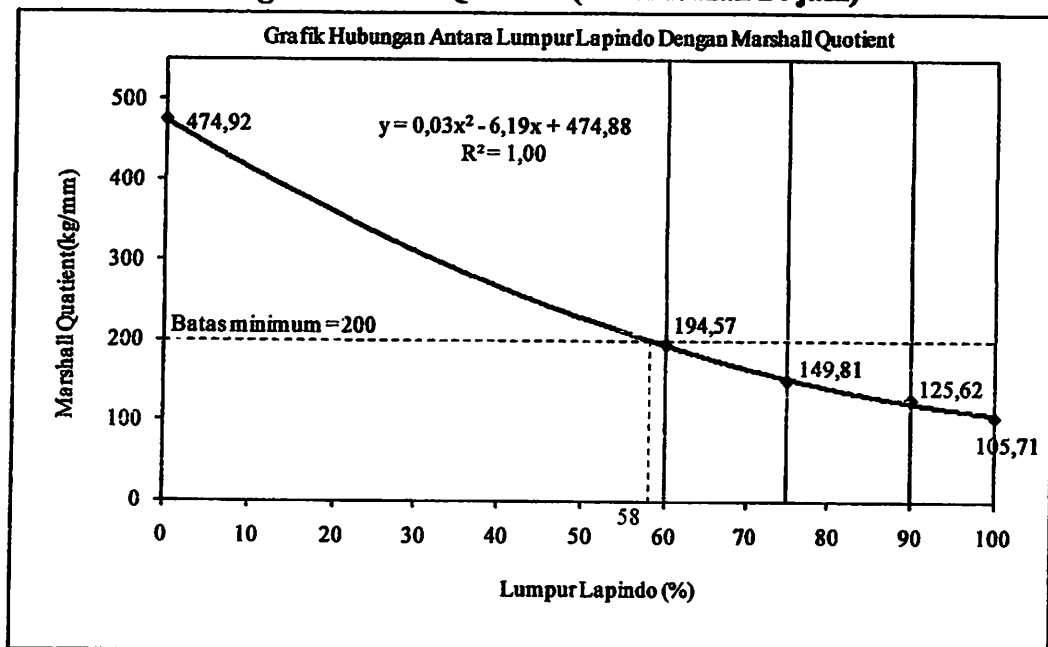
Grafik 5.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VMA (Perendaman 24 jam)



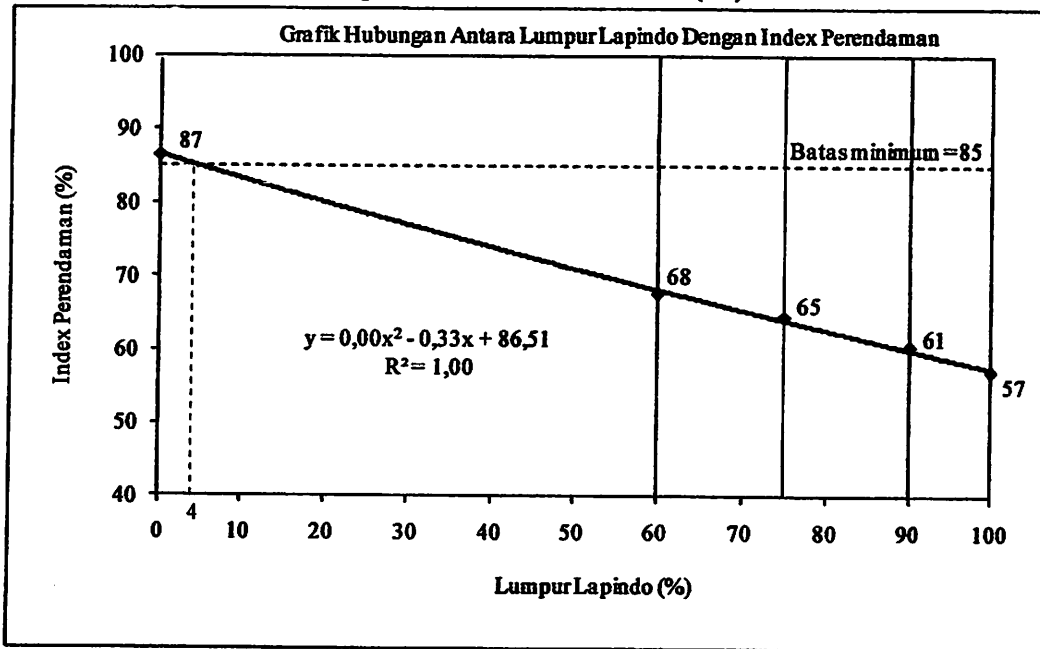
Grafik 5.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)



Grafik 5.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)



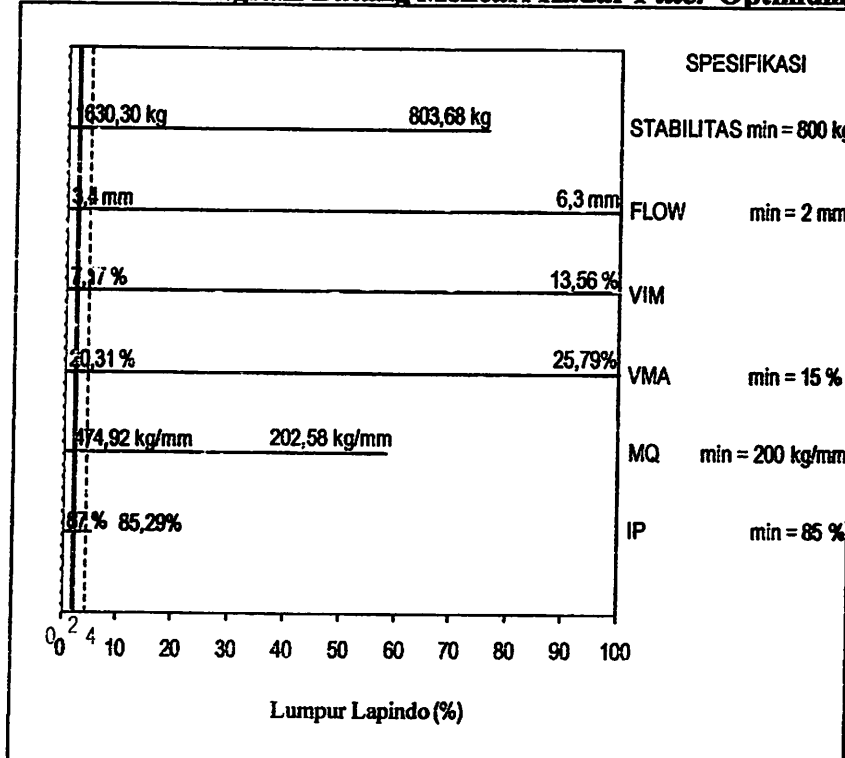
Grafik 5.11. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Indeks Perendaman (IP)



B. Kadar Filler Optimum

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh Kadar Filler Optimum sebagai berikut :

Grafik 5.12. Diagram Batang Mencari Kadar Filler Optimum



5.3. 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 kadar *filler* lumpur Lapindo pada Kadar Aspal Optimum menggunakan abu batu.

Sebagai contoh, di bawah ini adalah cara perhitungan analisa varian satu arah untuk stabilitas dengan variasi kadar *filler* lumpur Lapindo.

Tabel 5.34. Data Stabilitas Dengan Variasi Lumpur Lapindo (30 menit)

Variasi Lumpur Lapindo (%)	0	60	75	90	100	Jumlah
Stabilitas	1890,71	1315,76	1222,47	1149,32	1178,49	6756,75
	1835,04	1337,32	1237,05	1138,15	1149,14	6696,69
	1894,36	1426,50	1346,44	1145,21	1231,00	7043,50
	1918,35	1300,34	1421,00	1296,35	1188,86	7124,91
	1889,59	1248,65	1234,44	1245,69	1184,70	6803,06
	1837,84	1468,90	1184,45	1209,37	1181,29	6881,85
	1917,33	1259,08	1248,86	1286,98	1139,72	6851,97
Jumlah	13183,22	9356,54	8894,70	8471,07	8253,20	48158,73
Banyak Pengamatan	7	7	7	7	7	35
Rata-rata	1883,32	1336,65	1270,67	1210,15	1179,03	6879,82

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 5.34 di atas selanjutnya dihitung :

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

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= (1890,71)^2 + (1835,04)^2 + \dots + (1184,70)^2 + (1181,29)^2 + (1139,72)^2 \\ &= 68740952,3 \end{aligned}$$

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

$$R_y = \frac{48158,73^2}{35} = \frac{2319263366,89}{35} = 66264667,6$$

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

$$\begin{aligned} P_y &= \left(\frac{13183,22^2}{7} + \frac{9356,54^2}{7} + \frac{8894,70^2}{7} + \frac{8471,07^2}{7} + \frac{8253,20^2}{7} \right) \\ &\quad - 66264667,6 \\ &= 68618884,6 - 66264667,6 = 2354217 \end{aligned}$$

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

$$E_y = 68740952,3 - 66264667,6 - 2354217 = 122067,7$$

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

Tabel 5.35. Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	68740952,30	68740952,30
Antar perlakuan	4	2354216,96	588554,24
Dalam Perlakuan	30	122067,71	4068,92
Jumlah	28		

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{588554,24}{4068,92} = 144,6462$$

Dalam tabel V pada buku Dasar-dasar Statistika (Riduwan; 272), nilai $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 4 ; 30) = 2,69$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 144,646 > F_{\text{tabel}} = 2,69$. Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi *filler* lumpur Lapindo 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 seperti di bawah ini.

Tabel 5.36. Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan

Ne	Parameter	F_{hitung}	F_{tabel}	Hipotesa		Keterangan
1	Stabilitas	144,646	2,690	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat pengaruh terhadap nilai Stabilitas, Flow, VIM, VMA, MQ, dan Indeks Perendaman
2	Flow	175,226	2,690	Ha diterima	Ho ditolak	
3	VIM	331,304	2,679	Ha diterima	Ho ditolak	
4	VMA	331,304	2,679	Ha diterima	Ho ditolak	
5	MQ	592,286	2,743	Ha diterima	Ho ditolak	
6	IP	13,209	2,579	Ha diterima	Ho ditolak	

5.4. Analisis Regresi dan Pembahasan

5.4.1. Analisis Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan pada sub bab 5.2, kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi *filler* lumpur Lapindo yang telah diberikan.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (*Sudjana, 2002; 338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan

$$\hat{Y} = a + bX + cX^2.$$

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

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

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

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

Sebagai contoh, di bawah ini diambil data stabilitas untuk diuji dengan regresi.

Tabel 5.37. Daftar Nilai Stabilitas Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,00	1883,32	3546884,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	60,00	1336,65	1786630,16	3600,00	216000,00	12960000,00	80198,93	4811935,88
3	75,00	1270,67	1614605,43	5625,00	421875,00	31640625,00	95300,34	7147525,80
4	90,00	1210,15	1464471,05	8100,00	729000,00	65610000,00	108913,80	9802241,85
5	100,00	1179,03	1390106,79	10000,00	1000000,00	100000000,00	117902,79	11790279,01
Total	325,00	6879,82	9802697,80	27325,00	2366875,00	210210625,00	402315,86	33551982,54

Dari tabel 5.37. maka didapat persamaan :

$$6879,82 = 5a + 325b + 27325c$$

$$402315,86 = 325a + 27325b + 2366875c$$

$$33551982,54 = 27325a + 2366875b + 210210625c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 1882,78$$

$$b = -12,00$$

$$c = 0,05$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = 0,05 x^2 - 12,00 x + 1882,78$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(-12,00 \left\{ 402315,86 - \frac{325 \times 6879,82}{5} \right\} \right) + \left(0,05 \left\{ 33551982,54 - \frac{27325 \times 6879,82}{5} \right\} \right) \\ &= 538469,28 - 202311,688 \\ &= 336157,592 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 9802697,80 - \frac{(6879,82)^2}{5} \\ &= 336313,154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{336157,592}{336313,154} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar aspal dengan stabilitas menghasilkan persamaan $y = 0,05 x^2 - 12,00 x + 1882,78$

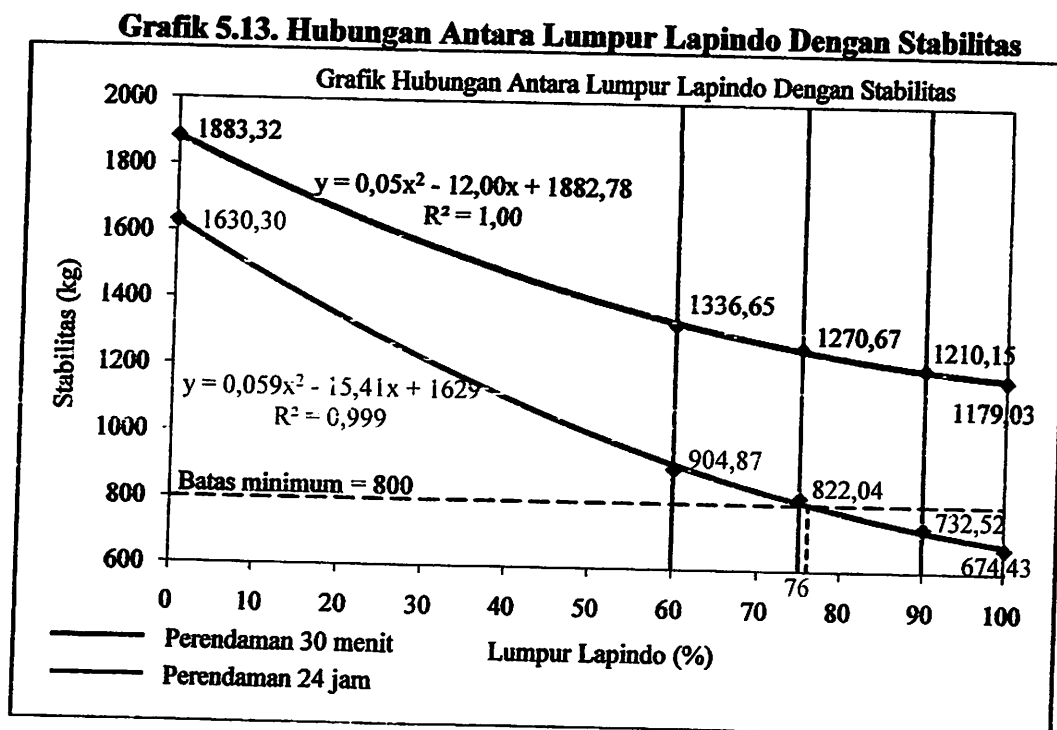
dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 1,00. Hal ini berarti bahwa 100% perubahan nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar *filler* lumpur Lapindo.

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 *filler* lumpur Lapindo terhadap Stabilitas, Flow, VIM, VMA, Marshall Quotient, dan Indeks Perendaman yang disajikan pada sub bab pembahasan.

5.4.2. 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



Terjadi penurunan nilai stabilitas akibat penambahan kadar lumpur Lapindo. Penurunan nilai stabilitas ini diakibatkan oleh lumpur Lapindo yang memiliki sifat plastis, sehingga lumpur tersebut mudah melekat atau menggumpal pada campuran agregat maka rongga dalam campuran semakin besar. Hal ini mengakibatkan penurunan terhadap nilai stabilitas.

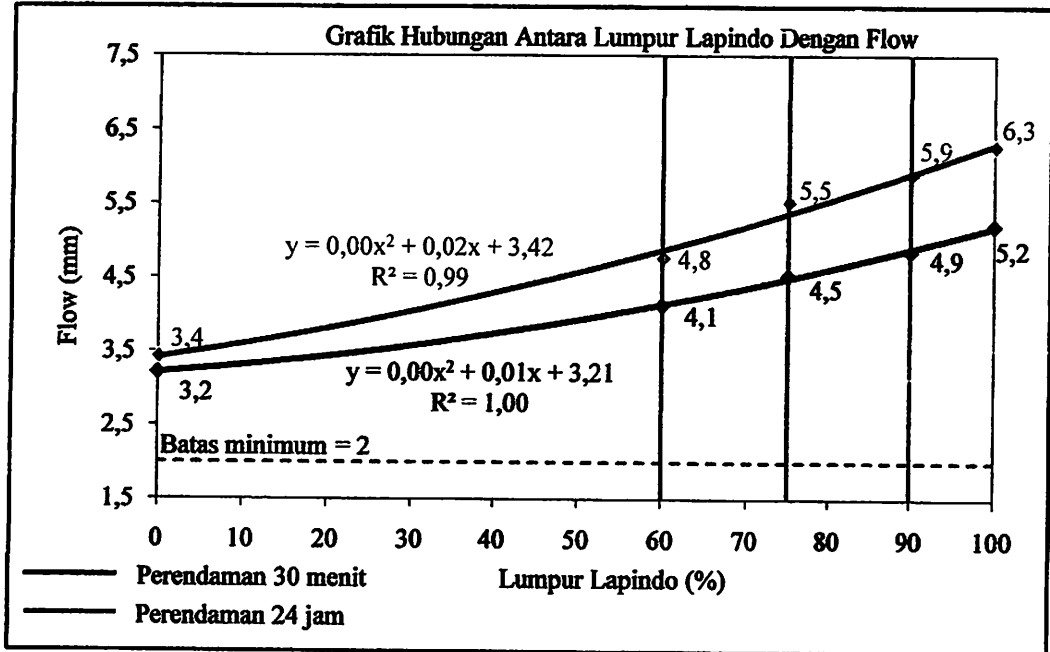
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 144,646$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,690$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai stabilitas. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 864,508$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,679$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai stabilitas.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 0,05 x^2 + 12,00 x - 1882,78$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 1,00$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 100% nilai stabilitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi *filler* lumpur Lapindo. Dan analisa regresi perendaman 24 jam maka didapatkan persamaan $y = 0,059 x^2 - 15,41 x + 1629$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,999$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 100% nilai stabilitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi *filler* lumpur Lapindo.



b. Flow

Grafik 5.14. Hubungan antara Lumpur Lapindo dengan Flow



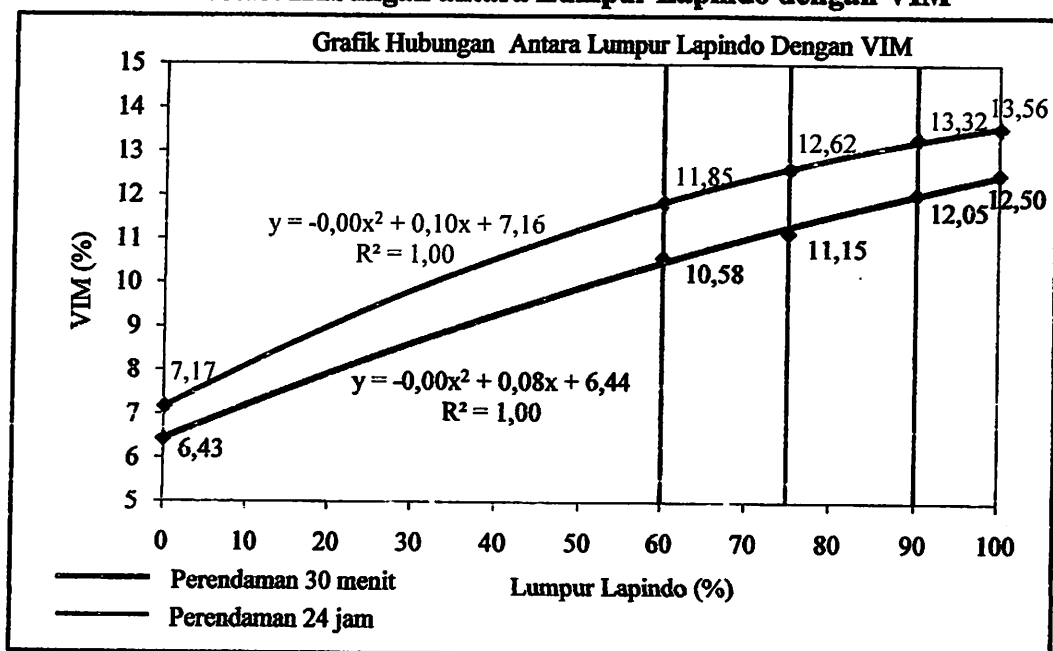
Terjadi peningkatan nilai flow akibat penambahan kadar lumpur Lapindo. Peningkatan nilai flow ini diakibatkan oleh lumpur Lapindo yang memiliki sifat plastis, sehingga lumpur tersebut mudah melekat atau menggumpal pada campuran agregat maka rongga dalam campuran semakin besar. Hal ini mengakibatkan peningkatan terhadap nilai flow.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{\text{hitung}} = 175,226$ yang lebih besar dari $F_{\text{tabel}} = 2,690$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai flow. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{\text{hitung}} = 442,641$ yang lebih besar dari $F_{\text{tabel}} = 2,679$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai flow.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 0,00x^2 + 0,01x + 3,21$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 1,0$ maka berarti bahwa 100% perubahan nilai flow diakibatkan oleh variasi *filler* lumpur Lapindo. Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = 0,00x^2 + 0,02x + 3,42$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,99$ maka berarti bahwa 99% nilai flow yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi *filler* lumpur Lapindo yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi variasi *filler* lumpur Lapindo mempengaruhi nilai flow.

c. VIM

Grafik 5.15. Hubungan antara Lumpur Lapindo dengan VIM

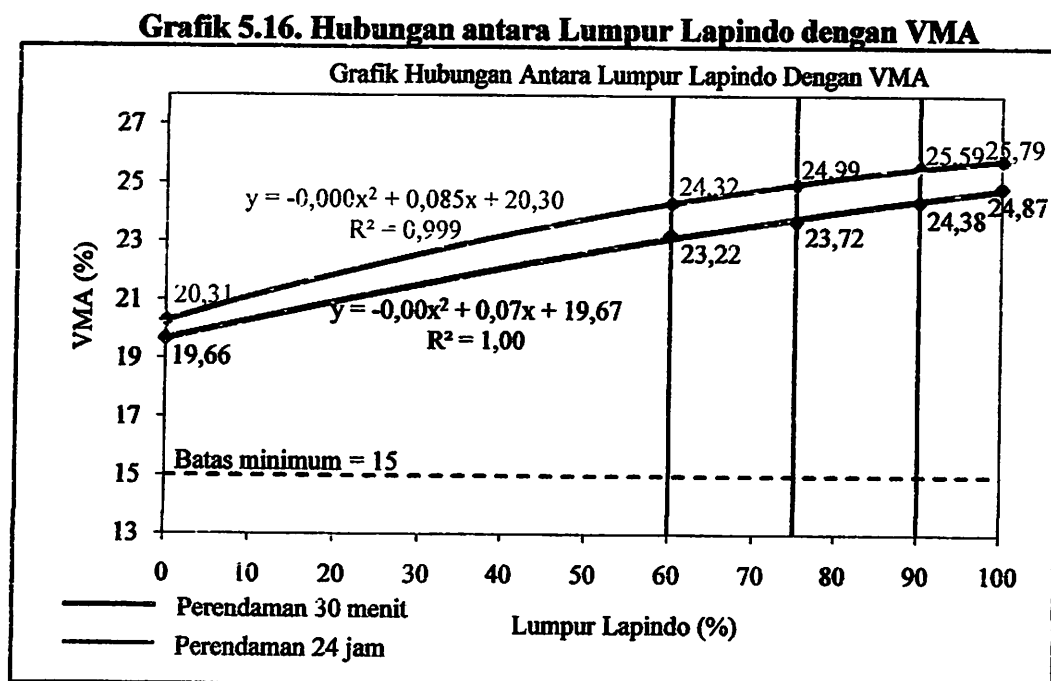


Terjadi peningkatan nilai VIM akibat penambahan kadar lumpur Lapindo. Peningkatan nilai VIM disebabkan oleh bertambahnya kadar *filler* lumpur Lapindo yang membuat rongga dalam campuran (VIM) menjadi besar.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 331,304$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,679$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai VIM. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 148,634$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,690$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai VIM.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 jam didapatkan persamaan $y = -0,00x^2 + 0,08x + 6,44$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 1,00$ maka berarti bahwa 100% perubahan nilai VIM diakibatkan oleh variasi *filler* lumpur Lapindo. Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -0,00x^2 + 0,10x + 7,16$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 1,00$ maka berarti bahwa 100% perubahan nilai VIM diakibatkan oleh variasi *filler* lumpur Lapindo.

d. VMA



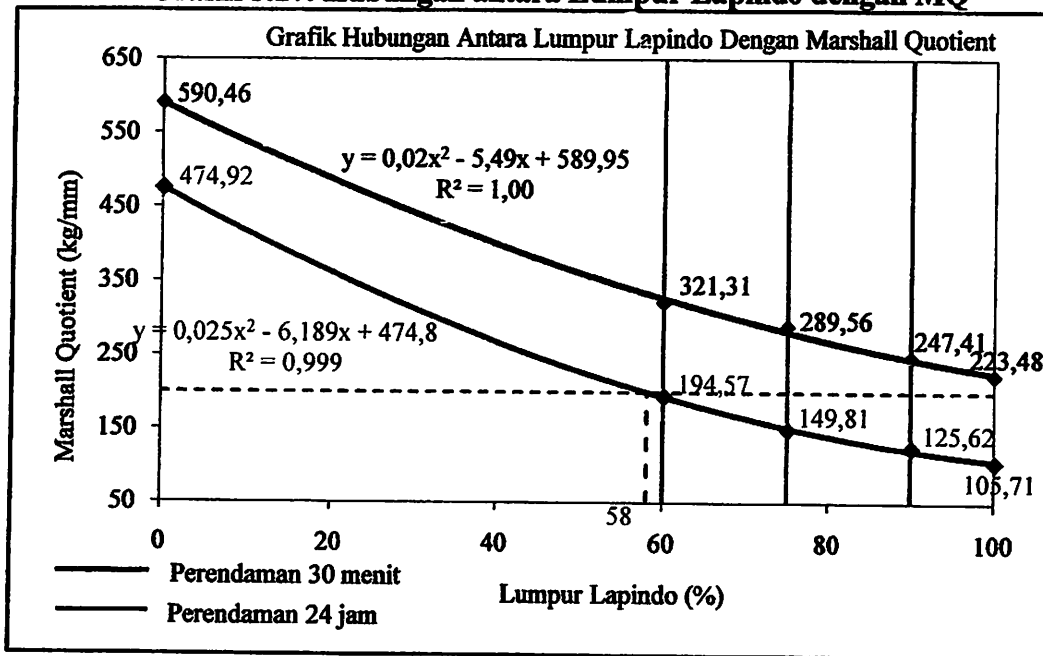
Terjadi peningkatan nilai VMA akibat penambahan kadar lumpur Lapindo. Peningkatan nilai VMA disebabkan oleh bertambahnya kadar *filler* lumpur Lapindo yang membuat rongga dalam campuran agregat (VMA) menjadi besar.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 331,304$ lebih besar dari $F_{tabel} = 2,679$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai VMA. Dan Dari uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 148,634$ lebih besar dari $F_{tabel} = 2,690$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai VMA.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -0,00x^2 + 0,07x + 19,67$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 1,00$ maka berarti bahwa 100% perubahan nilai VMA diakibatkan oleh variasi *filler* lumpur Lapindo. Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -0,00x^2 + 0,085x + 20,30$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 1,00$ maka berarti bahwa 100% perubahan nilai VMA diakibatkan oleh variasi *filler* lumpur Lapindo.

e. MQ (Marshall Quotient)

Grafik 5.17. Hubungan antara Lumpur Lapindo dengan MQ



Terjadi penurunan nilai MQ akibat penambahan kadar lumpur Lapindo. MQ (Marshall Quotient) adalah rasio dari stabilitas dibandingkan dengan flow. Semakin jauh perbedaan nilai stabilitas dan flow, maka nilai MQ semakin tinggi.

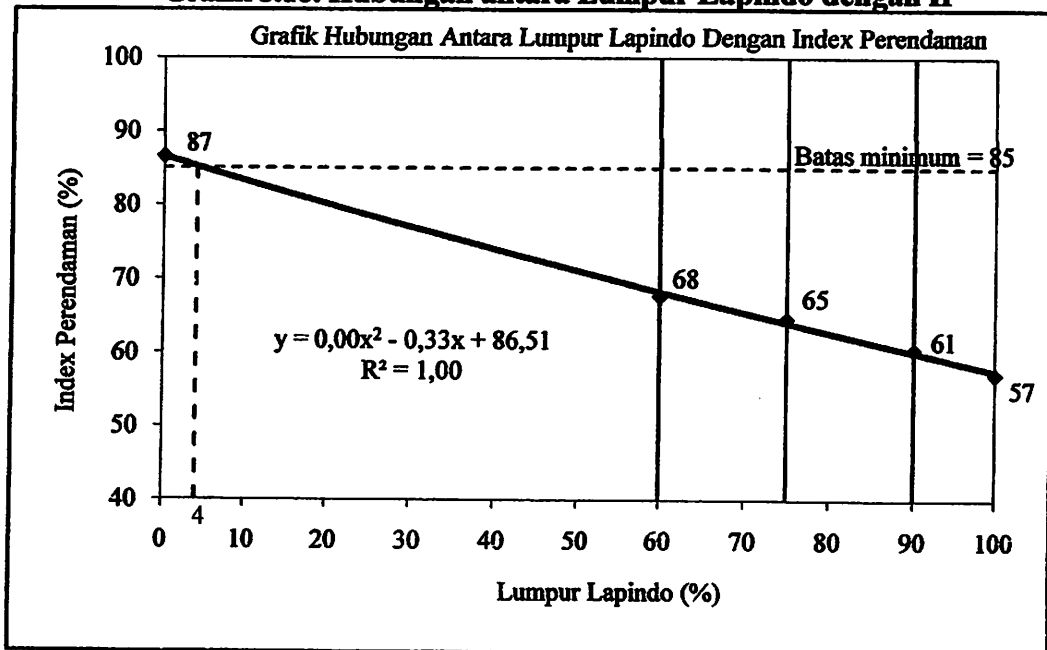
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 592,286$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,743$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai MQ. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 1137,582$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,714$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai MQ.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi 30 menit didapatkan persamaan $y = 0,02x^2 - 5,49x + 589,95$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 1,00$, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 100% nilai MQ yang dihasilkan

dipengaruhi oleh variasi *filler* lumpur Lapindo. Dan analisa regresi 24 jam didapatkan persamaan $y = 0,025^2 - 6,189x + 474,8$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,99$, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 100% nilai MQ yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi *filler* lumpur Lapindo.

f. IP (Indeks Perendaman)

Grafik 5.18. Hubungan antara Lumpur Lapindo dengan IP



Terjadi penurunan nilai IP akibat penambahan kadar lumpur Lapindo.

IP (Indeks Perendaman) adalah tingkat durabilitas campuran terhadap pengaruh cuaca. Semakin jauh perbedaan nilai stabilitas perendaman 30 menit terhadap stabilitas perendaman 24 jam, maka nilai IP semakin kecil.

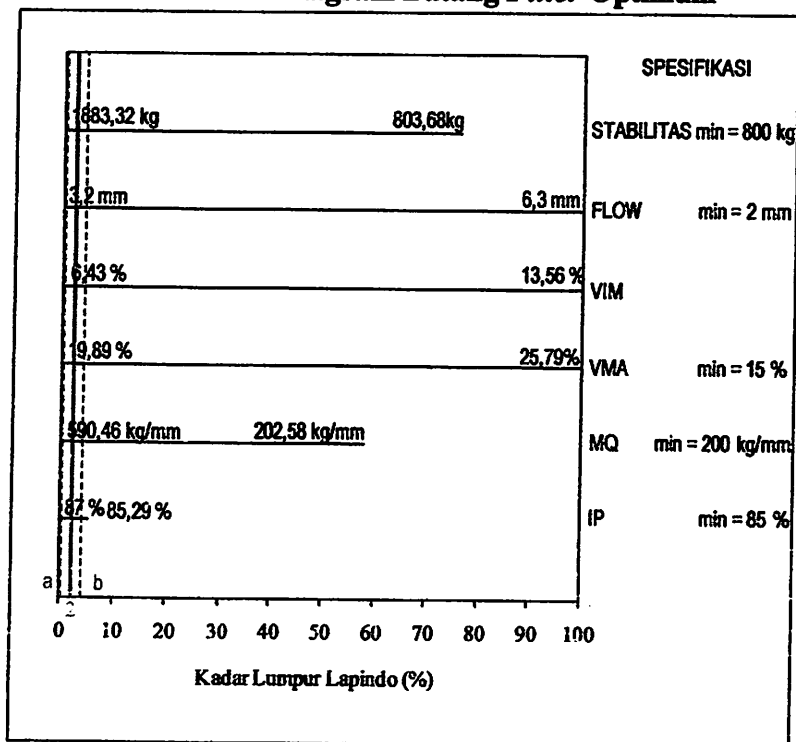
Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 13,209$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,579$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai IP.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $y = -0,00x^2 - 0,33x + 86,51$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 1,00$, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 100% nilai IP yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi *filler* lumpur Lapindo.

5.4.3. Kadar *Filler* Optimum

Dari serangkaian analisa data yang telah dilakukan, kemudian dibuat diagram batang untuk menentukan kadar *filler* optimum. Di bawah ini adalah diagram batang dari data penelitian ini.

Grafik 5.19. Diagram Batang *Filler* Optimum



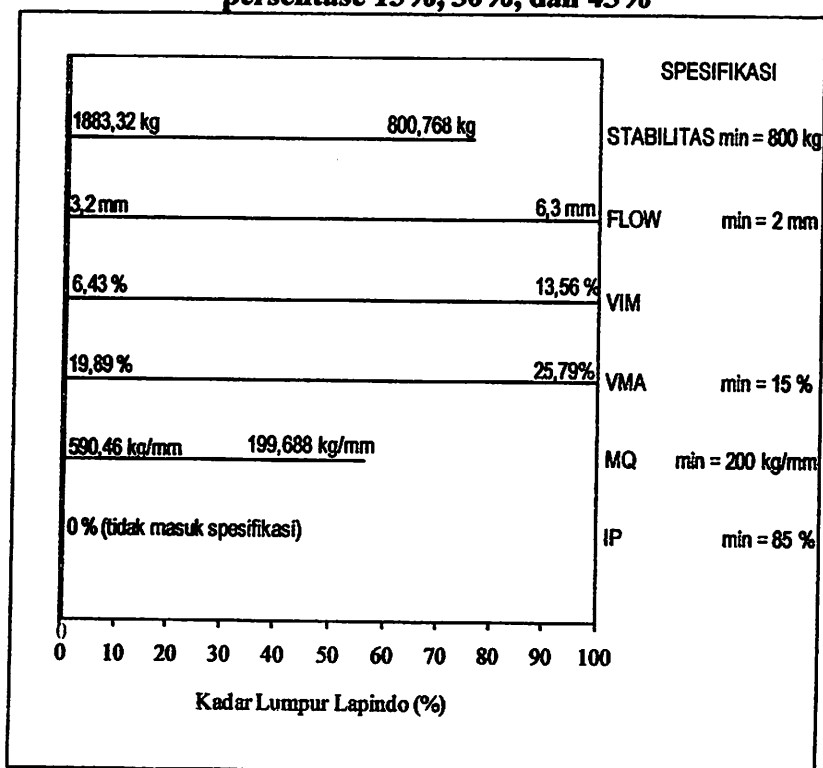
Dari hasil semua parameter, untuk menentukan kadar *filler* optimum digunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\frac{a+b}{2} = \frac{0+4}{2} = 2$$

Nilai kadar *filler* optimum yang dihasilkan adalah 2%.

Tetapi setelah digabungkan dengan persentase 15%, 30%, dan 45%, maka akan didapat diagram batang sebagai berikut (Data grafik terlampir) :

Grafik 5.20. Diagram Batang *Filler* Optimum setelah digabungkan dengan persentase 15%, 30%, dan 45%



Dari hasil semua parameter, pada Indeks Perendaman (IP) tidak ada yang memenuhi syarat. Sehingga nilai kadar *filler* optimum adalah 0%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat direkomendasikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Pemberian *filler* lumpur Lapindo berpengaruh atau memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kekuatan aspal beton. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian hipotesis, dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$.
- b. Kadar *filler* optimum adalah 0% (tidak memenuhi syarat).
- c. Lumpur Lapindo tidak dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada beton aspal. Hal ini dapat dilihat dari hasil parameter stabilitas yang menurun karena memiliki sifat plastis, dan pada Indeks Perendaman (IP) tidak memenuhi syarat.

6.2. Saran

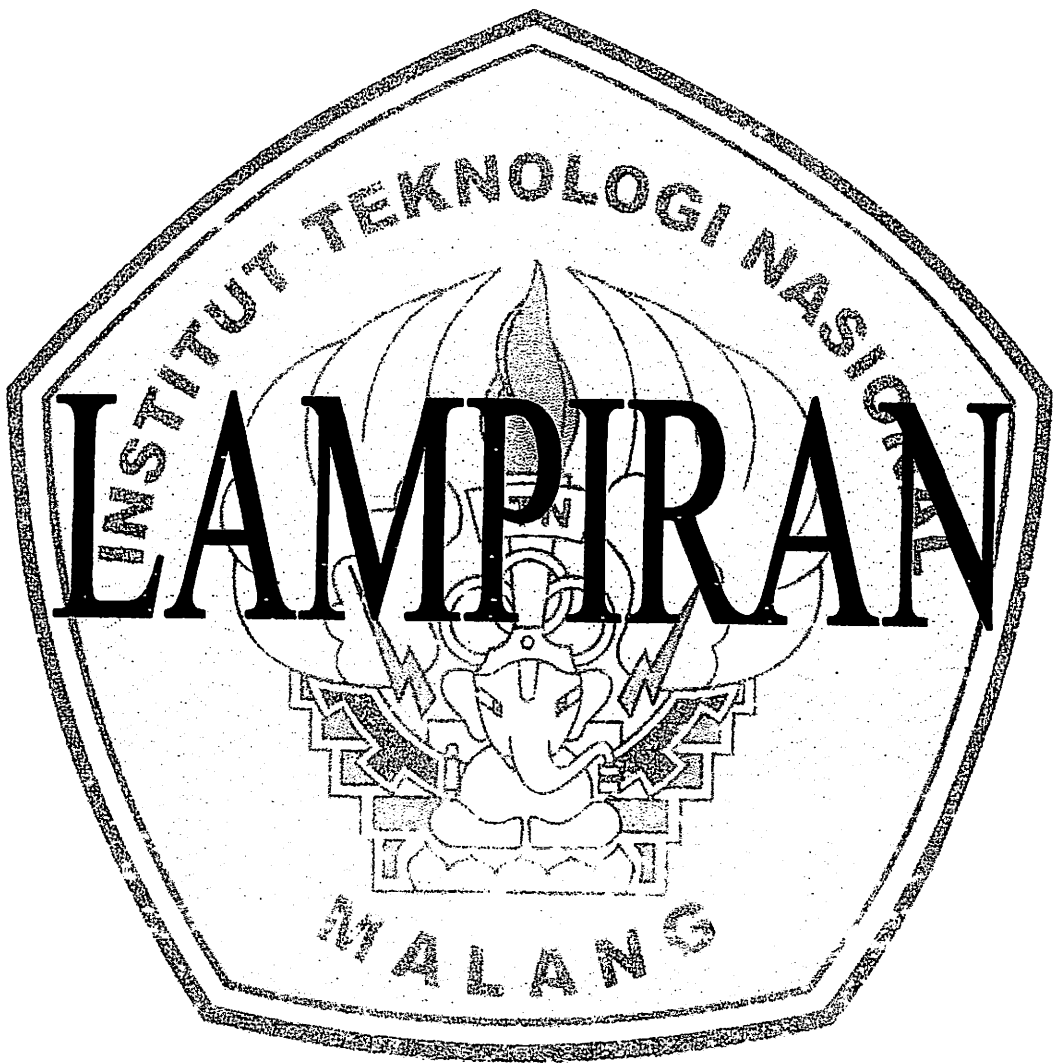
Karena keterbatasan waktu penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal-hal sebagai berikut :

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. Karena lumpur Lapindo memiliki sifat plastis, sehingga tidak dapat digunakan pada penelitian ini. Untuk penelitian selanjutnya di periksa terlebih dahulu sifat plastis dari agregat yang akan digunakan.
3. Sebaiknya lumpur Lapindo digunakan sebagai bahan material lainnya, agar lumpur Lapindo bisa dimanfaatkan sebagai material konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainul M. 2009. *Penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pada Perkerasan Lentur Jalan Raya*.
- 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, Buku II Pengujian Produk Pabrikasi*.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. *Pemeriksaan Material/Bahan Jalan, Buku III Pengujian Produk Olahan*.
- Foeh, Irwan. 2013. *Pemanfaatan Tanah Lempung Lapindo Sebagai Bahan Konstruksi Timbunan*.
- Hasan, Iqbal M. 2002. *Pokok-Pokok Materi Statistik 2(Statistik Inferensif)*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Riduwan. 2012. *Dasar-Dasar Statistika*. Alfabeta. Bandung.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit. Jakarta.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sudjana. 1992. *Metode Statistika*. Tarsito. Bandung.
- Teki, Podang R. 2010. *Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Tanah (Silt)*.





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

Dikerjakan oleh

: Boby F. Hosang

Tanggal pengerjaan : 23 april 2013

Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT

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	68.5	61.6
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS	gram	431.5	439.3
	Aggregate Impact Value (AIV)	(%)	13.70	12.32
	Rata-rata Aggregate Impact Value	(%)	13.01	

Mengetahui :

Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



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

Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang

Tanggal pengerjaan : 23 April 2013
Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

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		
20		
14	1793.5	51%
10	840.8	24%
6.3	624.3	18%
Berat benda uji	M1	3500 gram
Total prosentase berat tertahan di atas 5 %	M2	3258.6 gram
Total berat lolos pada tes flakiness dari M2	M3 F	241.4 gram
Flakiness Index	$\frac{M3 F \times 100}{M2}$	7.41 %

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadji, MT.





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

Dikerjakan oleh : **Boby F. Hosang**

Tanggal pengerjaan
Diperiksa oleh

: 22 April 2013

: Ir. Bambang W., MT.

ANGULARITY NUMBER

BS 812 : Part 1 : 1975

Uraian		berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	3560
Berat silinder + air penuh	W2	6580
Berat air	C = W2 - W1	3020
Percobaan I		
Berat silinder + agregat	W3	8250
Berat agregat	W4 = W3 - W1	4690
Percobaan II		
Berat silinder + agregat	W5	8200
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4640
Percobaan III		
Berat silinder + agregat 3	W7	8170
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4610

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

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

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

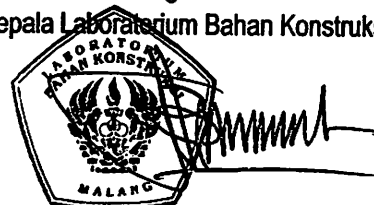
(Angularity number berkisar 0-12)

$$= 67 - \frac{100 \times 4646.7}{3020 \times 2.52}$$

$$= 5.94$$

Mengetahui :

Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



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

Dikerjakan oleh : **Boby F. Hosang**

Tanggal pengerjaan : **22 April 2013**
Diperiksa oleh : **Ir. Bambang W., MT.**

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	17950
Berat air	C = W2 - W1	10040
Agregat lepas		
Berat silinder + agregat	W2	20760
Berat agregat	W3 = W2 - W1	12850
Agregat padat dengan tusukan		
Berat silinder + agregat	W2	21890
Berat agregat 2	W3 = W2 - W1	13980
Agregat padat dengan goyangan		
Berat silinder + agregat 3	W7	22040
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	14130

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	1.28
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.39
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.41
Rata-rata total berat isi	1.36

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigurgura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang

Tanggal pengerjaan : 20 April 2013

Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
AASHTO T-27-82

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")	8030	8030	47.68	52.32
9.6 mm (3/8")	6740	14770	87.71	12.29
4.75 mm (No. 4)	1870	16640	98.81	1.19
2.38 mm (No. 8)	80	16720	99.29	0.71
1.19 mm (No. 16)	52.8	16772.8	99.60	0.40
0.59 mm (No. 30)	32.5	16805.3	99.79	0.21
0.279 mm (No. 50)	13.9	16819.2	99.88	0.12
0.15 mm (No. 100)	11.7	16830.9	99.95	0.05
0.075 mm (No. 200)	5.1	16836	99.98	0.02
pan	4.1	16840.1	100.00	0
Total berat	16840.1			

Mengetahui :

Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadij, MT.



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

Dikerjakan oleh : **Boby F. Hosang**

Tanggal pengerjaan : 20 April 2013

Diperiksa oleh : **Ir. Bambang W., MT.**

ANALISA SARINGAN AGREGAT SEDANG
AASHTO T-27-82

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	76.60	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
pan	30.2	1989.1	100.00	0
Total berat	1989.1			

Mengetahui :

Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadi, MT.



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

Dikerjakan oleh : **Boby F. Hosang**

Tanggal pengerjaan : 20 April 2013

Diperiksa oleh : **Ir. Bambang W., MT.**

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
AASHTO T-27-82

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	88.10	11.90
0.075 mm (No. 200)	98.5	1023.5	97.48	2.52
<i>p a n</i>	26.5	1050	100.00	0
Total berat	1050			

Mengetahui :

Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadij, MT.



**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

Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang

Tanggal pengerjaan : 23 April 2013

Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

**BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS
AASHTO T-84-81**

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	499.4	499.9	499.65
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500	500.0	500
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	665.6	660.5	663.05
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	978.3	976.8	977.55
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + B_j - B_t)}$	2.67	2.72	2.69
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2.67	2.72	2.70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + B_k - B_t)}$	2.67	2.72	2.69
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	0.12%	0.02%	0.07%

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,


Ir. Bambang Wedyantadji, MT.





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

Dikerjakan oleh : **Boby F. Hosang**

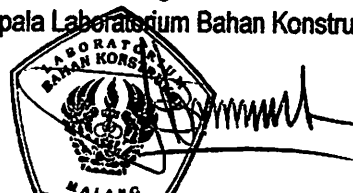
Tanggal pengerjaan : **22 April 2013**
Diperiksa oleh : **Ir. Bambang W., MT.**

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	3112.4	3100.3	3106.35
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.58	2.56	2.57
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.65	2.63	2.64
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.78	2.75	2.76
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2.77%	2.63%	2.70%

Mengetahui :

Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,


Ir. Bambang Wedyantadij, MT.



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

Dikerjakan oleh : Bobby F. Hosang

Tanggal pengerjaan : 23 April 2013
Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

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	%

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadij, MT.



**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

Dikerjakan oleh : Bobby F. Hosang

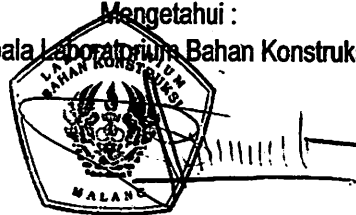
Tanggal pengerjaan : 22 April 2013

Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

**BERAT JENIS FILLER LUMPUR LAPINDO
AASHTO T-84-81**

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	138.3	93.1	115.71
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	671.0	648.0	659.50
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	758.4	707.5	732.97
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2.72	2.77	2.74

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadij, MT.



**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

Dikerjakan oleh : **Boby F. Hosang**

Tanggal pengerjaan : **22 April 2013**

Diperiksa oleh : **Ir. Bambang W., MT.**

**BERAT JENIS FILLER ABU BATU
AASHTO T-84-81**

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	128.5	131.4	129.95
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	665.0	656.5	660.75
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	738.8	732.0	735.41
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2.35	2.35	2.35

Mengetahui :

Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigurgura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 17 april 2013
Dikerjakan oleh : Bobby F. Hosang Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

PENGUJIAN PENETRASI BAHAN-BAHAN BITUMEN
(AASHTO T-49-80)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam	: 13.55	140 °C
	Selesai jam	: 14.25	

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	: 18.00	

Penetrasi pada 25°C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	72	77	78	79	80
Benda uji II	78	78	79	82	88
Rata-rata	79				

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



**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

Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 18 april 2013
Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

**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 : 16.25	25 °C
	Selesai jam : 17.55	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C	Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam : 18.00	25 °C
	Selesai jam : 19.00	

Penetrasi pada 25°C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	74	74	75	76	79
Benda uji II	73	75	76	78	80
Rata-rata	76				

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



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

Jenis Contoh : 60/70

Tanggal pengerjaan : 17 april 2013

Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang

Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

PENGUJIAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL
dengan Cleveland Open Cup
(AASHTO T-48-81)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 13.55	140 °C
	Selesai jam : 14.25	
Menentukan titik nyala	Penuangan contoh	Pembacaan suhu menuang
	Mulai jam : 14.25	140 °C
	Selesai jam : 15.23	
Kenaikan suhu contoh	Sampai 56°C di bawah titik nyala	
	Mulai jam : 14.26	15°C per menit
	Selesai jam : 14.53	
	antara 56 s/d 28°C di bawah titik nyala	
	Mulai jam : 14.53	5°C s/d 6°C per menit
	Selesai jam : 15.23	
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			

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



**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



Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 17 april 2013
Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

**PENGUJIAN TITIK LEMBEK ASPAL DAN TER
(AASHTO T-53-89)**

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal 140 °C
	Mulai jam	: 13.55	
	Selesai jam	: 14.25	
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 5 °C
	Mulai jam	: 15.25	
	Selesai jam	: 16.55	
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam	: 17.00	
	Selesai jam	: 17.35	

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					

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



 Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



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

Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 18 april 2013
Dikerjakan oleh : Bobby F. Hosang Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

PENGUJIAN TITIK LEMBЕК ASPAL DAN TER
SETELAH KEHILANGAN BERAT
(AASHTO T-53-89)

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai jam	: 14.55	
	Selesai jam	: 16.25	
Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5°C		Pembacaan suhu lemari es 5 °C
	Mulai jam	: 16.25	
	Selesai jam	: 17.55	
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam	: 19.34	
	Selesai jam	: 19.53	

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					

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



**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

Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 17 april 2013
Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

**PENGUJIAN DAKTILITAS BAHAN-BAHAN ASPAL
(AASHTO T-51-81)**

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam	: 13.55	140 °C
	Selesai jam	: 14.25	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai jam	: 14.25	
	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 Daktilitas	Mulai jam	: 17.00	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam	: 17.35	25°C

Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 100 cm	> 100 cm
Rata-rata	> 100 cm	

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



**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

Jenis Contoh : 60/70 Tanggail pengerjaan : 18 april 2013
Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

**PENGUJIAN DAKTILITAS BAHAN-BAHAN ASPAL
SETELAH KEHILANGAN BERAT
(AASHTO T-51-81)**

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam	: 14.55
	Selesai jam	: 16.25
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	
	Mulai jam	: 16.25
	Selesai jam	: 17.55
		Pembacaan suhu water bath
		25 °C
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 18.00	
	Selesai jam : 18.30	
	Pembacaan suhu alat	
		25°C

Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 100 cm	> 100 cm
Rata-rata		

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



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

Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 17 april 2013
Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

PENGUJIAN BERAT JENIS ASPAL KERAS
(AASHTO T-226-79)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal 140 °C
	Mulai jam : 13.55		
	Selesai jam : 14.25		
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai jam : 14.25		
	Selesai jam : 15.25		
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C		Pembacaan suhu water bath 25 °C
	Mulai jam : 15.25		
	Selesai jam : 16.55		
Pemeriksaan Berat Jenis	Mulai jam : 17.00	Pembacaan suhu water bath	
	Selesai jam : 17.10	25°C	

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	36.9	36.9
Berat piknometer	11.3	11.3
Berat air (= isi piknometer)	25.6	25.6
Berat piknometer + contoh	29.7	33.8
Berat piknometer	11.3	11.3
Berat contoh	18.4	22.5
Berat pikno + air + contoh	37.9	37.5
Berat piknometer + contoh	29.7	33.8
Berat air	8.2	3.7
Isi bitumen	17.4	21.9
Berat Jenis :		
Berat contoh	1.06	1.03
Berat air sebanyak isi bitumen		

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,

Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



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

Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 18 april 2013
Dikerjakan oleh : Boby F. Hosang Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

PENGUJIAN KEHILANGAN BERAT MINYAK DAN ASPAL
(AASHTO T-47-82)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam	: 10.50	140 °C
	Selesai jam	: 11.20	
Pemeriksaan kehilangan berat pada 163°C	Mulai jam	: 11.20	Pembacaan suhu dlm contoh
	Selesai jam	: 16.20	163 °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	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	0.27
Rata-rata (%)	0.179		

Mengetahui :
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi,



Ir. Bambang Wedyantadji, MT.



JASA TIRTA I

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976, E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id

Ds. Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Telp. (0321) 331860 & Fax. (0321) 395134

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor :

1126 S/LKA MLG/IV/2013

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama :

Name

Alamat :

Address

Eding Iskak Imananto

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji :

Sample Code

Ext. 96 /PC/IV/2013/ 133

Jenis Contoh Uji :

Type of Sample

Tanah Lumpur Lapindo

Lokasi Pengambilan Contoh Uji :

Sampling Location

Sidoarjo

Petugas Pengambilan Contoh Uji :

Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji :

Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji :

Date Time of Sample Receiving in Laboratory 2013 Jam 10:30 WIB

Kondisi Contoh Uji :

Sample Condition (s)

Belum dilakukan pengawetan

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Endclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal Malang, 19 April 2013

Place/ Date of Issue

Laboratorium Kualitas Air

Perum Jasa Tirta I

Darwis Hidayat Adiko, ST

Kepala Laboratorium

Head of Laboratory

Contoh uji diambil oleh Eding Iskak Imananto. Tanggal, 08 April 2013



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id

Nomor : 1126 S/LKA MLG/IV/2013

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 96 /PC/IV/2013/ 133

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 08 April - 18 April 2013

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
	Tanah Lumpur Lapindo				
1	Silica	% (bb)	13,1	Spektrofotometer	-

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 2236 S/LKA MLG/VII/2013

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Eding Iskak Imananto
Name

Alamat : Jl. Sigura - gura No. 2 Malang
Address

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 212 /PC/VII/2013/ 262
Sample Code

Jenis Contoh Uji : Abu Batu
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Malang
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 12 Juli 2013 Jam 10:30 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji : Belum dilakukan pengawetan
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 26 Juli 2013
Place/ Date of Issue

Contoh uji diambil oleh Eding Iskak Imananto. Tanggal, 12 Juli 2013

Laboratorium Kualitas Air

Perum Jasa Tirta 1

Imam Buehori, ST, M.Sc

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id

Nomor : 2236 S/LKA MLG/VII/2013

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 212 /PC/VII/2013/ 262

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 12 Juli - 25 Juli 2013

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
	Abu Batu				
1	Silica	% (bb)	Tidak terdeteksi	Spektrofotometer	-

Analisa Varian Satu Arah Data Stabilitas

0	60	75	90	100
1890,71	1315,76	1222,47	1149,32	1178,49
1835,04	1337,32	1237,05	1138,15	1149,14
1894,36	1426,50	1346,44	1145,21	1231,00
1918,35	1300,34	1421,00	1296,35	1188,86
1889,59	1248,65	1234,44	1245,69	1184,70
1837,84	1468,90	1184,45	1209,37	1181,29
1917,33	1259,08	1248,86	1286,98	1139,72

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	7	13183,2	1883,32	1166,56
60	7	9356,54	1336,65	6846,7
75	7	8894,7	1270,67	6836,01
90	7	8471,07	1210,15	4616,38
100	7	8253,2	1179,03	878,968

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2354217	4	588554	144,646	3,8E-19	2,690
Within Groups	122068	30	4068,92			
Total	2476285	34				

**Analisa Varian Satu Arah Data Stabilitas
(Perendaman 24 jam)**

0	60	75	90	100
1672,21	846	811,88	768,36	657,32
1623,96	903,73	747,85	715,56	697,69
1612,66	915,97	795,98	703,96	677,95
1626,62	872,35	785,05	714,83	625,88
1514,71	942,48	856,41	704,67	682,95
1627,87	929,55	882,48	798,78	706,39
1634,08	938,55	874,67	721,51	672,86
	890,37			

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	7	11412,11	1630,301	397,5234
60	8	7239	904,875	1145,135
75	7	5754,311	822,0444	2543,189
90	7	5127,657	732,5225	1331,392
100	7	4721,031	674,433	716,6427

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	4233122	4	1058281	864,508	2,61834E-31	2,679
Within Groups	37948,42	31	1224,143			
Total	4271071	35				

Analisa Varian Satu Arah Data Flow

0	60	75	90	100
3,2	3,9	4,3	4,7	5,2
3,3	4,2	4,5	4,9	5,2
3,1	4,0	4,5	4,7	5,1
3,2	4,2	4,7	4,7	5,3
3,1	4,2	4,3	5,0	5,1
3,3	4,5	4,7	5,0	5,1
3,3	3,9	4,7	5,0	5,2

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	7	22,5	3,21429	0,0081
60	7	28,9	4,12857	0,04571
75	7	31,7	4,52857	0,03238
90	7	34	4,85714	0,02286
100	7	36,2	5,17143	0,00571



ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	16,0874	4	4,02186	175,226	2,4E-20	2,690
Within Groups	0,68857	30	0,02295			
Total	16,776	34				

**Analisa Varian Satu Arah Data Flow
(Perendaman 24 jam)**

0	60	75	90	100
3,4	5,0	5,4	5,9	6,1
3,4	4,6	5,5	5,6	6,2
3,5	5,0	5,6	5,9	6,4
3,4	4,6	5,6	5,5	6,4
3,5	4,7	5,5	6,2	6,1
3,4	4,9	5,5	6,0	6,4
3,4	4,6	5,6	6,2	6,4
3,4				

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	8	25	3,125	0,00214
60	7	33,4	4,77143	0,03571
75	7	38,7	5,52857	0,00571
90	7	41,3	5,9	0,07333
100	7	44	6,28571	0,02143

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	47,5279	4	11,882	442,641	7,3E-27	2,679
Within Groups	0,83214	31	0,02684			
Total	48,36	35				

Analisa Varian Satu Arah Data VIM

0	60	75	90	100
6,59	11,27	10,87	11,66	12,66
6,72	10,53	11,21	12,90	12,27
6,69	10,59	11,05	11,65	12,32
6,42	10,22	11,60	11,80	12,84
6,54	10,87	11,55	12,21	12,37
6,80	10,39	10,81	12,47	12,74
5,82	10,20	10,99	11,68	12,30
5,90				

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	8	51,4724	6,43404	0,14037
60	7	74,0601	10,58	0,14396
75	7	78,0787	11,1541	0,09908
90	7	84,3721	12,0532	0,23854
100	7	87,512	12,5017	0,05665

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	180,056	4	45,0139	331,304	5,9E-25	2,679
Within Groups	4,21194	31	0,13587			
Total	184,268	35				

**Analisa Varian Satu Arah Data VIM
(Perendaman 24 jam)**

0	60	75	90	100
7,67	12,78	12,85	14,26	13,90
7,45	12,59	12,62	12,64	13,67
6,84	12,71	12,67	14,13	13,51
6,88	11,37	12,16	13,52	13,58
6,94	10,62	12,85	12,78	13,43
6,90	12,14	12,31	13,38	13,41
7,48	10,70	12,91	12,52	13,42

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	7	50,1642	7,16631	0,12463
60	7	82,9338	11,8477	0,88461
75	7	88,3652	12,6236	0,08331
90	7	93,2173	13,3168	0,49448
100	7	94,9121	13,5589	0,03178

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	192,489	4	48,1222	148,634	2,6E-19	2,690
Within Groups	9,71288	30	0,32376			
Total	202,202	34				

Analisa Varian Satu Arah Data VMA

0	60	75	90	100
19,79	23,81	23,47	24,15	25,01
19,91	23,18	23,76	25,21	24,67
19,88	23,23	23,62	24,14	24,72
19,65	22,91	24,10	24,27	25,17
19,75	23,47	24,06	24,63	24,76
19,98	23,06	23,42	24,85	25,08
19,13	22,90	23,57	24,16	24,70
19,21				

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	8	157,308	19,6635	0,10348
60	7	162,563	23,2233	0,10613
75	7	166,013	23,7162	0,07304
90	7	171,417	24,4881	0,17585
100	7	174,113	24,8733	0,04176

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	132,738	4	33,1846	331,304	5,9E-25	2,679
Within Groups	3,10507	31	0,10016			
Total	135,844	35				

**Analisa Varian Satu Arah Data VMA
(Perendaman 24 jam)**

0	60	75	90	100
20,74	25,13	25,19	26,39	26,09
20,55	24,96	24,99	25,00	25,88
20,02	25,07	25,03	26,28	25,75
20,06	23,91	24,59	25,76	25,81
20,11	23,27	25,18	25,12	25,68
20,07	24,58	24,72	25,64	25,66
20,58	23,34	25,24	24,90	25,68

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	7	142,137	20,3053	0,09185
60	7	170,269	24,3241	0,65193
75	7	174,932	24,9902	0,0614
90	7	179,097	25,5853	0,36442
100	7	180,552	25,7931	0,02342

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	141,858	4	35,4645	148,634	2,6E-19	2,690
Within Groups	7,15806	30	0,2386			
Total	149,016	34				

Analisa Varian Satu Arah Data Marshall Quotient

0	60	75	90	100
590,85	337,37	298,16	234,56	226,63
578,89	334,33	309,26	242,16	220,99
591,99	309,60	299,21	266,33	224,31
609,55	297,30	302,34	259,27	232,29
581,01	326,42	262,65	239,56	231,63
	322,84	265,72	232,57	211,06
			257,40	217,46

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	5	2952,28	590,456	147,45
60	6	1927,87	321,312	233,93
75	6	1737,33	289,556	402,301
90	7	1731,84	247,405	178,831
100	7	1564,37	223,482	58,5662

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	473404	4	118351	592,286	4E-25	2,743
Within Groups	5195,34	26	199,821			
Total	478600	30				

**Analisa Varian Satu Arah Data Marshall Quotient
(Perendaman 24 jam)**

0	60	75	90	100
463,89	196,46	150,35	138,21	107,76
487,83	189,64	135,97	121,28	112,53
477,63	200,53	140,19	125,71	99,70
460,76	189,70	155,71	119,44	97,79
474,91	184,03	160,45	128,84	106,71
478,78	207,06	156,19	120,25	110,37
480,61	243,90			105,13

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	7	3324,43	474,919	90,593009
60	7	1411,33	201,618	406,63067
75	6	898,86	149,81	94,623953
90	6	753,718	125,62	50,942921
100	7	739,998	105,714	28,766429

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	631159	4	157790	1137,582	1,5E-30	2,714
Within Groups	3883,78	28	138,706			
Total	635043	32				

Analisa Varian Satu Arah Data Indeks Perendaman

0	60	75	90	100
88,44	64,2973	81,59	70,01	44,33
97,47	57,8554	77,55	66,85	52,03
85,95	46,161	60,45	62,87	53,40
95,14	68,4931	46,51	50,14	58,69
85,73	61,1533	42,74	62,42	57,23
84,06	72,4798	66,03	54,36	52,98
86,08	86,0561	48,09	73,29	59,92
87,86	75,1655	69,38	66,05	61,45
80,59	60,6146	74,51	56,06	74,51
85,23	89,1074	70,04	68,62	63,15

Anova: Single Factor

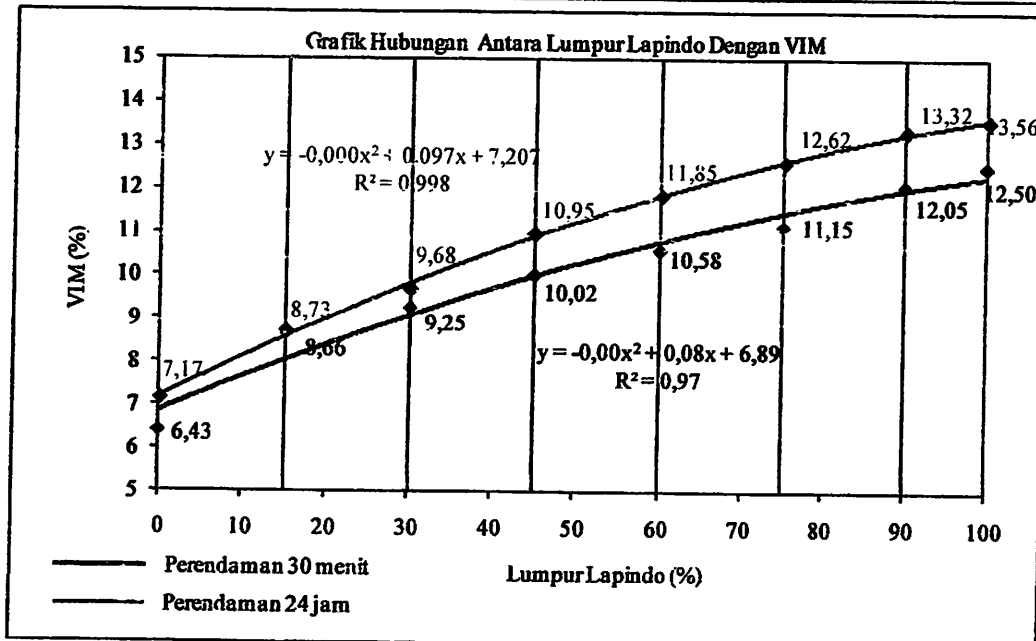
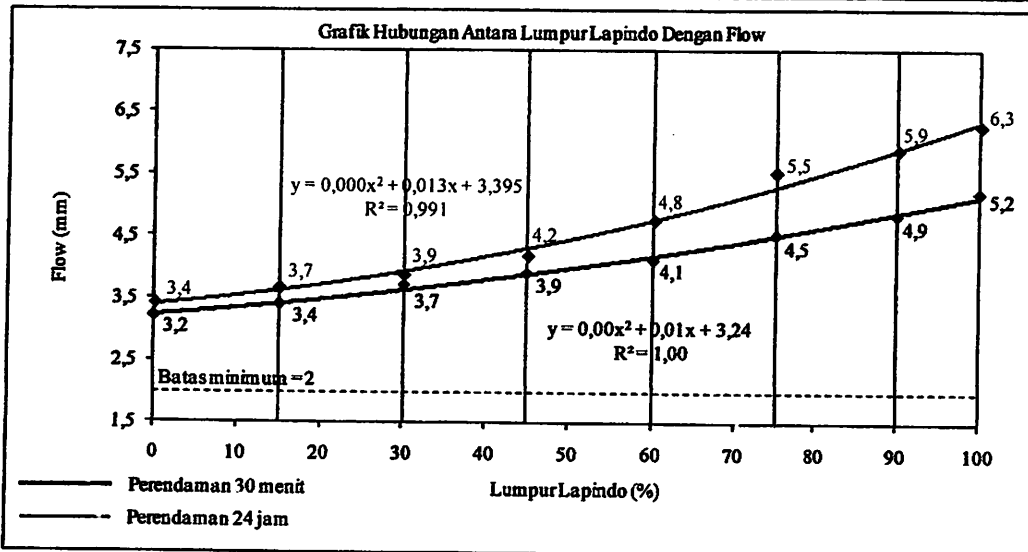
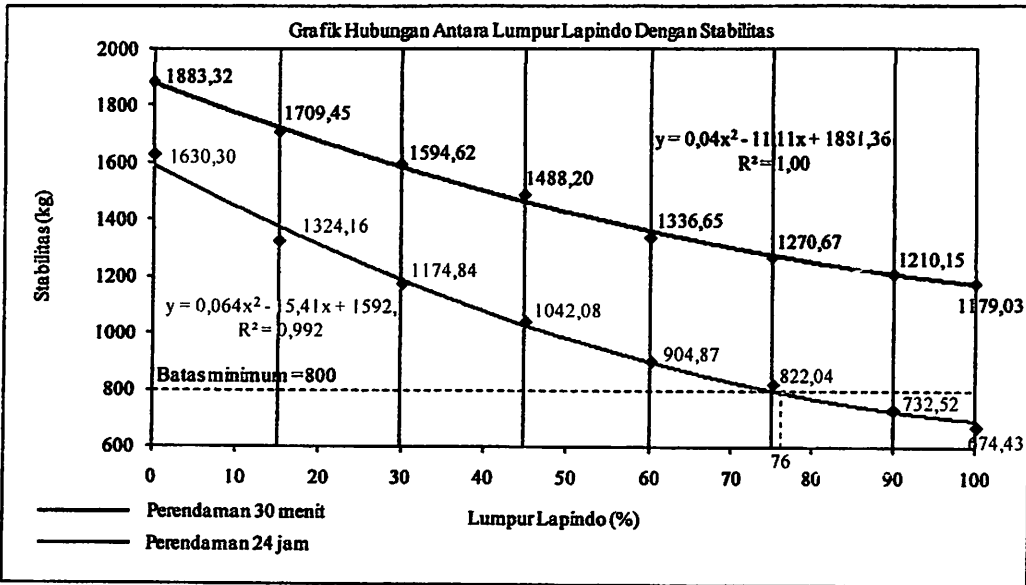
SUMMARY

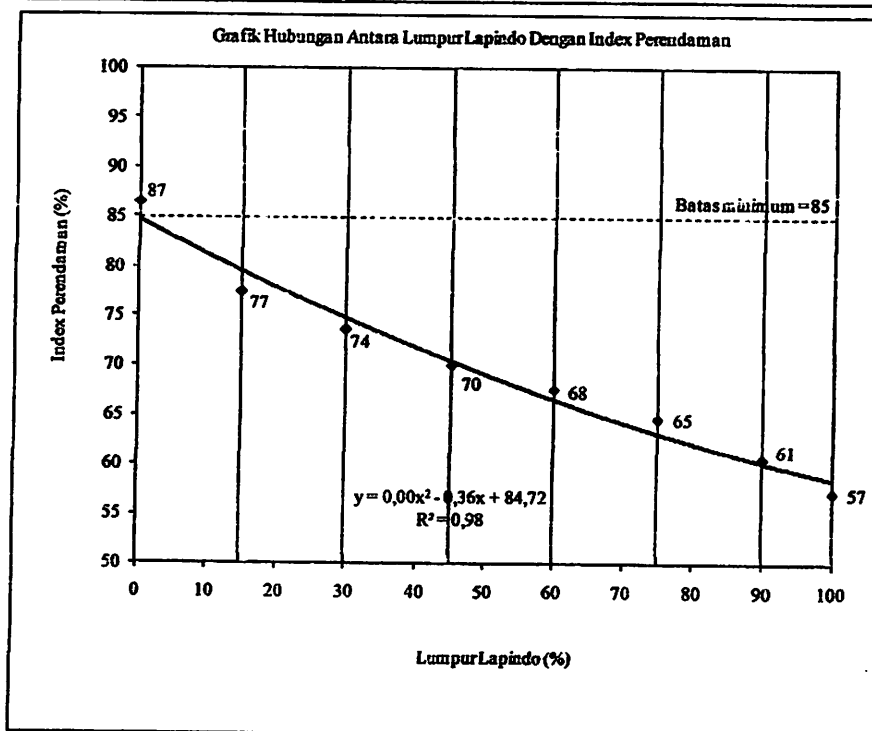
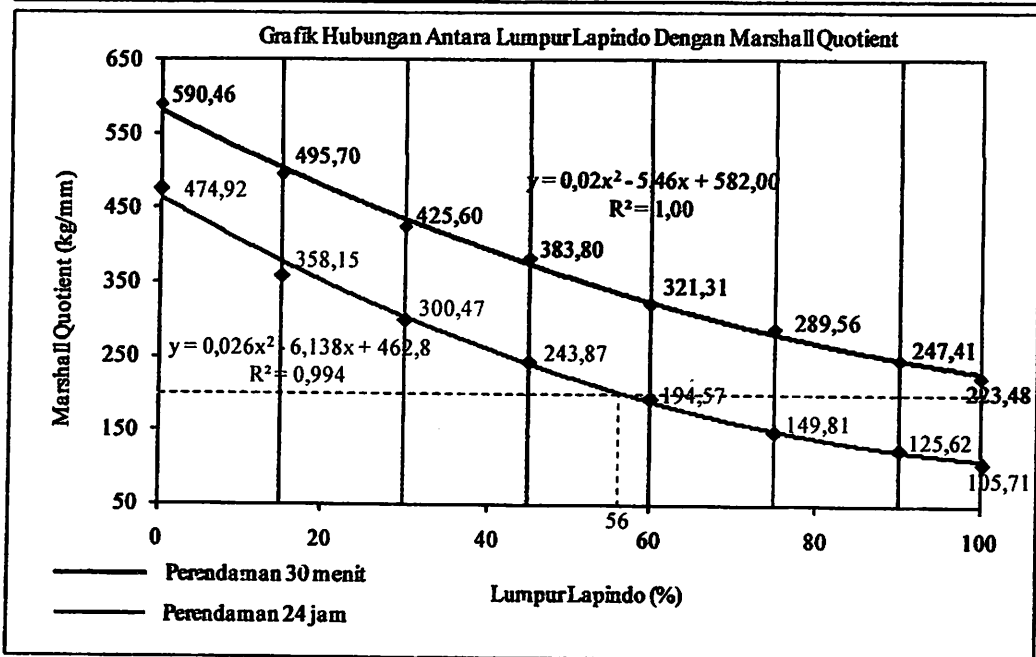
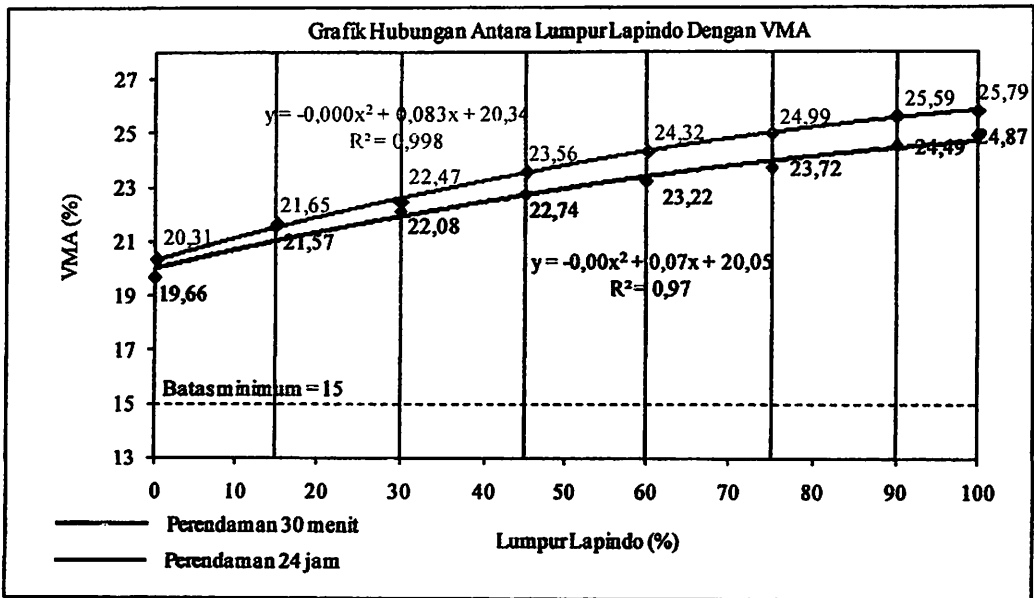
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	10	876,561	87,6561	25,6602
60	10	681,384	68,1384	170,888
75	10	636,893	63,6893	188,409
90	10	630,676	63,0676	55,462
100	10	577,678	57,7678	64,8685

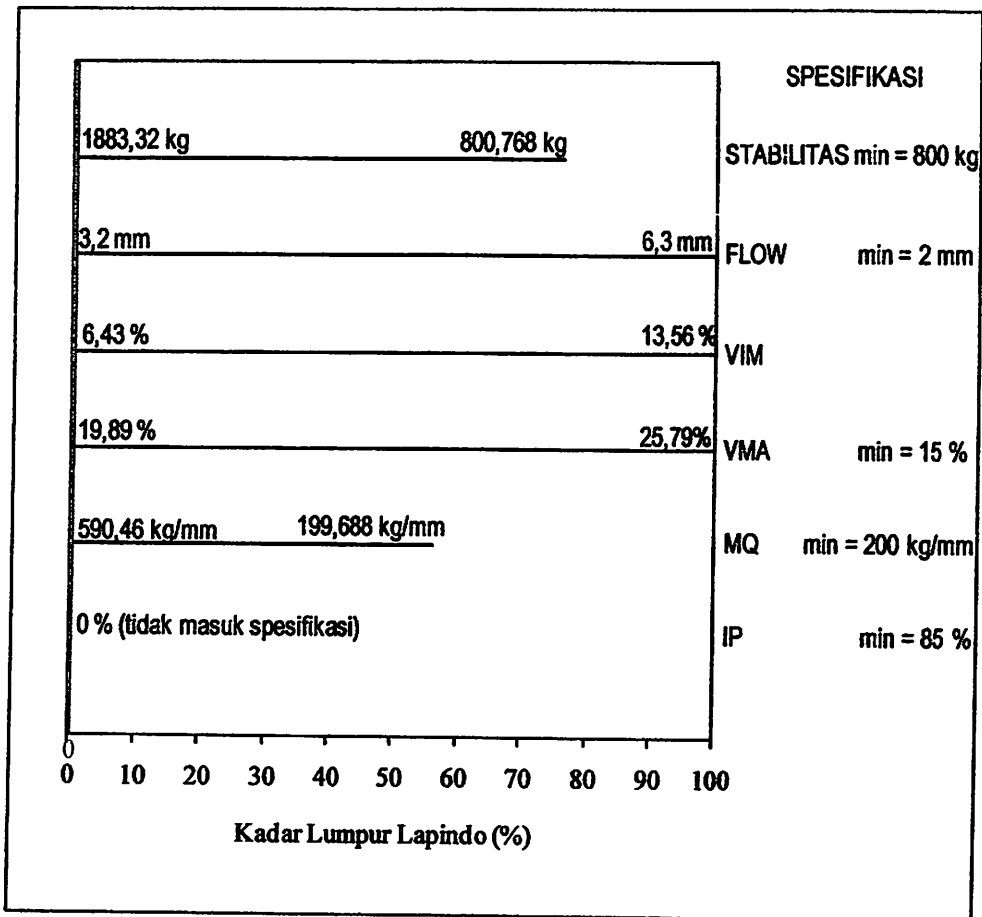
ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	5339,68	4	1334,92	13,209	3,387E-07	2,579
Within Groups	4547,59	45	101,058			
Total	9887,28	49				

Penggabungan Data Dengan Persentase 15%, 30%, dan 45%







Dari hasil semua parameter, pada Indeks Perendaman (IP) tidak ada yang memenuhi syarat. Sehingga nilai kadar *filler* optimum adalah 0%.



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

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Boby Franshen Hosang
Nim : 0721025
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Judul Skripsi : *Studi Penelitian Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pengganti Abu Batu Pada Aspal Beton Dengan Persentase Lumpur Lapindo 60%, 75%, 90%*
Dosen Pembimbing : Ir. Eding Iskak Imananto, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	$\frac{24}{06} '13$	<ul style="list-style-type: none">- rumusan masalah sempurnakan- tujuan, batasan ✓- tabel → part 12 tidak Gold ✓- sumber? syarat ✓- uji hipotesis → rumus? ✓- jumlah benda uji → tabel 3.2 desk- penlit. kerat ini- warna analisis seringan → tabel 4.13hnb. th, tabel. 2.3?- diagram diagram prosedur ✓- teori statistik t (uji student)uji interval kepercayaan- uji lainnya sesuai arahan → cek <i>contin</i>	
2	$\frac{29}{07} '13$	<ul style="list-style-type: none">- lengkap rumus? uji F.- uji regresi, lengkap R^2 ✓- bagan alir sempurnakan ✓- Bab V: tabel 5.25. Uji kawat dasar- pembahasan: kawat lemle ✓lengkap LL < ABdaye kawat (kawat) LL > ABsifat plastik → model kawatmenyempal ✓	

⊕ grafik sub. pembuatan 30 & 24 Jan ✓



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

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Bobby Franshen Hosang
Nim : 0721025
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Judul Skripsi : *Studi Penelitian Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pengganti Abu Batu Pada Aspal Beton Dengan Persentase Lumpur Lapindo 60%, 75%, 90%*
Dosen Pembimbing : Ir. Eding Iskak Imananto, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
3	31/13 07	Unjleg: Daftar Isi & Daftar Pustaka Dokumen: pembahasan & kesimpulan - ak skripsi unjleg - ak Siap seminar hasil & ujian sukses !!!	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Bobby Franshen Hosang
Nim : 0721025
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Judul Skripsi : *Studi Penelitian Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pengganti Abu Batu Pada Aspal Beton Dengan Persentase Lumpur Lapindo 60%, 75%, 90%*
Dosen Pembimbing : Ir. Ester Priskasari, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
		ace bab I & II	
		Test Abu batu → untuk perbandingan dengan Lumpur lapindo.	
		bab III lanjutkan	
		Test filler lengkapi	
		lengkapi kesimpulan dan saran abstrak	
		ace oemardard	



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 GEOTEKNIK

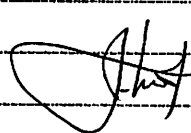
Nama : BOBY FRANSHEW HUSAN

NIM : 07.21.025

Hari / tanggal : RABU / 21 AGUSTUS 2013

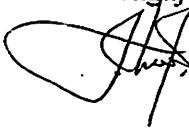
Perbaiki materi Skripsi meliputi :

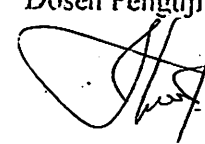
1. Penulisan kata: ukuran yang dipakai di ITN 1000
2. Surat agregat yang dilengkapi atau.

 4/9 2013

Perbaiki 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, 4 - 9 - 2013
 Dosen Penguji


Malang, 21 - 8 - 2013
 Dosen Penguji


DOKUMENTASI



Pengujian Aspal



Pengujian Agregat



Persiapan Benda Uji



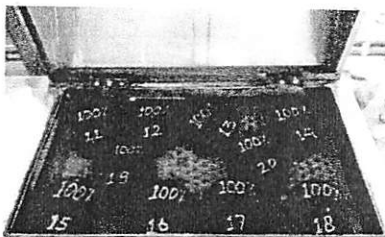
Persiapan Benda Uji



Pembuatan Benda Uji



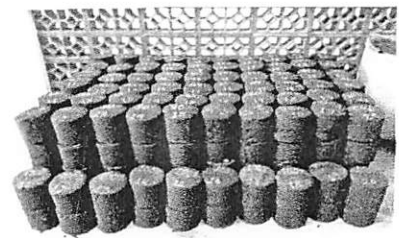
Pembuatan Benda Uji



Pengujian Benda Uji



Pengujian Benda Uji



Benda Uji setelah Pengujian