

# **SKRIPSI**

**PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER  
PENGANTI ABU BATU PADA BETON ASPAL  
DENGAN PERSENTASE LUMPUR LAPINDO 15%,30%,45%**



**Disusun Oleh :**

**Idhamsyah Wibisono**

**( 07.21.038 )**

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

1945  
REPUBLICAN PARTY  
NATIONAL COMMITTEE  
WASHINGTON, D. C.

(1945)  
NATIONAL COMMITTEE  
WASHINGTON, D. C.

REPUBLICAN PARTY  
NATIONAL COMMITTEE  
WASHINGTON, D. C.

1945

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER PENGGANTI  
ABU BATU PADA ASPAL BETON DENGAN PERSENTASE LUMPUR  
LAPINDO 15%,30%,45%**

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

**Disusun Oleh :  
IDHAMSYAH WIBISONO  
07.21.038**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**



**( Ir. Bambang Wedyantadji, MT )**

**Dosen Pembimbing II**



**( Ir. Eding Iskak Imananto, 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

### PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER PENGANTI ABU BATU PADA ASPAL BETON DENGAN PERSENTASE LUMPUR LAPINDO 15%,30%,45%

### SKRIPSI

Dipertahankan Di Hadapan Dewan Penguji Ujian Skripsi 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 :

Nama : Idhamsyah Wibisono

NIM : 07.21.038



**KETUA**

(Ir. H. Hirijanto, MT)

Disahkan Oleh

**SEKRETARIS**

(Lila Ayu Ratna W., ST, MT)

Dosen 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**





**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1**  
JL., Bendungan Sigura-Gura No.2 Tlpn.551951 – 551431  
**MALANG**

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Idhamsyah Wibisono**  
NIM : **07.21.038**  
Program Studi : **Teknik Sipil S-1**  
Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER PENGGANTI ABU  
BATU PADA ASPAL BETON DENGAN PERSENTASE LUMPUR LAPINDO  
15%,30%,45%**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau meniadakan seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya  
Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tugas akhir ini hasil jiplakan atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Malang, Agustus 2013  
Yang membuat pernyataan



( Idhamsyah W )

## ABSTRAK

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER PENGGANTI ABU BATU PADA BETON ASPAL DENGAN PERSENTASE LUMPUR LAPINDO 15%, 30%, 45%. Oleh : Idhamsyah Wibisono, Program studi teknik sipil S-1, Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen : Ir. Eding Iskak Imananto, MT dan Ir. Bambang Wedyantadji, MT**

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% yang dihasilkan dari variasi 0% lumpur Lapindo dan 100% abu batu. (3) Lumpur Lapindo tidak dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton. Hal ini dapat dilihat dari hasil parameter stabilitas yang menurun.

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

## KATA PENGANTAR

Dengan segala puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul *"Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pengganti Abu Batu Pada Beton Aspal Dengan Presentase Lumpur Lapindo 15%, 30%, 45%"*.

Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir.Kustamar, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
2. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1.
3. Ibu Lila Ayu Ratna W., ST, MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1.
4. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT selaku Dosen Pembimbing II

Penyusun berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk kami serta rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1.

Akhir kata penyusun mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun guna penyempurnaan skripsi ini.

Malang, Agustus 2013  
Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR KEASLIAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAKSI</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Hipotesis.....	4
1.6. Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	6
2.1. Tinjauan Umum .....	6
2.2. Aspal Beton.....	6

2.3. Karakteristik Lumpur Lapindo.....	9
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.....	17
2.4.4. Bahan Pengisi (Filler).....	17
2.4.5. Bahan Bitumen.....	19
2.5. Metode Perencanaan Campuran.....	23
2.5.1. Metode Marshall.....	23
2.5.2. Rancangan Campuran Agregat Dengan Metode Grafis.....	25
2.5.3. Kadar Aspal Total Dalam Campuran.....	27
2.6. Pengujian Interval Kepercayaan.....	28
2.7. Pengujian Hipotesis.....	30
2.8. Hipotesis Penelitian.....	32
2.9. Pengujian Regresi.....	35
2.10. Penelitian Terdahulu.....	36
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>37</b>
3.1. Operasional Penelitian.....	37
3.2. Tempat Penelitian.....	37



3.3. Rancangan Penelitian.....	37
3.4. Pengumpulan Data.....	38
3.5. Persiapan Alat Pengujian, Bahan dan Benda Uji.....	38
3.5.1. Persiapan Material.....	38
3.5.2. Alat.....	38
3.5.3. Bahan.....	41
3.5.4. Benda Uji.....	41
3.6. Persiapan Benda Uji.....	41
3.7. Variabel Pengamatan.....	42
3.8. Analisis Data.....	43
3.9. Bagan Alir Rencana Penelitian.....	44
<b>BAB IV Hasil Pemeriksaan Agregat Dan Bitumen.....</b>	<b>46</b>
4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat.....	46
4.1.1. Pengujian Keausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles.....	46
4.1.2. Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (Aggregate Impact Value.....	50
4.1.3. Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index).....	55
4.1.4. Pengujian Angka Angularitas.....	59
4.1.5. Pengujian Berat Isi Agregat.....	64
4.1.6. Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar.....	68
4.1.7. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	73

4.1.8. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat	
Kasar.....	78
4.1.9. Pemeriksaan Berat Jenis Filler.....	83
4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal.....	86
4.2.1. Pengujian Penetrasi Aspal.....	86
4.2.2. Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar.....	91
4.2.3. Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter.....	95
4.2.4. Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen.....	98
4.2.5. Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter.....	102
4.2.6. Pengujian 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.....	110
4.3.3. Perhitungan Berat Agregat.....	112
4.4. Marshall Test.....	112
4.4.1. Maksud dan Tujuan.....	112
4.4.2. Hasil Pengujian.....	113
4.5. Perhitungan Mencari Kadar Aspal Optimum ( KAO )	
menggunakan Abu Batu.....	114
4.5.1. Data Hasil Pengujian Marshall.....	114
4.6. Pengujian Interval Kepercayaan.....	128
4.6.1. Perhitungan Indeks Perendaman ( IP ).....	134

4.6.2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum ( KAO ).....	135
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>142</b>
5.1. Perhitungan Mencari Kadar Filler Optimum ( KFO )	
menggunakan Lumpur Lapindo.....	142
5.1.1. Data Hasil Pengujian Marshall.....	142
5.2. Pengujian Interval Kepercayaan.....	157
5.3. Pengujian Hipotesis.....	171
5.4. Analisis Regresi dan Pembahasan.....	175
5.4.1. Analisis Regresi.....	175
5.4.2. Pembahasan.....	178
5.4.3. Kadar <i>Filler</i> Optimum.....	186
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>187</b>
6.1. Kesimpulan.....	187
6.2. Saran.....	188
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>189</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>150</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kandungan Kimia Lumpur Lapindo.....	10
Tabel 2.2.	Tekstur Tanah Lumpur Sidoarjo.....	10
Tabel 2.3.	Gradasi Agregat Campuran.....	15
Tabel 2.4.	Persyaratan <i>Aggregate Impact Value</i> .....	16
Tabel 2.5.	Persyaratan Indeks Kepipihan ( <i>Indian Road Congress</i> ).....	16
Tabel 2.6.	Persyaratan Gradasi Filler.....	19
Tabel 2.7.	Persyaratan Aspal Keras.....	22
Tabel 3.1.	Peralatan Pengujian Aspal.....	38
Tabel 3.2.	Peralatan Pengujian Agregat.....	39
Tabel 3.3.	Peralatan Pengujian Campuran Aspal Beton (Alat Uji Marshall)	40
Tabel 4.1.	Daftar Berat Dan Gradasi Benda Uji.....	48
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Keausan Agregat Menggunakan Mesin Abrasi Los Angeles.....	49
Tabel 4.3.	Ukuran Agregat Standar Dan Non Standar Yang Dapat Digunakan Dengan Dasar Ukuran Dari Ayakan Britis Standar.....	51
Tabel 4.4.	Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (Agregat Impact Value).....	54
Tabel 4.5.	Berat Minimum Benda Uji.....	56
Tabel 4.6.	Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index).....	58
Tabel 4.7.	Data Untuk Menentukan Angka Angularitas.....	61
Tabel 4.8.	Hasil Penentuan Angka Angularitas.....	63

Tabel 4.9. Data Silinder Untuk Berat Isi.....	64
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat.....	67
Tabel 4.11. Daftar Ayakan Yang Digunakan Untuk Analisa.....	68
Tabel 4.12. Berat Minimum Benda Uji Agregat Halus.....	69
Tabel 4.13. Berat Minimum Benda Uji Agregat Kasar.....	69
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	70
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang.....	71
Tabel 4.16. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	72
Tabel 4.17. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus.....	77
Tabel 4.18. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar.....	82
Tabel 4.19. Hasil Pengujian Berat Jenis Filler Abu Batu.....	84
Tabel 4.20. Hasil Pengujian Berat Jenis Lumpur Lapindo.....	85
Tabel 4.21. Ukuran Cawan Penetrasi.....	86
Tabel 4.22. Toleransi Untuk Hasil Penetrasi.....	90
Tabel 4.23. Hasil Uji Penetrasi Aspal Sebelum Kehilangan Berat.....	90
Tabel 4.24. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Setelah Kehilangan Berat.....	90
Tabel 4.25. Toleransi Untuk Hasil Titik Nyala Dan Titik Bakar.....	94
Tabel 4.26. Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar.....	94
Tabel 4.27. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Sebelum Kehilangan Berat.....	97
Tabel 4.28. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Setelah Kehilangan Berat.....	98
Tabel 4.29. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat.....	101



Tabel 4.30. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat.....	101
Tabel 4.31. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal.....	105
Tabel 4.32. Hasil Pengujian Penurunan Berat Minyak Dan Aspal.....	108
Tabel 4.33. Gradasi Agregat.....	111
Tabel 4.34. Perhitungan Berat Agregat Setiap Variasi Kadar Aspal.....	112
Tabel 4.35. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Aspal 5% ).....	118
Tabel 4.36. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Aspal 5,5% ).....	119
Tabel 4.37. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Aspal 6% ).....	120
Tabel 4.38. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Aspal 6,5% ).....	121
Tabel 4.39. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Aspal 7% ).....	122
Tabel 4.40. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Aspal 5% ).....	123
Tabel 4.41. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Aspal 5,5% ).....	124
Tabel 4.42. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Aspal 6% ).....	125
Tabel 4.43. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Aspal 6,5% ).....	126

Tabel 4.44. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Aspal 7% ).....	127
Tabel 4.45. Interval Kepercayaan Data Stabilitas ( Perendaman 30 menit )..	129
Tabel 4.46. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	129
Tabel 4.47. Interval Kepercayaan Data Flow ( Perendaman 30 menit ).....	130
Tabel 4.48. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	130
Tabel 4.49. Interval Kepercayaan Data VIM ( Perendaman 30 menit ).....	130
Tabel 4.50. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	130
Tabel 4.51. Interval Kepercayaan Data VMA ( Perendaman 30 menit ).....	131
Tabel 4.52. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	131
Tabel 4.53. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient ( Perendaman 30 menit ).....	131
Tabel 4.54. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	131
Tabel 4.55. Interval Kepercayaan Data Stabilitas ( Perendaman 24 jam ).....	132
Tabel 4.56. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	132
Tabel 4.57. Interval Kepercayaan Data Flow ( Perendaman 24 jam ).....	132

Tabel 4.58. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	132
Tabel 4.59. Interval Kepercayaan Data VIM ( Perendaman 24 jam ).....	133
Tabel 4.60. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	133
Tabel 4.61. Interval Kepercayaan Data VMA ( Perendaman 24 jam ).....	133
Tabel 4.62. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	133
Tabel 4.63. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient ( Perendaman 24 jam ).....	134
Tabel 4.64. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	134
Tabel 4.65. Data Indeks Perendaman.....	134
Tabel 5.1. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 0% ).....	147
Tabel 5.2. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 15% ).....	148
Tabel 5.3. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 30% ).....	149
Tabel 5.4. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 45% ).....	150
Tabel 5.5. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 30 menit ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 100% ).....	151

Tabel 5.6. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 0% ).....	152
Tabel 5.7. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 15% ).....	153
Tabel 5.8. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 30% ).....	154
Tabel 5.9. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 45% ).....	155
Tabel 5.10. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC 24 jam ( Kadar Filler Lumpur Lapindo 100% ).....	156
Tabel 5.11. Interval Kepercayaan Data Stabilitas ( Perendaman 30 menit )..	158
Tabel 5.12. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	159
Tabel 5.13. Interval Kepercayaan Data Flow ( Perendaman 30 menit ).....	159
Tabel 5.14. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	159
Tabel 5.15. Interval Kepercayaan Data VIM ( Perendaman 30 menit ).....	160
Tabel 5.16. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	160
Tabel 5.17. Interval Kepercayaan Data VMA ( Perendaman 30 menit ).....	160
Tabel 5.18. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	161

Tabel 5.19. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Perendaman 30 menit).....	161
Tabel 5.20. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 30 menit ).....	161
Tabel 5.21. Interval Kepercayaan Data Stabilitas ( Perendaman 24 jam ).....	162
Tabel 5.22. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	162
Tabel 5.23. Interval Kepercayaan Data Flow ( Perendaman 24 jam ).....	162
Tabel 5.24. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	163
Tabel 5.25. Interval Kepercayaan Data VIM ( Perendaman 24 jam ).....	163
Tabel 5.26. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	163
Tabel 5.27. Interval Kepercayaan Data VMA ( Perendaman 24 jam ).....	164
Tabel 5.28. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	164
Tabel 5.29. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient ( Perendaman 24 jam ).....	164
Tabel 5.30. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan ( Perendaman 24 jam ).....	165
Tabel 5.31. Analisa Statistik Pengujian Stabilitas (Perendaman 30 Menit)....	172
Tabel 5.32. Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas.....	174
Tabel 5.33. Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan.....	175



**Tabel 5.34. Daftar Nilai Stabilitas Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi.... 176**

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Pencampuran 3 Fraksi agregat dengan metode Rotchlucs tipe A.....	109
Grafik 4.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas ( Perendaman 30 menit ).....	136
Grafik 4.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas ( Perendaman 24 jam ).....	136
Grafik 4.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow ( Perendaman 30 menit ).....	137
Grafik 4.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow ( Perendaman 24 jam ).....	137
Grafik 4.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM ( Perendaman 30 menit ).....	138
Grafik 4.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM ( Perendaman 24 jam ).....	138
Grafik 4.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA ( Perendaman 30 menit ).....	139
Grafik 4.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA ( Perendaman 24 jam ).....	139
Grafik 4.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient ( Perendaman 30 menit ).....	140

Grafik 4.11.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient ( Perendaman 24 jam ).....	140
Grafik 4.12.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman ( IP ).....	141
Grafik 4.13.Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum.....	141
Grafik 5.1. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Stabilitas ( Perendaman 30 menit ).....	165
Grafik 5.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Flow ( Perendaman 30 menit ).....	166
Grafik 5.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VIM ( Perendaman 30 menit ).....	166
Grafik 5.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VMA ( Perendaman 30 menit ).....	167
Grafik 5.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient ( Perendaman 30 menit ).....	167
Grafik 5.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Stabilitas ( Perendaman 24 jam ).....	168
Grafik 5.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Flow ( Perendaman 24 jam ).....	168
Grafik 5.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VIM ( Perendaman 24 jam ).....	169
Grafik 5.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VMA ( Perendaman 24 jam ).....	167

Grafik 5.10.Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient ( Perendaman 24 jam ).....	170
Grafik 5.11.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Stabilitas.....	178
Grafik 5.12.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Flow.....	179
Grafik 5.13.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VIM.....	181
Grafik 5.14.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VMA.....	182
Grafik 5.15.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan MQ.....	183
Grafik 5.16.Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan IP.....	185
Grafik 5.17.Diagram Batang Filler Optimum.....	186

# 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. Perumusan Masalah

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

1. Apakah Lumpur Lapindo mempunyai pengaruh terhadap kekuatan aspal beton (di uji dengan alat uji marshall) ?
2. Berapa variasi komposisi agar didapatkan nilai prosentase filler optimum ?
3. Apakah Lumpur Lapindo layak digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton ?



## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah "*Seberapa Besar Kelayakan Lumpur Lapindo sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton*" dengan rincian permasalahan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh Lumpur Lapindo terhadap kekuatan aspal beton (di uji dengan alat uji marshall)
2. Untuk mengetahui variasi komposisi agar didapatkan nilai persentasi filer optimum
3. Untuk mengetahui Lumpur Lapindo layak 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

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan yang diajukan dalam perumusan masalah. Jawaban sementara ini masih kurang lengkap, sehingga memerlukan pengujian berdasarkan fakta yang dikumpulkan.

Ada dua bentuk hipotesa penelitian yaitu:

1. Hipotesis nol ( $H_0$ ) artinya menyatakan tidak ada perbedaan pengaruh dari penggunaan variasi kadar filler lumpur Lapindo pada kekuatan aspal beton.
2. Hipotesis alternatif ( $H_a$ ) artinya menyatakan adanya perbedaan pengaruh dari penggunaan variasi kadar filler lumpur Lapindo pada kekuatan aspal beton.

Sedangkan hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Dimana:

$\mu$  = Nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan

$\mu_1$  = Persentase Lumpur Lapindo 0 % sebagai pengganti Abu Batu

$\mu_2$  = Persentase Lumpur Lapindo 15 % sebagai pengganti Abu Batu

$\mu_3$  = Persentase Lumpur Lapindo 30 % sebagai pengganti Abu Batu

$\mu_4$  = Persentase Lumpur Lapindo 45 % sebagai pengganti Abu Batu

$\mu_5$  = Persentase Lumpur Lapindo 100 % sebagai pengganti Abu Batu

Dengan menggunakan 10 benda uji pada masing-masing persentase.

#### **1.6. Batasan Masalah**

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. Filler Abu Batu sebagai filler pembanding.
3. Skala penelitian disesuaikan dengan persyaratan dan ketentuan laboratorium.

## **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 repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

### 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 indicator 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 0,1 N), Chlor, Alumunium, Boron, bzrium, timbale, Raksa ( 2,565 mg/liter Hg , baku mutunya 0,002 mg/1Hg ), sianida



1. Kajian LAPI ITB menunjukkan hasil stabilisasi material semburan yang memiliki kandungan silica 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.

mangan, natrium, besi (terlarut dalam 0,1 N), Chlor, Alumunium, Boron, bzrium, timbale, Raksa ( 2,565 mg/liter Hg , baku mutunya 0,002 mg/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**

Nama Material	Kandungan Kimia (%)										Hilang Pijar
	SiO2	CaO	Fe2O3	Al2O3	TiO2	MgO	Na2O	K2O	SO2	SO3	
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 index plastisitas (PI) sebesar 25,55% dan dari pengujian 500 gram Lumpur Lapindo berat kering mengandung 8,22% kerikil, 19,24% pasir, 72,54% lempung.

#### 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, tumbuh-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 sintetis/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

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 melewati 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 2.2 dibawah. Gradasi agregat dalam Tabel 2.2 diambil dari spesifikasi agregat campuran dari 3 fraksi agregat.

**Tabel 2.2 Gradasi Agregat Campuran**

<b>Ukuran saringan Inch, No.</b>	<b>Gradasi % Lolos</b>
1"	100
¾"	100
½"	75-100
⅜"	60-85
No. 4	38-55
No. 8	27-40
No. 30	14-24
No. 50	9-18
No. 100	5-12
No. 200	2-8

Sumber : SNI 03 – 1737-1989

#### **2.4.2. Agregat Kasar**

Fraksi 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 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) untuk 5 siklus maksimum 12 %.
- 3) Besar Nilai Agregat Crushing Value (ACV) maksimum 30 %
- 4) Besar Nilai Agregat Impact Value (AIV) :

**Tabel 2.3. Persyaratan Agregat Impact Value**

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

Sumber : SNI 03 – 4426 – 1997

- 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 2.4. 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 : SNI 03 – 1737 - 1989

- 8) Angka angularitas (angularity number) berkisar antara 0 sampai 12. Semakin besar nilai angka angularitas maka pencampuran lebih sulit

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 :

- a. Nilai Sand Equivalent minimum 50
- b. Berat jenis curah (bulk) minimum 2,5
- c. Peresapan agregat terhadap air maksimum 3 %
- d. Pemeriksaan Atterberg limit harus menunjukkan bahan adalah non-plastis.

#### **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.

Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan secara basah harus memenuhi gradasi sebagai berikut :

**Tabel 2.5 Persyaratan Gradasi Filler**

Ukuran saringan	Persen lolos
No. 30 (0,6 mm)	100
No. 50 (0,3 mm)	95-100
No. 100 (0,15 mm)	90-100
No. 200 (0,075 mm)	65-100

#### 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	Pen 40/50		Pen 60/70		Pen 80/100		Satuan
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Penetrasi 25°C, 100 gr, 5 det.	40	59	60	79	80	99	0,1 mm
Titik lembek (Ring and Ball)	51	63	48	58	46	54	°C
Titik Nyala (Cleveland open cup)	232	-	232	-	232	-	°C
Kehilangan Berat (Thick film Oven Test)	-	0,4	-	0,4	-	0,4	% berat
Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub>	99	-	99	-	99	-	% berat
Daktilitas	100	-	100	-	100	-	cm
Penetrasi setelah kehilangan berat	75	-	75	-	75	-	% semula
Berat Jenis 25°C	1	-	1	-	1	-	

Sumber : Depkimpraswil,2002

### **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  $170 \pm 20$

centistokes, dan temperatur pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar  $280 \pm 30$  centistokes. Karena tidak diadakan pengujian viskositas kinematik aspal maka secara umum ditentukan suhu pencampuran berkisar antara  $145\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $155\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu pemadatan antara  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $135\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **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  $10 \times 20$  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 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. 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 social, 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. Interval kepercayaan secara umum dirumuskan :

$$st - Z_{\alpha/2} \sigma_{st} < \text{parameter} < st + Z_{\alpha/2} \sigma_{st}$$

atau

$$P(\underbrace{st - Z_{\alpha/2} \sigma_{st}}_b < \text{parameter} < \underbrace{st + Z_{\alpha/2} \sigma_{st}}_a) = 1 - \alpha$$

Keterangan :

$st - Z_{\alpha/2} \sigma_{st}$  = batas bawah pendugaan interval

$st + Z_{\alpha/2} \sigma_{st}$  = batas atas pendugaan interval

$st$  = penduga (statistik sampel)

$Z_{\alpha/2}$  = koefisien yang sesuai dengan interval keyakinan yang digunakan dalam pendugaan interval dan nilainya diberikan dalam tabel luas kurva normal

$\sigma_{st}$  = simpangan baku penduga

$Z_{\alpha/2} \sigma_{st}$  = kesalahan duga

$P(b < \text{parameter} < a) = 1 - \alpha$  berarti bahwa probabilitas sebesar  $1 - \alpha$  interval (b-a) memuat nilai parameter sebenarnya.

## 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 empiric yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

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

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut :

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

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

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

a. Distribusi Fisher (F)

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

b. Distribusi Z (Z)

Pengujian hipotesis dengan distribusi Z adalah pengujian hipotesis yang menggunakan distribusi Z sebagai uji statistik. Tabel pengujiaannya disebut tabel normal standar. Hasil uji statistik ini kemudian dibandingkan dengan nilai dalam tabel untuk menerima atau menolak hipotesis nol ( $H_0$ ) yang dikemukakan.

c. Distribusi t (t-student)

Pengujian hipotesis dengan distribusi t-student adalah pengujian hipotesis yang menggunakan distribusi t sebagai uji statistik. Tabelnya disebut tabel t-student. Hasil uji statistik-nya kemudian dibandingkan dengan nilai yang ada pada tabel untuk menerima atau menolak hipotesis nol ( $H_0$ ) yang dikemukakan.

d. Distribusi  $X^2$  (kai kuadrat)

Pengujian hipotesis dengan distribusi  $X^2$  (kai kuadrat) adalah pengujian hipotesis yang menggunakan distribusi  $X^2$  sebagai uji statistik. Tabelnya disebut tabel  $X^2$ . Hasil uji statistic kemudian dibandingkan



dengan nilai yang ada pada tabelnya untuk menerima atau menolak hipotesis nol yang dikemukakan.

## 2.8 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa yang dihasilkan dari rumusan penelitian, hipotesis tersebut adalah :

1. Hipotesis nihil ( $H_0$ ) : Hipotesis dalam penelitian ini dapat dijabarkan apakah dengan menggunakan bahan tambahan tidak akan mempengaruhi sifat mekanis beton.
2. Hipotesis alternatif ( $H_a$ ) : Hipotesis dalam penelitian ini dapat dijabarkan apakah dengan menggunakan bahan tambahan akan mempengaruhi sifat mekanis beton.

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan yang diajukan dalam perumusan masalah. Jawaban sementara ini masih kurang lengkap, sehingga memerlukan pengujian berdasarkan fakta yang dikumpulkan.

Ada dua bentuk hipotesa penelitian yaitu:

3. Hipotesis nol ( $H_0$ ) artinya menyatakan tidak ada perbedaan pengaruh dari penggunaan Lumpur Lapindo sebagai bahan filler dalam campuran aspal beton ac-wc.
4. Hipotesis alternatif ( $H_a$ ) artinya menyatakan adanya perbedaan pengaruh dari penggunaan Lumpur Lapindo sebagai bahan filler dalam campuran aspal beton ac-wc.

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 :

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

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

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

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

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

- 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 :

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

Dimana:

$\mu$  = Nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan

$\mu_1$  = Persentase Lumpur Lapindo 0 %

$\mu_2$  = Persentase Lumpur Lapindo 15 %

$\mu_3$  = Persentase Lumpur Lapindo 30 %

$\mu_4$  = Persentase Lumpur Lapindo 45 %

$\mu_5$  = Persentase Lumpur Lapindo 100 %

Dengan menggunakan 20 benda uji pada masing-masing persentase

Dari semua cara diatas semua digunakan untuk merumuskan suatu hipotesa tertentu pada suatu penelitian. Dimana prinsip dari hipotesa tersebut adalah setiap percobaan hanya mempunyai hasil sukses atau gagal dan probabilitas pada setiap percobaan harus sama (*constant*).

Didalam suatu penelitian, pada pengujian hipotesa statistic ada satu aturan umum yang dapat diikuti untuk membuktikan apakah suatu hipotesa dapat diterima atau ditolak. Pada prinsipnya tergantung pada hipotesa yang dibuat oleh peneliti serta jumlah sampel dan distribusi populasi yang akan digunakan.

## 2.9. Pengujian Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variable.

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

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

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

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

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

Mencari koefisien determinasi ( $R^2$ ) :

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

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

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

## 2.10. 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/cm<sup>3</sup> untuk agregat kasar, 2,678 gram/cm<sup>3</sup> untuk agregat halus, dan 2,587 gram/cm<sup>3</sup> 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

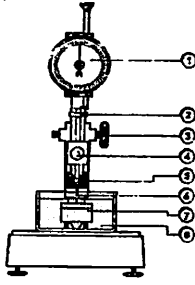
#### 3.5.1. Persiapan Material

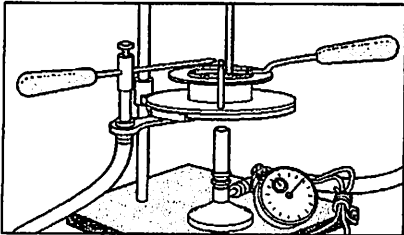
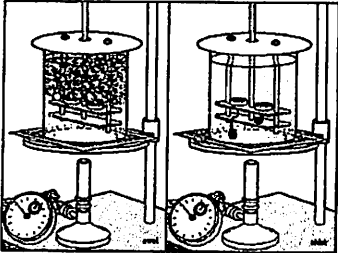
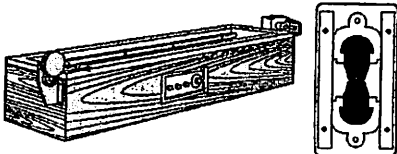
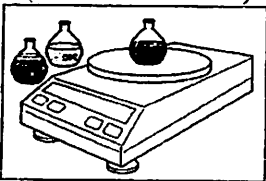
Untuk mendapatkan material yang sesuai dengan persyaratan, maka diperlukan pemeriksaan material terlebih dahulu. Agregat merupakan bahan pokok dalam pembuatan campuran aspal yang terdiri dari agregat kasar, agregat sedang, agregat halus dan filler. Penggunaan bahan agregat yang bermutu baik dalam memenuhi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

#### 3.5.2. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

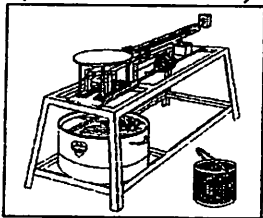
**Tabel 3.1. Peralatan Pengujian Aspal**

No.	PEMERIKSAAN	PERALATAN
1.	<p data-bbox="427 1415 700 1474"><i>Penetrasi Bahan Bitumen</i> (AASHTO T-49-80)</p>  <p>The diagram shows a mechanical penetration tester. It consists of a circular dial at the top (1) with a needle (2) passing through a vertical rod (3) into a sample. A weight (4) is attached to the bottom of the rod. The rod is supported by a frame (5) which sits on a base (6). A water bath (7) is used to keep the sample at a constant temperature. A thermometer (8) is used to measure the temperature of the water bath.</p>	<ul data-bbox="923 1419 1120 1725" style="list-style-type: none"><li>-Alat penetrasi</li><li>-Pemegang jarum</li><li>-Pemberat jarum</li><li>-penetrasi</li><li>-Cawan</li><li>-Bak perendam</li><li>-Tempat air</li><li>-Pengukur waktu</li><li>-Termometer</li></ul>

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

Sumber : Petunjuk praktikum bahan jalan perkerasan jalan raya, FTSP, ITN, Malang.

**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"> <li>-Keranjang kawat</li> <li>-Tempat air</li> <li>-Timbangan</li> <li>-Oven</li> <li>-Alat pemisah</li> <li>-Saringan</li> </ul>

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

Sumber : Petunjuk praktikum bahan jalan perkerasan jalan raya, FTSP, ITN, Malang.

**Tabel 3.4. Peralatan Pengujian Campuran Aspal Beton (Alat Uji Marshall)**

No.	PEMERIKSAAN	PERALATAN
1.	<b>Campuran Aspal Metode Marshall</b> <b>(BS 812 : Part 3 : 1975)</b>  <p>Pengujian Marshall meliputi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Persiapan benda uji</li> <li>2. Penentuan berat jenis <i>bulk</i> dari benda uji</li> <li>3. Pemeriksaan nilai stabilitas dan <i>flow</i></li> <li>4. Perhitungan sifat volumetrik benda uji (Kuosien Marshall, berat volume, VIM, VMA, VFA, tebal selimut aspal).</li> </ol>	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 : Petunjuk praktikum bahan jalan perkerasan jalan raya, FTSP, ITN, Malang.

### **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%, 15%, 30%, 45% 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 15%) : 10 benda uji
3. Kelompok C (kadar filler 30%) : 10 benda uji
4. Kelompok D (kadar filler 45%) : 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

$\Sigma Y^2$  = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) semua nilai pengamatan.

$R_y$  = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) untuk rata – rata.

$P_y$  = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) antar perlakuan.

$S_y$  = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) kekeliruan eksperimen.

Untuk mendapatkan grafik model kuadratik (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)

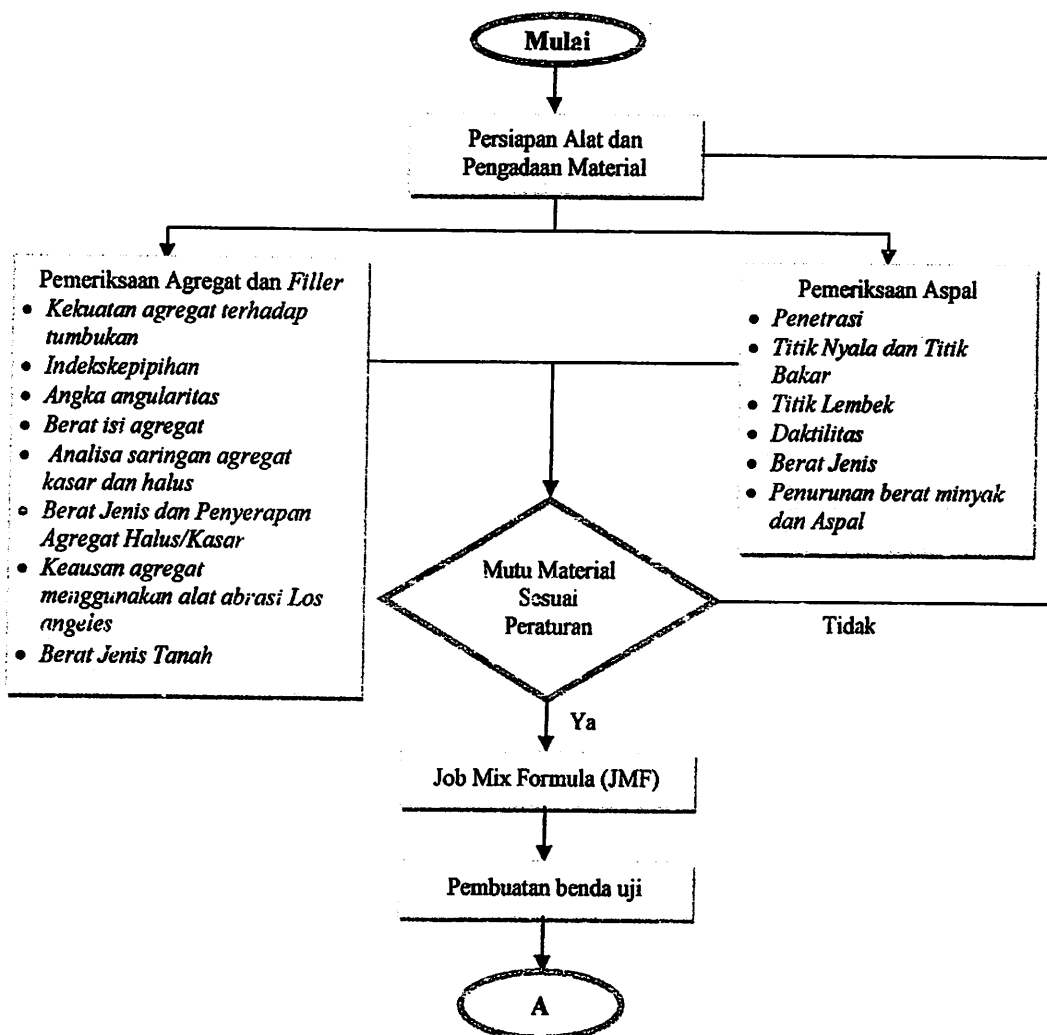
X = nilai taraf factor

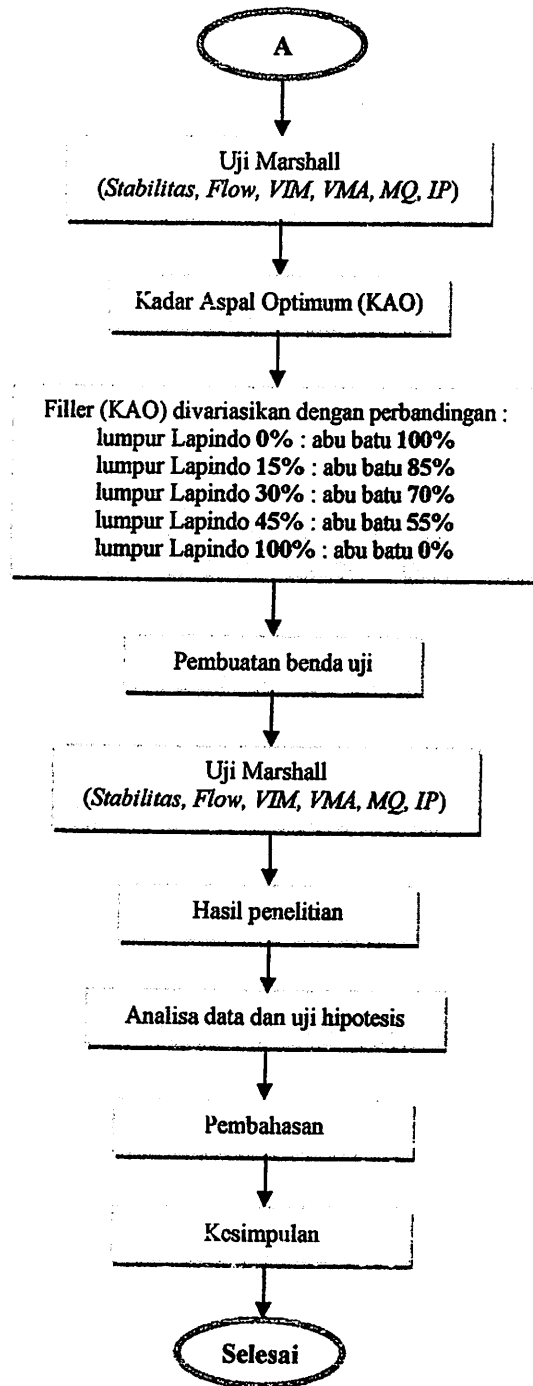
n = ukuran sampel

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**

### **HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT DAN BITUMEN**

#### **4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat**

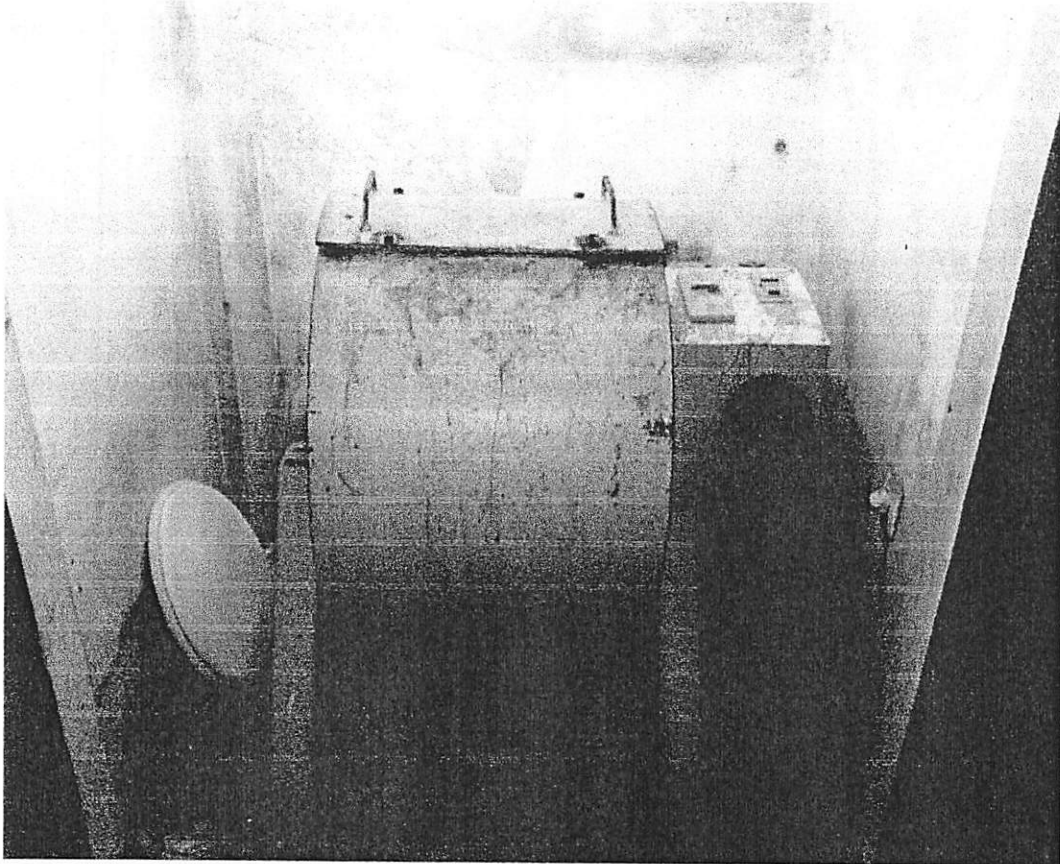
##### **4.1.1 Pengujian Keausan Agregat Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles (AASHTO T-96-77 (1982)).**

###### **4.1.1.1. Tujuan**

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm ( $1\frac{1}{2}$ "") terhadap keausan dengan menggunakan alat Los Angeles.

###### **4.1.1.2. Peralatan**

- a. Mesin Abrasi Los Angeles, yaitu mesin yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (28") dan panjang 50 cm (20"). Silinder ini bertumpu pada dua poros pendek tidak menerus yang berputar pada poros mendatar. Silinder mempunyai lubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56").
- b. bola – boia baja mempunyai diameter rata – rata 4,68 cm ( $1\frac{7}{8}$ "") dan berat masing – masing antara 400 gram sampai 440 gram.
- c. Saringan mulai ukuran 37,5 mm ( $1\frac{1}{2}$ "") 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  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 4.1. Mesin Abrasi Los Angeles**

#### **4.1.1.3. Benda Uji**

Benda uji harus bersih. Bila benda uji masih mengandung kotoran, debu, bahan organik atau terselimuti oleh bahan lain, maka benda uji harus dicuci dahulu sampai bersih kemudian dikeringkan dalam suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .

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

**Tabel 4.1. Daftar Berat dan Gradasi Benda Uji**

Ukuran saringan		Berat dan gradasi benda uji (gram)			
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	A	B	C	D
37,5 (1 ½")	25,0 (1")	1250 ± 25			
25,0 (1")	19,0 (¾")	1250 ± 25			
19,0 (¾")	12,5 (½")	1250 ± 25	2500 ± 25		
12,5 (½")	9,5 (¾")	1250 ± 25	2500 ± 25		
9,5 (¾")	6,3 (¼")			2500 ± 25	
6,3 (¼")	4,75 (No.4)			2500 ± 25	
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Jumlah bola		12	11	8	6
Berat bola (gram)		5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 25	2500 ± 25

Sumber : SNI 03 – 3407 - 1994

#### 4.1.1.4. Cara Pelaksanaan

- Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam Mesin Los Angeles, lalu mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak  $500 \pm 1$  putaran.
- Setelah tahap "a" selesai, benda uji dikeluarkan lalu di ayak dengan ayakan 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.

#### 4.1.1.5. Perhitungan dan Pelaporan

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

Dimana :

a = Berat benda uji semula (gram)

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

Keausan dilaporkan sebagai bilangan bulat dalam persen (%)



**Tabel 4.2. Hasil Pengujian Keausan Agregat Menggunakan Mesin**

**Abrasi Los Angeles**

Gradasi pemeriksaan				B (fraksi 10 – 20 mm)			
Saringan				1		2	
Lolos		Tertahan		Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76.20 mm (3")	63.55 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	%

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 %



Kesimpulan :

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapat nilai rata – rata pengujian keausan sebesar 16,82 %. Berdasarkan spesifikasi agregat, syarat maksimum abrasi dengan mesin los angeles adalah 40 % (Depkimpraswil 2002). Maka agregat tersebut memenuhi persyaratan.

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

##### **4.1.2.1. Tujuan**

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengukur kekuatan relative aggregate terhadap beban kejut (impact) yang dinyatakan dengan Aggregate Impacy Value (AIV).

##### **4.1.2.2. Peralatan**

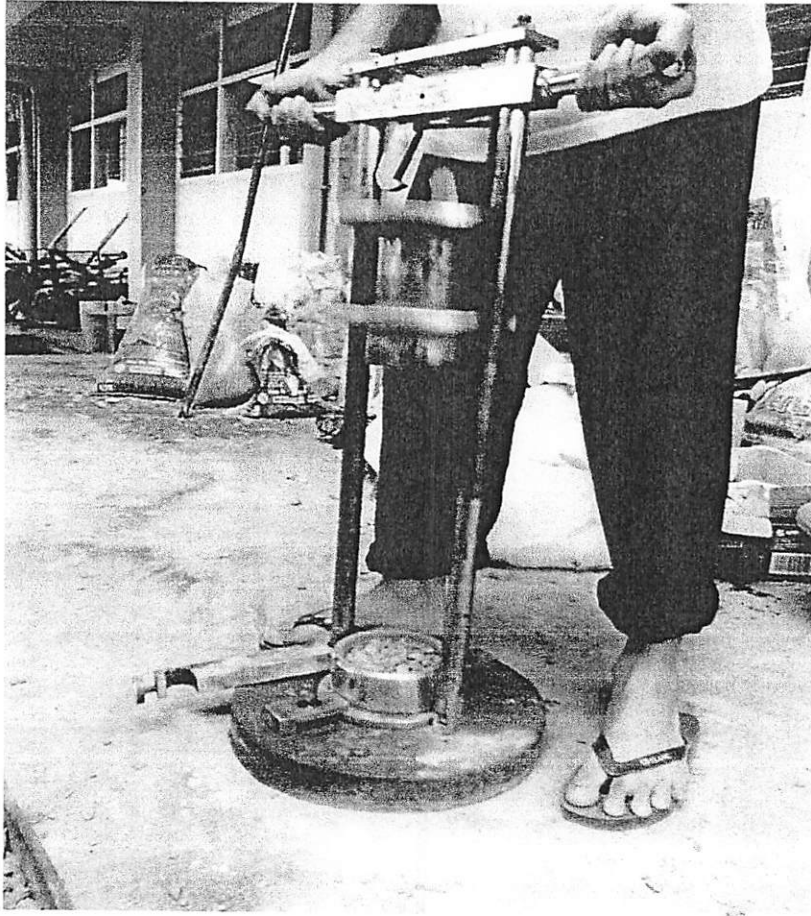
- a. Alat yang digunakan adalah mesin impact aggregate, dengan detail alat :
  - Berat total mesin tidak lebih dari 60 kg dan tidak kurang dari 40 kg. Dasar mesin terbuat dari baja dengan diameter 30 cm dan memiliki berat antara 22 sampai 30 kg.
  - Cylindrical Steel Cup memiliki diameter dalam 10,2 cm dan kedalaman 5 cm, ketebalan cup tidak kurang dari 5 mm.
  - Palu baja yang digunakan memiliki berat antara 13,2 – 13,5 kg dengan bagian bawah (bidang kontak) merupakan lingkaran dan datar. Diameter bidang kontak 10 cm dan ketebalan 5 cm, dengan chamfer 1,5 mm. Palu diatur sedcmikian rupa hingga dapat bergerak naik turun dengan mudah

tanpa gesekan berarti. Palu baja bergerak jatuh bebas dengan tinggi jatuh  $380 \pm 5$  mm, diukur dari bidang kontak palu sampai permukaan benda uji dalam cup.

- Alat pengunci palu dapat diatur sedemikian rupa untuk memudahkan penggantian benda uji dan pemasangan cup.
- b. Timbangan dengan kapasitas minimal 3 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
- c. Ayakan dengan diameter 13,2 mm ; 9,5 mm ; 2,36 mm (British Standard). Untuk ukuran agregat non – standar dapat dilihat pada table 4.3 dibawah ini.

**Tabel 4.3. Ukuran agregate standard dan non standar yang dapat digunakan dengan dasar ukuran ayakan dari Britis Standard**

	Ukuran lolos		Saringan tertahan		Saringan pemisah	
		mm		mm		mm
Non standar	28,0	mm	19,10	mm	5,0	mm
	19,10	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	1,70	mm
	6,3	mm	5,0	mm	1,18	mm
	5,0	mm	3,35	mm	850	µm
	3,35	mm	2,36	mm	600	µm
Catatan : Agregat dengan ukuran lebih besar dari 13,2 mm kurang cocok dilakukan Impact Test						



Gambar 4.2 Alat Aggregate Impact Value

#### 4.1.2.3. Benda Uji

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

Benda uji harus dalam keadaan kering permukaan. Pengeringan dengan oven dilakukan tidak lebih dari 4 jam dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$ . suhu benda uji harus dalam kondisi suhu ruang ( $25^{\circ}\text{C}$ ) pada saat dilakukan pengujian. Jumlah benda uji diatur sedemikian rupa sehingga tidak melebihi tinggi cup (5 cm). benda uji dimasukkan ke dalam cup dengan agak dipadatkan (ditekan dengan tangan).

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

#### 4.1.2.4. Cara Pelaksanaan

- a. Letakkan mesin impact agregate pada plat datar atau lantai datar dan atur palu pada penguncinya.
- b. Letakkan cup yang telah terisi 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  $380 \pm 5\text{mm}$ .
- 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 2 detik.
- e. Setelah selesai, pisahkan benda uji dengan ayakan 2,36 mm (British Standard) selama 1 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.

#### 4.1.2.5. Perhitungan dan Pelaporan

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

Dimana :

A = Berat awal benda uji (gram)

B = Berat lolos ayakan 2,36 mm (gram)

**Tabel 4.4. Hasil Pengujian Agregate 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
	Aggregate Impact Value (AIV) (%)	13.70	12.32
	Rata-rata Aggregate Impact Value (%)	13.01	

Contoh Perhitungan :

1) Benda uji I

Diketahui :

Berat awal benda uji ( A ) = 500 gram

Berat lolos saringan ( B ) = 68,5 gram

Maka

$$AIV = \frac{68,5}{500} \times 100 \%$$

$$= 13,7 \%$$

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



**Kesimpulan :**

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapat nilai rata – rata pengujian impact value sebesar 13,01 %. Sedangkan persyaratan aggregate impact value maksimum adalah 30 %. Maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

### **4.1.3 Pengujian Indeks Kepipihan (Flakiness Index) (BS 812 : Part 1 : 1975)**

#### **4.1.3.1. Tujuan**

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

#### **4.1.3.2. Peralatan**

- a. Alat pengukur tebal kepipihan terbuat dari logam, dengan bentuk dan ukuran seperti pada gambar.
  - 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 penutupnya (pan).
  - c. Timbangan dengan kapasitas yang sesuai dengan ukuran contoh yang akan diuji dengan ketelitian sampai 1% dari berat benda yang diuji.
  - d. Baki dengan ukuran yang sesuai dapat dimasukkan ke dalam oven untuk memanaskan tanpa menimbulkan kerusakan atau berat benda uji.
  - e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai pemanasan  $(110 \pm 5)^\circ$
- C.

#### 4.1.3.3. Benda Uji

Pengambilan benda uji dilakukan sesuai dengan ketentuan cara – cara pengambilan yang berlaku. Jumlah benda uji yang diambil harus sesuai dengan ukuran nominal bahan dan mengikuti ketentuan pada table 4.5 dibawah ini (yaitu dilakukan penyortiran agregat yang lolos saringan ukuran 63,0 mm dan tertahan saringan ukuran 6,30 mm).

**Tabel 4.5. Berat minimum benda uji**

<b>Ukuran saringan nominal (mm)</b>	<b>Berat minimum setelah penyortiran (kg)</b>
63,0	50
50,0	35
37,5	15
28,0	5
19,10	2
13,2	1
9,5	0,5

Sumber : SNI 03 – 4426 - 1997

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.

#### 4.1.3.4. Cara Pelaksanaan

- a. Singkirkan seluruh agregat yang tertahan saringan 63,0 mm dan lolos 6,3mm.
- b. Timbang agregat yang lolos ayakan 63,0 mm dan tertahan 6,30 sebagai  $M_1$ .
- c. Timbang berat agregat di masing – masing fraksi dan hitung persentasenya terhadap  $M_1$ . Catat berat masing – masing fraksi agregat dan persentasenya pada lembar isian yang tersedia.

- d. Taruh agregat pada baki – baki secara terpisah sesuai dengan ukuran fraksinya.
- e. Catat jumlah seluruh agregat yang persentase fraksinya lebih besar dari 5 % dan dinyatakan sebagai  $M_2$ .
- f. Ukur fraksi – fraksi agregat yang memiliki persentase lebih besar dari 5 % dengan menggunakan alat pengukur kepipihan (Flakiness) dengan ketentuan :
- Lewatkan dengan tangan setiap butir agregat pada lubang alat kepipihan sesuai dengan ukurannya, pisahkan setiap butir yang dapat lewat dan tidak dapat lewat untuk setiap fraksi.
  - Timbang agregat yang lewat dan tidak lewat untuk masing – masing fraksi.
  - Jumlahkan berat total agregat yang lewat dan dinyatakan sebagai  $M_3F$ .

#### 4.1.2.5. Perhitungan dan Pelaporan

$$\text{Indeks Kepipihan (\%)} = \frac{M_3 \times 100}{M_2}$$

Dimana :

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

$M_3$  = jumlah berat partikel agregat yang lolos pada alat kepipihan.



**Tabel 4.6. 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	M3 F	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 :

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



## Kesimpulan :

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapat nilai Flakiness Index sebesar 7,41 %. Syarat maksimum adalah 10 % (Silvia Sukirman, 2003), dengan demikian hasil pengujian dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan.

### **4.1.4 Pengujian Angka Angularitas (Angularity Number) (BS 812 : Part 1 : 1975)**

#### **4.1.4.1. Tujuan**

Tujuan metode ini adalah untuk menyeragamkan cara memperoleh angka angularitas agregat kasar yang masih dapat digunakan (sebagai bahan perkerasan pada jalan raya). Angka angularitas ditentukan dari proporsi rongga dalam sebuah sampel agregat sesudah kompaksi. Angularitas atau adanya bagian – bagian yang bersudut pada partikel pada suatu agregat merupakan bagian yang penting karena hal ini memengaruhi kemudahan saling mengunci (interlocking) antar partikel.

#### **4.1.4.2. Peralatan**

- a. Oven dengan pengatur suhu.
- b. Timbangan dengan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 1 gram.
- c. Ayakan menurut British Standar 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).

- 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).



Gambar 4.3 Alat test angularitas

#### 4.1.4.3. Benda Uji

Pengambilan benda uji dilakukan sesuai dengan cara – cara pemisahan yang telah ditentukan. Jumlah benda uji yang diambil harus sesuai dengan ukuran nominal bahan yaitu setelah dilakukan penyortiran agregat, seperti pada table dibawah ini.

**Tabel 4.7. Data untuk menentukan angka angularitas**

Fraksi ukuran agregat saringan		Berat minimum tiap fraksi (kg)
100% lolos (mm)	100% lolos (mm)	
19,10	13,2	4
13,2	9,5	4
9,5	6,3	4
6,3	5,0	4

Sumber : SNI 03-2439-1991

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus disiapkan sebagai beriku :

- Siapkan benda uji yangtelah disortir dengan mengikuti tabel 4.7 di atas.
- Singkirkan seluruh agregat yang tertahan pada saringan ukuran 19,10 mm dan lolos saringan ukuran 5,00 mm (No.4).
- Timbang agregat untuk setiap fraksi hasil penyortiran seberat  $\pm 4$  kg.
- Simpan masing – masing fraksi diatas baki secara terpisah, berikan tanda sesuai ukuran fraksi, kemudian keringkan dalam oven dengan temperature  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam sampai berat agregat menjadi konstan.
- Dinginkan temperature agregat sampai sesuai temperature ruangan, kemudian seluruh agregat dicampur sampai merata.

#### 4.1.4.4. Cara 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 airdalam 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 diatas 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 didalam silinder.
- h. Lakukan langkah (mulai mengisi sampai menimbang) diatas sampai 3 kali kemudian hitung dan catatlah berat rata – rata benda uji agregat dari ketiga percobaan ( $M$ ).
- i. Apabila berat dari salah satu pengujian berbeda (lebih besar dari 25 gram) 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 ( $M$ ).

#### 4.1.4.4. Perhitungan dan Pelaporan

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

Dimana :

M = Berat agregat dalam silinder

C = Berat air diisi penuh dalam silinder (gram)

Ga = Specific gravity dari agregat

**Tabel 4.8. Hasil penentuan angka angularitas**

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 :

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

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian didapat angka angularitas (angularity number) sebesar 5,9432. Selang angka angularitas adalah 0 -12, sehingga pengujian yang dilakukan memenuhi persyaratan bahan perkerasan jalan.

#### 4.1.5 Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19-74) (ASTM C-29-71)

##### 4.1.5.1. Tujuan

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

##### 4.1.5.2. Peralatan

- Oven dengan pengatur suhu.
- Timbangan dengan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 1 gram.
- Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
- Tongkat pemadat dari metal dengan diameter 16 mm, panjang 60cm
- Mistar perata (straight edge)
- Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pengering berkapasitas, seperti berikut :

**Tabel 4.9. 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

#### 4.1.5.3. Benda Uji

Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai dengan tabel 4.9 diatas. Keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.

#### 4.1.5.4. Cara Pelaksanaan

- a. Berat isi lepas (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum 100 mm / 4")  
:
  - Timbang dan catatlah berat wadah ( $W_1$ ).
  - 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.
  - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
  - Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji ( $W_2$ ).
  - Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).
- b. Berat isi padat dengan cara penusukan (untuk agregat dengan butir ukuran maksimum 38,1 mm 1 1/2") :
  - Timbang dan catatlah berat wadah ( $W_1$ )
  - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
  - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
  - Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji ( $W_2$ ).



- Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).
- c. Berat isi padat dengan cara penggoyangan (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum lebih dari 38,1 mm (1 ½”):
- Timbang dan catatlah berat wadah ( $W_1$ )
  - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.
  - Padatkan setiap lapis dengan cara menggoyang-goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut :
    - Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan.
    - Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
  - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
  - Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji ( $W_2$ ).
  - Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )

#### 4.1.5.5. Perhitungan dan Pelaporan

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

Dimana :

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

$W_3$  = Berat benda uji (kg)

Contoh Perhitungan =

Berat agregat lepas = 12850 gram

$$\text{Volume air} = \frac{\text{berat air}}{\gamma_w} = \frac{10040 \text{ gram}}{1,0 \text{ gram/cm}^3} = 10040 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat isi agregat lepas} = \frac{12850}{10040} = 1,2799 \text{ gram/cm}^3 = 1,2799 \text{ kg/dm}^3$$

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

**Tabel 4.10. Hasil pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat**

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 + agregat3	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 kg/dm <sup>3</sup>
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.39 kg/dm <sup>3</sup>
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.41 kg/dm

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian didapat berat isi agregat lepas sebesar 1,28 kg/dm<sup>3</sup>, berat isi agregat padat dengan tusukan sebesar 1,39 kg/dm<sup>3</sup>, berat isi agregat padat dengan goyangan sebesar 1,41 kg/dm<sup>3</sup>. berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa berat isi agregat padat dengan tusukan adalah yang paling berat, karena dengan cara ditusuk agregat dapat terisi lebih banyak daripada dengan cara digoyang maupun dengan cara lepas.

#### 4.1.6 Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar (AASHTO T – 27 – 82)

(ASTM C – 136 – 46)

##### 4.1.6.1. Tujuan

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

##### 4.1.6.2. Peralatan

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

**Tabel 4.11. Daftar ayakan 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	0,29 7	0,14 9	0,075
inch	3"	2½"	2"	1½"	1,06"	¾"	½"	3/8"	-	-	-	-	-	-	-

- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)°C
- d. Alat pemisah contoh (sample splitter)
- e. Mesin pengguncang saringan

- f. Talam – talam
- g. Kuas, sikat kuning, sendok dan alat – alat lainnya



**4.1.6.3. Benda Uji**

Jumlah berat benda uji setelah pengeringan tidak kurang dari :

- a. Agregat halus

**Tabel 4.12. Berat minimum benda uji agregat halus**

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

- b. Agregat kasar

**Tabel 4.13. 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

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

Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan ayakan No.4

Selanjutnya gregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah yang tercantum diatas. Benda uji disiapkan sesuai dengan PB-0208-76 kecuali apabila

butiran yang melalui ayakan No.200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat – syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

#### 4.1.6.4. Cara Pelaksanaan

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

#### 4.1.6.5. Perhitungan dan Pelaporan

Hitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing – masing ayakan terhadap berat total benda uji.

Laporan meliputi jumlah persentase melalui masing – masing ayakan atau jumlah persentase diatas masing – masing ayakan dalam bilangan bulat, serta menggambar grafik akumulatif.

**Tabel 4.14. Analisa ayakan agregat kasar**

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
50.8 mm (2")	0.0	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1,5")	0.0	0.00	0.00	100.00
25.4 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
2.38 mm (No. 8)	80	80.00	89.69	10.31
0.075 mm (No. 200)	5.1	85.10	95.40	4.60
p a n	4.1	89.20	100.00	0.00
Total berat	89.20			

Contoh Perhitungan =

Misalnya untuk saringan no. ½"

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 4.15. Analisa ayakan agregat sedang**

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
50.8 mm (2")	0.0	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1,5")	0.0	0.00	0.00	100.00
25.4 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
2.38 mm (No. 8)	314.8	314.80	87.88	12.12
0.075 mm (No. 200)	13.2	328.00	91.57	8.43
p a n	30.2	358.20	100.00	0.00
Total berat	358.20			

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 4.16. Analisa ayakan agregat halus**

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
50.8 mm (2")	0.0	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1,5")	0.0	0.00	0.00	100.00
25.4 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
2.38 mm (No. 8)	61.4	61.40	32.94	67.06
0.075 mm (No. 200)	98.5	159.90	85.78	14.22
p a n	26.5	186.40	100.00	0.00
Total berat	186.40			

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 %

Kesimpulan :

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

#### **4.1.7 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (AASHTO T – 84 – 81)**

##### **4.1.7.1. Tujuan**

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

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

##### **4.1.7.2. Peralatan**

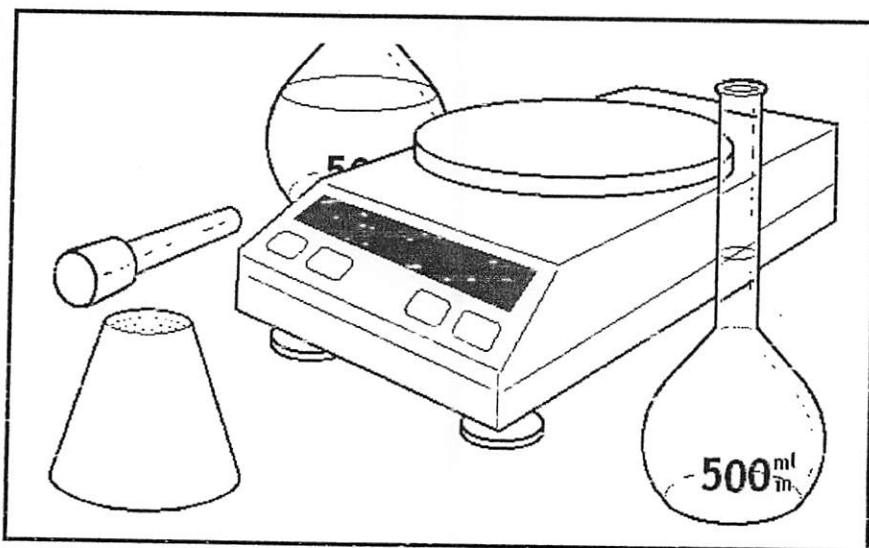
- a. Timbangan berkapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml
- c. Kerucut (cone) berdiameter atas  $40 \pm 3$  mm, berdiameter bawah  $90 \pm 3$  mm dan tinggi  $75 \pm 3$  mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm
- d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat  $340 \pm 1$  gram, diameter permukaan penumbuk  $25 \pm 3$  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  $1^\circ\text{C}$ .
- h. Talam
- i. Bejana tempat air.
- j. Pompa hampa udara (vacuum pump) atau tungku.
- k. Air suling.
- l. Desicator.

#### 4.1.7.3. Benda Uji

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



Gambar 4.4 Alat pemeriksaan berat jenis agregat halus

#### 4.1.7.4. Cara 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  $(24 \pm 4)$  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. 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.

- f. Rendam piknometer dalam air dan buat suhu air menjadi suhu standar 25°C untuk perhitungan.
- g. Tambahkan air sampai tanda batas.
- h. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram ( $B_t$ ).
- i. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desicator.
- j. Setelah benda uji dingin, timbanglah ( $B_k$ ).
- k. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C ( $B$ ).

#### 4.1.6.5. Perhitungan dan Pelaporan

- a. Berat jenis (bulk specific gravity)  $= \frac{B_k}{(B + 500 \cdot B_t)}$
  - b. Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry)  $= \frac{500}{(B + 500 \cdot B_t)}$
  - c. Berat jenis semu (apparent specific gravity)  $= \frac{B_k}{(B + B_k \cdot B_t)}$
  - d. Penyerapan (absorpsi)  $= \frac{(500 \cdot B_k)}{B_k} \times 100\%$
- dimana :



$B_k$  = berat benda uji kering oven (gr)

$B$  = berat piknometer berisi air (gr)

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

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

**Tabel 4.17. Berat jenis dan penyerapan agregat halus**

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	$B_k$	499.40	499.90	499.65
Berat contoh kering permukaan jenuh	$B_j$	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	$B$	665.60	660.50	663.05
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	$B_t$	978.30	976.80	977.55
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	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 (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.67	2.72	2.69
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	0.12%	0.02%	0.07%

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

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

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapat nilai :

- Berat jenis agregat halus (bulk) = 2,69
- Berat jenis kering permukaan jenuh = 2,70
- Berat jenis semu (apparent) = 2,69
- Penyerapan (absorpsi) = 0,07%

Maka dari pengujian tersebut masih memenuhi syarat untuk berat jenis > 2,5 dan penyerapan < 3. (silvia sukirman,113)

#### **4.1.8 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (AASHTO T – 84 – 81)**

##### **4.1.8.1. Tujuan**

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

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

#### **4.1.8.2. Peralatan**

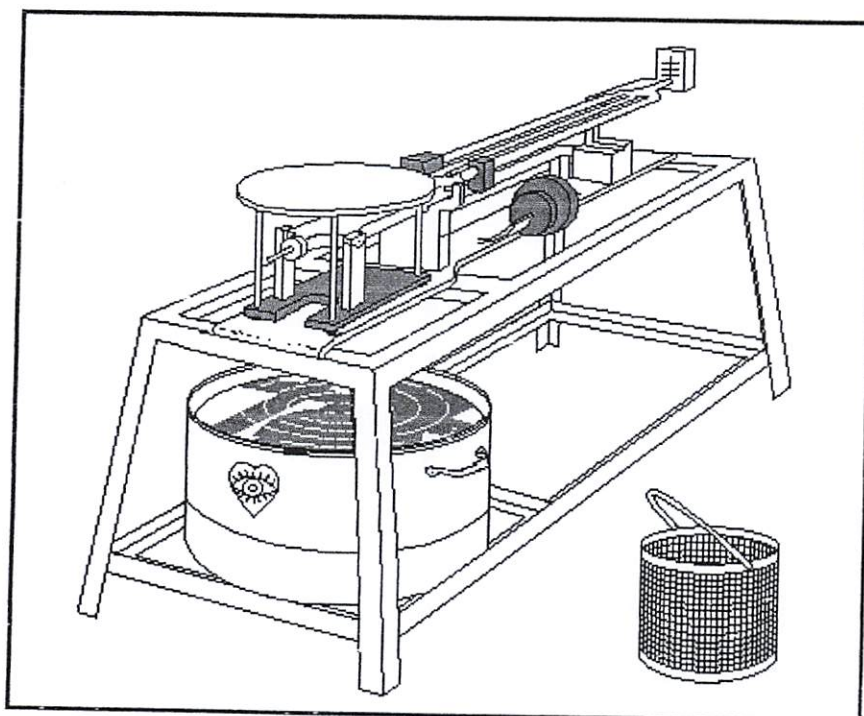
- a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no. 6 atau no. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.
- b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
- c. Timbangan, berkapasitas 5 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- d. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
- e. Alat pemisah contoh (sample splitter).

- f. Saringan no. 4.



#### 4.1.8.3. Benda Uji

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



Gambar 4.5 Alat pemeriksaan berat jenis agregat kasar

#### 4.1.8.4 Cara Pelaksanaan

- Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.
- Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.
- Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 sampai 3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,3 gram ( $B_k$ ).
- 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 ( $25^\circ\text{C}$ ).

#### 4.1.8.5. Perhitungan dan Pelaporan

- 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)



**Tabel 4.18. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar**

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B <sub>k</sub>	4865	4872	4868.5
Berat contoh kering permukaan jenuh	B <sub>j</sub>	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B <sub>a</sub>	3112.4	3100.3	3106.35
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	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 (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.78	2.75	2.76
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	2.77%	2.63%	2.70%

Contoh perhitungan :

Sampel I

Berat contoh kering oven ( B<sub>k</sub> ) = 4865 gram

Berat contoh kering permukaan jenuh ( B<sub>j</sub> ) = 5000 gram

Berat piknometer + contoh + air ( B<sub>a</sub> ) = 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

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

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapat nilai :

- Berat jenis agregat kasar (bulk) = 2,57
- Berat jenis kering permukaan jenuh = 2,64
- Berat jenis semu (apparent) = 2,76
- Penyerapan (absorpsi) = 2,70 %

Maka dari pengujian tersebut masih memenuhi syarat untuk berat jenis > 2,5 dan penyerapan < 3. (silvia sukirman,113)

#### 4.1.9 Pengujian Berat Jenis Filler

##### 4.1.9.1. Tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis berat jenis semu dari filler. Bahan pengisi (filler) berbutir sangat halus, sehingga sukar menentukan berat jenis jenuh kering permukaannya, oleh karena itu pada umumnya dipergunakan berat jenis semu untuk bahan pengisi (filler), jadi tidak perlu ditentukan berat jenis bulk-nya.

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.

##### 4.1.9.2. Peralatan

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

- c. Desicator
- d. Pompa hampa udara (vacuum pump)
- e. Talam
- f. Cone (kerucut) untuk memasukkan benda uji ke dalam piknometer

#### 4.1.9.3. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan No.200

#### 4.1.9.4. Perhitungan dan Pelaporan

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

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)

**Tabel 4.19. Hasil pengujian berat jenis filler abu batu**

Kode	AB	
	TR-1	SK3
Nomor Botol		
Berat Piknometer + Filler ( $W_2$ )	311.98	244.36
Berat Piknometer ( $W_1$ )	173.66	151.27
Berat Filler ( $W_2 - W_1$ )	138.32	93.09
Suhu (T)	25	25
Berat Piknometer + Air pada T ( $W_4$ )	671.00	648.00
$W_2 - W_1 + W_4$	809.32	741.09
Berat Piknometer + Air + Filler ( $W_3$ )	758.41	707.52
Faktor Koreksi Suhu	0.9986	0.9986
Isi Tanah ( $W_2 - W_1$ ) + ( $W_4 - W_3$ )	50.91	33.57
Berat Jenis Tanah	2.713	2.769
<b>Rata-rata</b>	<b>2.741</b>	

**Tabel 4.20. Hasil pengujian berat jenis filler lumpur lapindo**

Kode	LL	
	TR-2	TR-3
Nomor Botol		
Berat Piknometer + Filler ( $W_2$ )	gr 296.00	290.90
Berat Piknometer ( $W_1$ )	gr 167.50	159.50
Berat Filler ( $W_2 - W_1$ )	gr 128.50	131.40
Suhu (T)	°C 25	25
Berat Piknometer + Air pada T ( $W_4$ )	gr 665.00	656.50
$W_2 - W_1 + W_4$	gr 793.50	787.90
Berat Piknometer + Air + Filler ( $W_3$ )	gr 738.83	731.99
Faktor Koreksi Suhu	0.9986	0.9986
Isi Tanah ( $W_2 - W_1$ ) + ( $W_4 - W_3$ )	cm <sup>3</sup> 54.67	55.91
Berat Jenis Tanah	2.347	2.347
<b>Rata-rata</b>	<b>2.347</b>	

Kesimpulan :

Dari pengujian berat jenis semu, didapat berat jenis semu filler abu batu adalah 2,741 dan untuk filler lumpur lapindo adalah 2,347. Sehingga dapat disimpulkan bahwa filler abu batu mempunyai berat jenis yang lebih besar daripada filler lumpur lapindo.

## 4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal

### 4.2.1 Pengujian Penetrasi Aspal (AASHTO T-49-80) (ASTMD-5-71)

#### 4.2.1.1. Tujuan

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.

#### 4.2.1.2. Peralatan

- a. Alat penetrasi yang dapat menggerakkan pemegang jarum naik turun tanpa gesekan dan dapat mengukur penetrasi sampai 0,1 mm.
- b. Pemegang jarum seberat  $(47,5 \pm 0,05)$  gr yang dapat dilepas dengan mudah dari alat penetrasi untuk peneraan.
- c. Pemberat sebesar  $(50 \pm 0,05)$  gr dan  $(100 \pm 0,05)$  gr masing-masing dipergunakan untuk pengukuran penetrasi dengan beban 100 gr dan 200 gr.
- d. Jarum penetrasi dibuat dari stainless steel mutu 44°C, atau HRC 54 sampai 60. ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.
- e. Cawan contoh terbuat dari logam atau gelas berbentuk silinder dengan dasar yang rata-rata berukuran sebagai berikut :

Tabel 4.21. Ukuran cawan penetrasi

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

- f. Bak perendam (waterbath).

Terdiri dari bejana dengan isi tidak kurang dari 10 liter dan dapat menahan suhu tertentu dengan ketelitian lebih kurang  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Bejana

dilengkapi dengan pelat dasar berlubang-lubang, terletak 50 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di bawah permukaan air dalam bejana.

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

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

- h. Pengukuran waktu.

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

- i. Termometer.

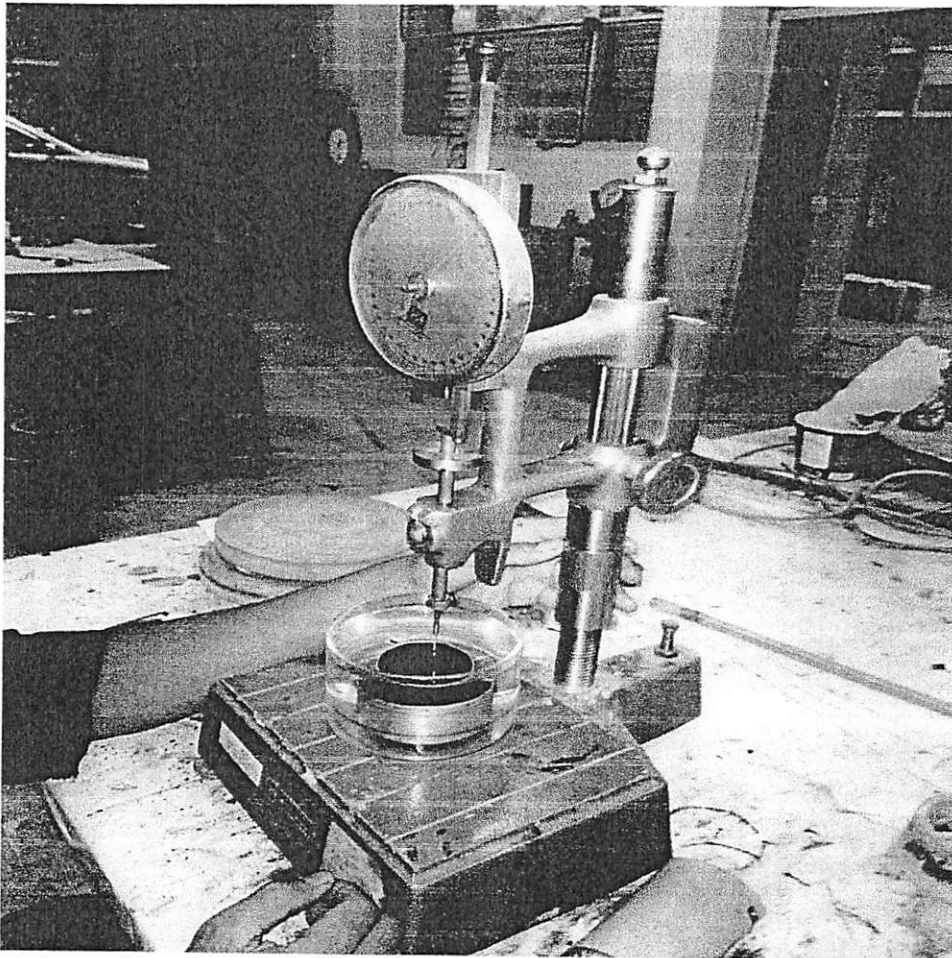
#### 4.2.1.3. Benda Uji

Panaskan contoh perlahan-lahan serta aduklah hingga cukup cair untuk dapat dituangkan. Pemanasan contoh untuk ter tidak lebih dari 60°C di atas titik lembek, dan untuk bitumen tidak lebih dari 90°C di atas titik lembek. Waktu pemanasan tidak boleh melebihi 30 menit. Aduklah perlahan-lahan agar udara tidak masuk ke dalam contoh.

Setelah contoh merata, tuangkan ke dalam tempai 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 4.6 Alat uji penetrasi aspal

#### 4.2.1.4. Cara 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. Periksa 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.

#### **4.2.1.5. Perhitungan dan Pelaporan**

Nilai penetrasi dinyatakan sebagai rata-rata dari sekurang-kurangnya 3 pembacaan dengan ketentuan bahwa hasil-hasil pembacaan tidak melampaui ketentuan pada tabel 4.19. apabila perbedaan antara masing – masing pembacaan melebihi dari toleransi, pembacaan harus di ulang.



**Tabel 4.22. Toleransi untuk hasil penetrasi**

<b>Hasil penetrasi</b>	0 – 49	50 - 149	150 – 199	200
<b>Toleransi</b>	2	4	6	8

Sumber : SNI 06-2489-1991

**Tabel 4.23. Hasil uji penetrasi aspal sebelum kehilangan berat**

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

**Tabel 4.24. Hasil uji penetrasi aspal setelah kehilangan berat**

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

**Kesimpulan :**

1. Hasil pemeriksaan penetrasi aspal sebelum kehilangan berat didapatkan nilai rata – rata sebesar 79
2. Hasil pemeriksaan penetrasi aspal setelah kehilangan berat didapatkan nilai rata – rata sebesar 76
3. Maka dari kedua pengujian tersebut memenuhi syarat Depkimpraswil 2002 (Silvia Sukirman,116)
  - Syarat penetrasi aspal sebelum kehilangan berat minimum 60 maksimum

79

- Syarat penetrasi aspal setelah kehilangan berat minimum 75% terhadap penetrasi sebelum kehilangan berat

## **4.2.2 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (AASHTO T-48-81) (ASTM D-92-5)2**

### **4.2.2.1. Tujuan**

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.

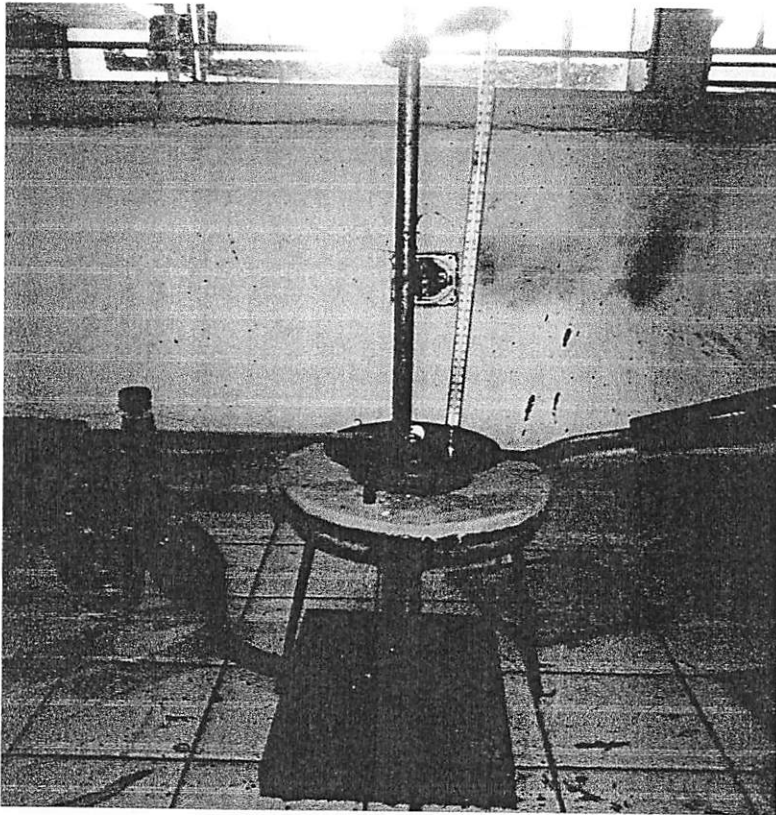
### **4.2.2.2. Peralatan**

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

#### 4.2.2.3. Benda Uji

Panaskan contoh aspal antara  $148,9^{\circ}\text{C}$  sampai  $176^{\circ}\text{C}$  sampai cukup cair. Kemudian isikan pada cawan cleveland sampai garis pembatas dan hilangkan (pecahkan) gelembung udara yang ada pada permukaan cairan.



Gambar 4.7 Alat uji titik nyala dan titik bakar

#### 4.2.2.4. Cara Pelaksanaan

- Letakkan cawan di atas nyala pemanas tepat di bawah titik tengah cawan.
- 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  $15^{\circ}\text{C}$  per menit sampai mencapai suhu  $56^{\circ}\text{C}$  di bawah titik nyala yang diperkirakan untuk selanjutnya kenaikan suhu  $5^{\circ}\text{C}$  sampai  $6^{\circ}\text{C}$  per menit.
- d. Tempatkan penahan angindi depan nyala penguji.
- e. Nyalakan sumber pemanas dan aturlah pemanas sehingga kenaikan suhu menjadi  $(15 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  per menit sampai benda uji mencapai  $56^{\circ}\text{C}$  di bawah titik nyala perkiraan.
- f. Kemudian aturlah kecepatan pemanasan  $5^{\circ}\text{C}$  sampai  $6^{\circ}\text{C}$  permenit pada suhu antara  $56^{\circ}\text{C}$  dan  $28^{\circ}\text{C}$  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  $2^{\circ}\text{C}$ .
- 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.

#### 4.2.2.5. Perhitungan dan Pelaporan

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

**Tabel 4.25. Toleransi untuk hasil titik nyala dan titik bakar**

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

Sumber : SNI 06-2433-1991

**Tabel 4.26. Hasil uji 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			

Kesimpulan :

Dari hasil pemeriksaan, titik nyala didapat sebesar 304°C dan titik bakar didapat sebesar 307°C. maka bahan tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk titik nyala yaitu minimal 200°C. (Silvia Sukirman,116).

### **4.2.3 Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter (AASHTO T-53-89)**

#### **4.2.3.1. Tujuan**

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.

#### **4.2.3.2. Peralatan**

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

#### **4.2.3.3. Benda Uji**

Panaskan benda uji perlahan-lahan sambil diaduk terus menerus hingga cair merata. Pemanasan dan pengadukan dilakukan perlahan-lahan agar gelembung-gelembung udara tidak masuk. Setelah cair merata tuangkan contoh ke dalam dua buah cincin. Suhu pemanasan ter tidak melebihi  $56^{\circ}\text{C}$  di atas titik lembeknya dan untuk aspal tidak melebihi  $111^{\circ}\text{C}$  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.



Gambar 4.8 Alat uji titik lembek

#### 4.2.3.4. Cara 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°C.

#### 4.2.3.5. Perhitungan dan Pelaporan

Laporkan suhu pada saat setiap bola menyentuh pelat dasar, laporkan suhu titik lembek bahan bersangkutan dari hasil pengamatan rata-rata dan bulatkan sampai 0,5°C terdekat untuk tiap percobaan ganda (duplo).

**Tabel 4.27. Hasil uji 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			
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					



**Tabel 4.28. Hasil uji 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			
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					

Kesimpulan :

Dari hasil pemeriksaan titik lembek aspal sebelum kehilangan berat adalah 49°C dan 51°C, sedangkan titik lembek setelah kehilangan berat adalah 51°C dan 52°C. maka bahan tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk titik lembek yaitu minimal 48°C dan maksimal 58°C. (Silvia Sukirman,116).

#### **4.2.4 Pengujian Daktilitas Bahan – Bahan Bitumen (AASHTO T-51-81)**

##### **4.2.4.1. Tujuan**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

#### 4.2.3.2. Peralatan

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

#### 4.2.4.3. Benda Uji

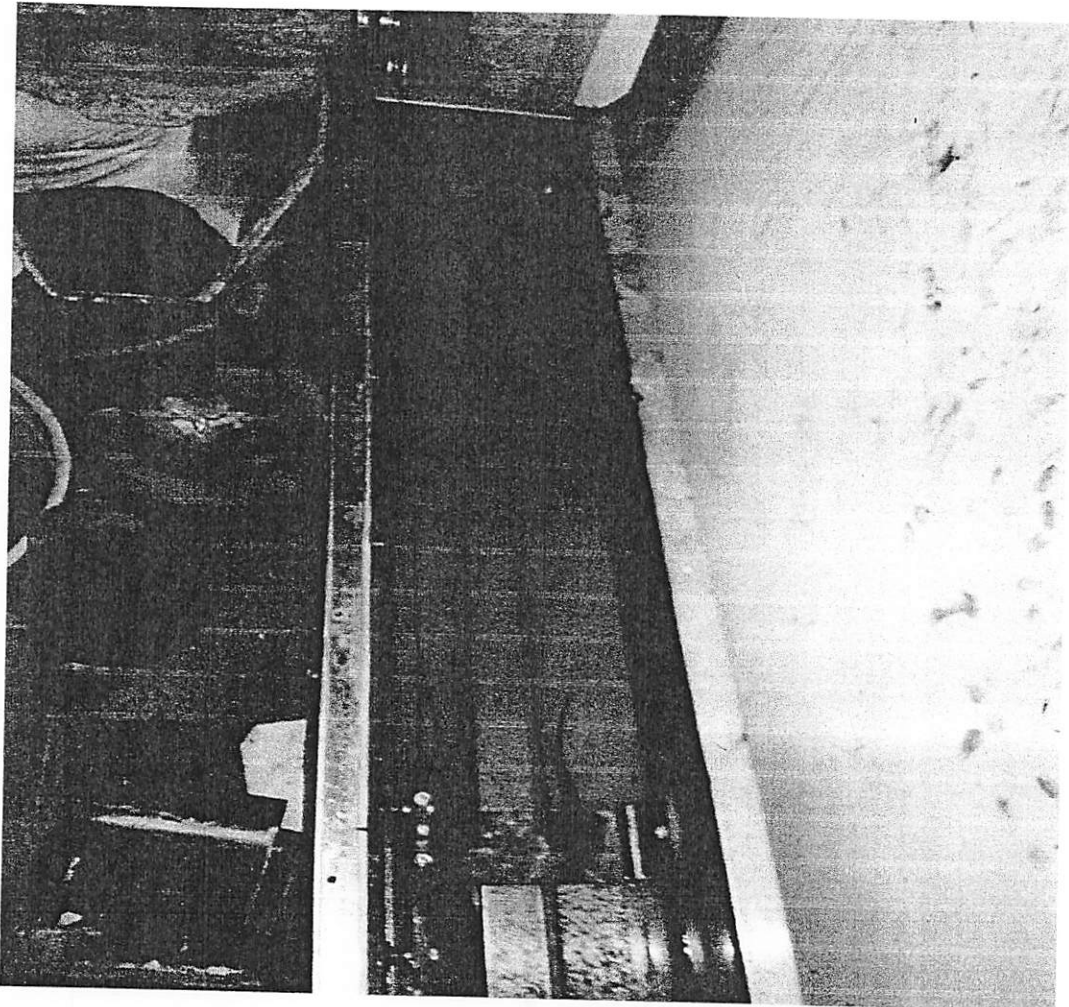
Lapisi semua bagian dalam cetakan daktilitas dan bagian atas pelat dasar dengan campuran glycerin dan dextrin atau glycerin dan kaolin atau amalgam. Kemudian pasanglah cetakan daktilitas di atas pelat dasar.

Panaskan contoh aspal kira-kira 100 gram sehingga cair dan dapat dituang. Untuk menghindari pemanasan setempat, lakukan dengan hati-hati.

Pemanasan dilakukan sampai suhu antara  $80^{\circ}\text{C}$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$  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.



Gambar 4.9 Alat uji daktilitas

#### 4.2.4.4. Cara Pelaksanaan

- a. Benda uji didiamkan pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi cetakannya..

- b. Pasanglah benda uji pada mesin uji dan tariklah benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus. Perbedaan kecepatan lebih kurang 5% masih diijinkan.
- c. Bacalah jarak antara pemegang cetakan, pada saat benda uji putus (dalam cm). Selama percobaan berlangsung benda uji harus terendam sekurang-kurangnya 2,5 cm dari air dan suhu harus dipertahankan tetap  $(25 \pm 9,5) ^\circ\text{C}$ .

#### 4.2.4.5. Perhitungan dan Pelaporan

Laporkan hasil rata-rata dari tiga benda uji normal sebagai harga daktilitas contoh tersebut. Apabila benda uji menyentuh dasar mesin uji atau terapung pada permukaan air maka pengujian dianggap gagal dan tidak normal. Untuk menghindari hal semacam ini maka berat jenis air harus disesuaikan dengan berat jenis benda uji dengan menambah methyl alkohol atau sodium klorida. Apabila pemeriksaan normal tidak berhasil setelah dilakukan 3 kali, maka dilaporkan bahwa pengujian daktilitas bitumen tersebut gagal.

**Tabel 4.29. Hasil uji daktilitas sebelum kehilangan berat**

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

**Tabel 4.30. Hasil uji daktilitas setelah kehilangan berat**

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

Kesimpulan :

Hasil pengujian daktilitas aspal sebelum kehilangan berat adalah  $> 100$  cm dan setelah kehilangan berat adalah  $> 100$  cm. kedua daktilitas tersebut memenuhi syarat Depkimpraswil 2002 yaitu minimum 1000 mm. (Silvia Sukirman,116)

#### **4.2.5 Pengujian Berat Jenis Aspal Keras dan Ter (AASHTO T-226-79)**

##### **4.2.5.1. Tujuan**

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.

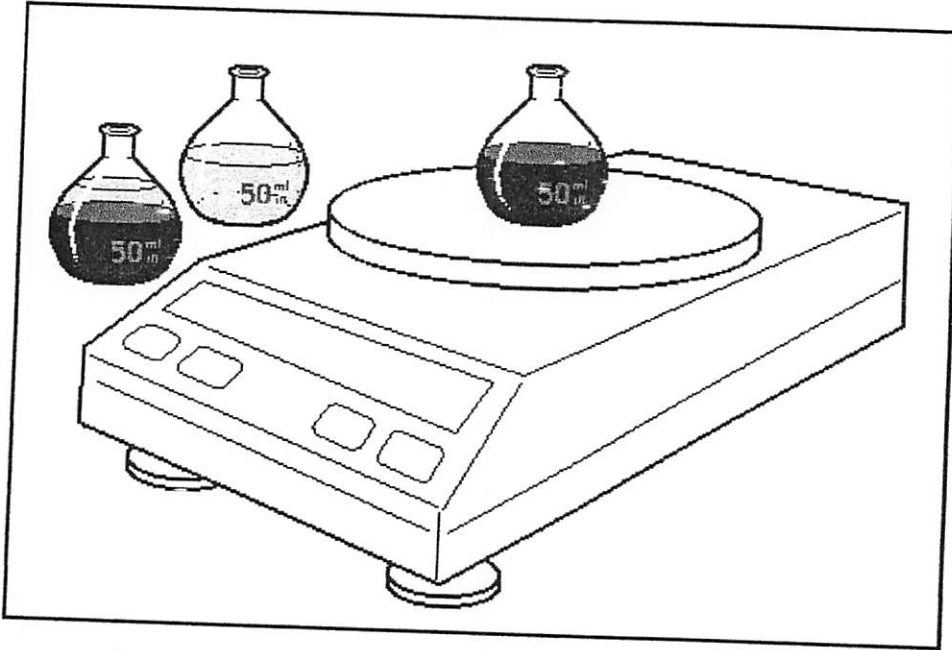
##### **4.2.5.2. Peralatan**

- a. Termometer
- b. Bejana gelas
- c. Piknometer
- d. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- e. Air suling sebanyak 1000 cm<sup>3</sup>
- f. Bak perendam yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan ketelitian (25  $\pm$  0,1)<sup>o</sup>C

##### **4.2.5.3. Benda Uji**

Panaskan contoh bitumen keras sejumlah 50 gram sampai menjadi cair, dan aduklah untuk mencegah pemanasan setempat. Pemanasan tidak boleh lebih dari

30 menit pada suhu  $56^{\circ}\text{C}$  di atas titik lembek. Tuangkan contoh tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi  $\frac{3}{4}$  bagian.



#### 4.2.5.4. Cara 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. Aturilah suhu bak perendam pada  $25^{\circ}\text{C}$ .
- 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).

#### 4.2.5.5. Perhitungan dan Pelaporan

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)



**Tabel 4.31. Hasil uji berat jenis aspal**

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	36.9	36.9
Berat piknometer	11.3	11.3
<b>Berat air (= isi piknometer)</b>	25.6	25.6
Berat piknometer + contoh	29.7	33.8
Berat piknometer	11.3	11.3
<b>Berat contoh</b>	18.4	22.5
Berat pikno + air + contoh	37.9	37.5
Berat piknometer + contoh	29.7	33.8
<b>Berat air</b>	8.2	3.7
Isi bitumen	17.4	21.9
Berat Jenis :		
<u>Berat contoh</u>		
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

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

Kesimpulan :

Hasil pengujian berat jenis aspal penetrasi 60/70 pada sampel I adalah 1,06 dan pada sampel II adalah 1,03. Dari hasil pengujian tersebut telah memenuhi



persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk pemeriksaan berat jenis aspal yang ditentukan yaitu minimum 1.(Silvia Sukirman,116).

#### **4.2.6 Pengujian Penurunan Berat Minyak dan Aspal (AASHTO T-47-82)**

##### **4.2.6.1. Tujuan**

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

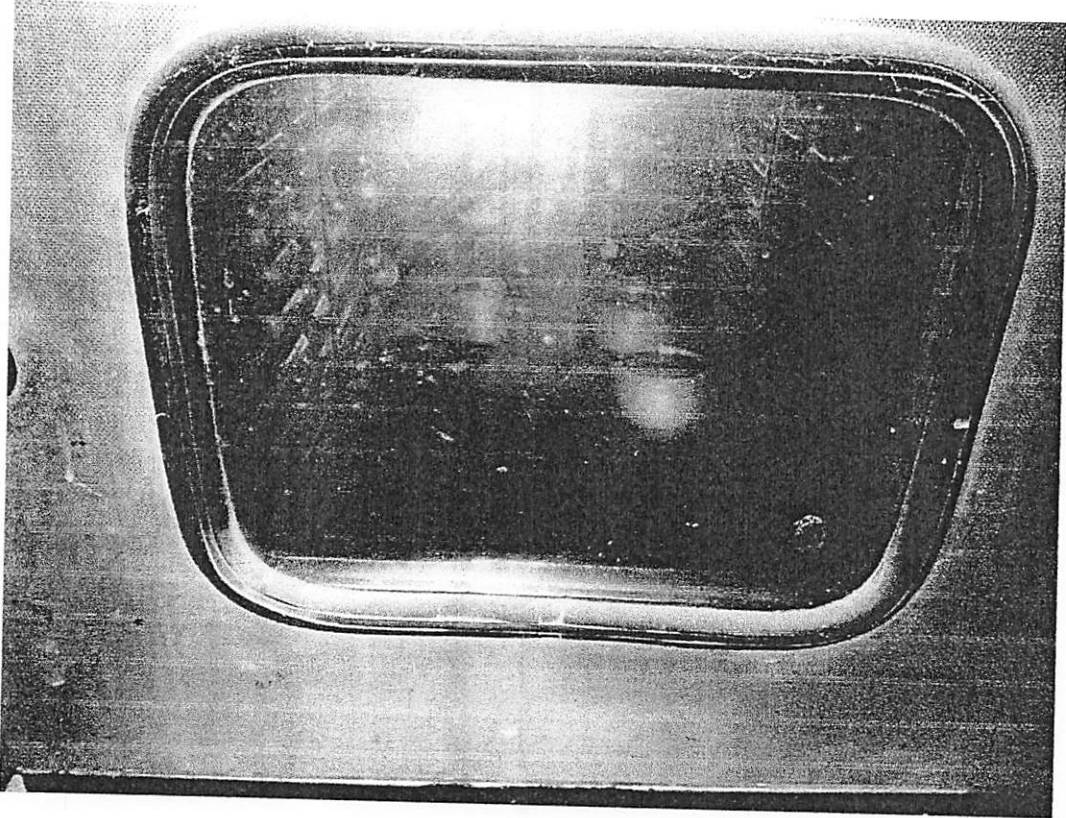
##### **4.2.6.2. Peralatan**

- a. Termometer
- b. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- c. Pinggan logam berdiameter 25 cm, menggantung dalam oven pada poros vertical dan berputar dengan kecepatan 5 – 6 putaran permenit
- d. Cawan
- e. Logam atau gelas berbentuk silinder dengan dasar yang rata berdiameter dalam 15 mm dan tinggi 35 mm
- f. Neraca analitik, dengan kapasitas  $(200 \pm 0,001)$  gram

##### **4.2.5.3. Benda Uji**

- a. Sebelum dilakukan pemanasan lakukan pada benda uji pengujian Penetrasi (AASHTO T 49-80); Titik lembek (AASHTO T 53-89); dan daktilitas (AASHTO T 51-81) sesuai prosedur yang ada.
- b. Persiapan pemanasan. Aduklah contoh minyak atau aspal serta panaskan bila perlu untuk mendapatkan campuran yang merata.

- c. Tuangkan contoh kira-kira ( $50,0 \pm 0,5$ ) gram ke dalam cawan dan setelah dingin timbanglah dengan ketelitian 0,01 gram (A).
- d. Benda uji yang diperiksa harus bebas air.
- e. Siapkan benda uji ganda (duplo)



Gambar 4.10 Alat uji kehilangan berat minyak

#### 4.2.6.4. Cara Pelaksanaan

- a. Letakkan benda uji di atas pinggan setelah oven mencapai suhu ( $163 \pm 1$ )°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.

#### 4.2.6.5. Perhitungan dan Pelaporan

$$\text{Penurunan berat} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

dimana :

A = berat cawan + contoh sebelum diuji (gram)

B = berat cawan + contoh setelah diuji (gram)

**Tabel 4.32. Hasil uji penurunan 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	0.000	0.270
Rata-rata (%)	0.179		

Contoh perhitungan :

Pada Sampel I

A = 74,9 gram

B = 74,7 gram

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

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

Kesimpulan :

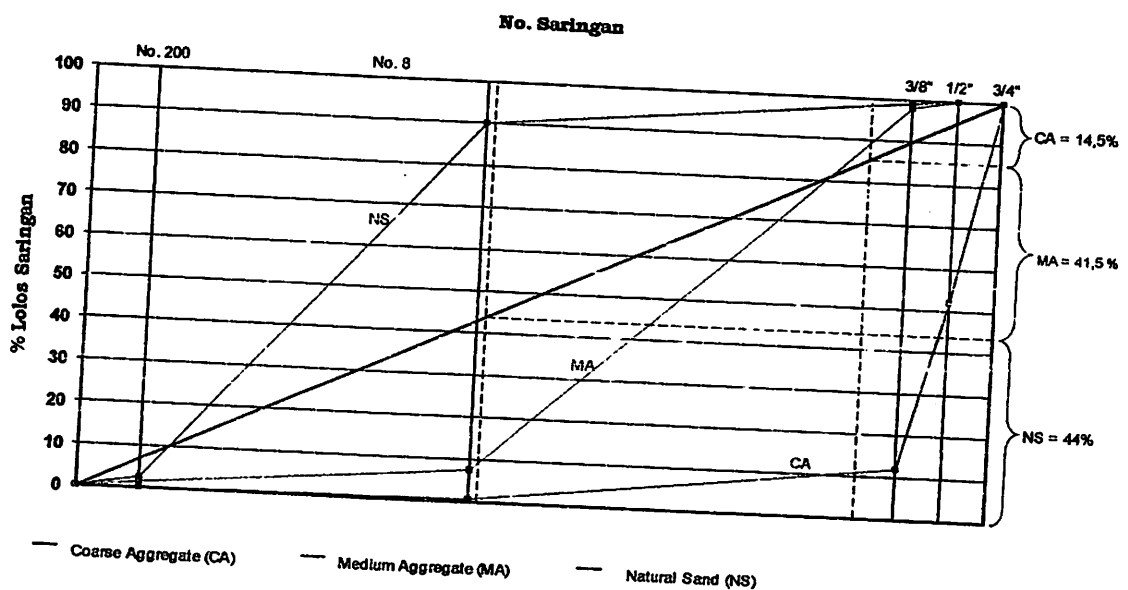
Hasil pengujian penurunan berat minyak dan aspal didapatkan nilai sebesar 0,179%. Dari hasil pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 yaitu maksimum 0,4%. (Silvia Sukirman,116).

### 4.3. Perencanaan Komposisi Campuran

#### 4.3.1 Perhitungan Persentase Agregat Dengan Metode Grafis

Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan persentase agregat yang lolos pada masing – masing ayakan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan metode grafis seperti pada grafik dibawah ini :

**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 %, filler (FF) 8%.

#### 4.3.2 Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal

Variasi kadar aspal berdasarkan Depkimpraswil 2002 dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

- P = kadar aspal tengah / ideal, persen terhadap campuran
- CA = persen agregat tertahan ayakan No.8 (persen agregat kasar ditambah agregat sedang)
- FA = persen agregat tertahan ayakan No.8 dan tertahan ayakan No.200
- Filler = persen agregat minimal 75% lolos saringan No.200
- K = konstanta (0,5 – 1,0)

Berdasarkan rumus diatas, pada penelitian campuran aspal 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 variasi kadar aspal yaitu : 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7%



Tabel 4.33. Gradasi Agregat

Ukuran Saringan	Gradasi 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 4.34. 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{100}{\frac{100-5,26}{2,605} + \frac{5,26}{1,04}}$$

$$= 2,412$$

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

$$= \frac{5 \times 2,161}{1,04}$$

$$= 10,39$$

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

$$= \frac{(100 - 5) \times 1}{2,605}$$

$$= 78,815$$

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

$$= 100 - 10,39 - 78,815$$

$$= 10,795$$

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

$$= 100 - 78,815$$

$$= 21,185$$

$$r = \% \text{ rongga terisi aspal VFB} = \frac{100 \times n}{q}$$

$$= \frac{100 \times 10,39}{21,185}$$

$$= 49,046$$

$$s = \% \text{ rongga dalam campuran VIM} = 100 - \left[ 100x \left( \frac{l}{m} \right) \right]$$

$$= 100 - \left[ 100x \left( \frac{2,161}{2,412} \right) \right]$$

t = Masuk Waterbath (jam)

u = Test (jam)

v = Pembacaan arloji stabilitas

$$= 115$$

w = dari tabel lampiran kalibrasi didapat regresi dari 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 = Stabilitas (kg ; dengan koreksi benda uji) = x x y

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

$$= 1278,29$$

aa = 2,9 mm

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

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

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

Tabel 4.35. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		5 %									
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)	6.94	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*I)/bj aspal	10.390	10.322	10.464	10.609	10.497	9.820	10.607	10.437	10.501	10.478
o	((100-g)*I)/bj 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 waterbath	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	159	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 4.36. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal		5.5 %									
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)	6.66	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*I)/bj aspal	11.953	11.554	11.538	11.599	11.527	11.601	11.654	11.582	11.595	11.588
o	((100-g)*I)/bj 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 4.37. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal		6 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
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*1)/bj aspal	12.610	12.871	12.823	12.939	12.873	12.879	12.989	12.782	12.828	12.819
o	((100-g)*1)/bj 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 4.38. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal		6.5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
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*1)/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)*1)/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 4.39. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60<sup>0</sup>C**

Kadar Aspal		7 %									
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)	6.63	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	538.8	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*1)/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)*1)/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 4.40. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		5 %									
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)	7.27	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*1)/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)*1)/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 4.41. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal		5.5 %									
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)	6.51	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	2.206	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 4.42. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		6 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.61	6.64	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*I)/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)*I)/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 4.43. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal		6.5 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.61	6.49	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*I)/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)*I)/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 4.44. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal		7 %									
No. Benda Uji		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	Diameter (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
b	Tinggi 1 (cm)	6.62	6.64	6.52	6.55	6.54	6.62	6.58	6.61	6.55	6.55
c	Tinggi 2 (cm)	6.54	6.64	6.54	6.59	6.52	6.59	6.56	6.61	6.55	6.51
d	Tinggi 3 (cm)	6.57	6.65	6.53	6.57	6.52	6.59	6.58	6.59	6.53	6.52
e	Tinggi rata-rata (mm)	65.77	66.43	65.30	65.70	65.27	66.00	65.73	66.03	65.43	65.27
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)	1187.7	1179.6	1180.2	1183.8	1184.3	1193.6	1174.2	1185.2	1199.3	1185.9
i	Berat SSD (gram)	1201.2	1194.7	1192.1	1198.0	1196.4	1204.8	1186.9	1196.6	1210.3	1198.9
j	Berat dalam air (gram)	668.0	660.0	662.4	669.6	666.3	671.4	656.3	663.3	678.5	669.2
k	Isi (gram)	533.2	534.7	529.7	528.4	530.1	533.4	530.6	533.3	531.8	529.7
l	Berat isi	2.227	2.206	2.228	2.240	2.234	2.238	2.213	2.222	2.255	2.239
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*1)/bj aspal	14.993	14.849	14.997	15.079	15.037	15.062	14.895	14.958	15.179	15.069
o	((100-g)*1)/bj agregat	79.523	78.759	79.543	79.982	79.759	79.888	79.004	79.341	80.511	79.927
p	Jumlah kandungan rongga (%)	5.484	6.392	5.461	4.939	5.204	5.051	6.101	5.701	4.310	5.004
q	% rongga thd agregat VMA	20.477	21.241	20.457	20.018	20.241	20.112	20.996	20.659	19.489	20.073
r	% rongga terisi aspal	73.217	69.906	73.307	75.327	74.291	74.888	70.943	72.405	77.885	75.071
s	% rongga dlm campuran VIM	5.088	6.000	5.064	4.540	4.806	4.652	5.707	5.305	3.909	4.606
t	Jam Masuk waterbath	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55	15.00
u	Jam Test	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55	15.00
v	Pembacaan arloji stabilitas	79	91	100	69	75	76	78	73	68	57
w	lbf	2356.64	2710.92	2975.97	2060.66	2238.33	2267.92	2327.07	2179.13	2031.02	1704.56
x	kg	1048.28	1205.87	1323.77	916.62	995.65	1008.82	1035.13	969.32	903.44	758.22
y	koreksi (tebal)	0.942	0.925	0.955	0.944	0.956	0.936	0.943	0.935	0.951	0.956
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	988	1115	1264	866	952	945	977	907	859	725
aa	Flow	4.0	4.2	4.3	4.3	4.5	4.3	4.5	4.3	4.2	4.4
ab	Marshall Quotient	247.00	265.48	293.95	201.28	211.46	219.65	217.00	210.85	204.63	164.7



#### 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 konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diizinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

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

$$\begin{aligned} X &= \frac{\text{Jumlah Stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1278,29 + \dots + 1440,15}{10} \\ &= 1397,08 \text{ kg} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{((1278,29 - 1397,08)^2 + \dots + (1440,15 - 1397,08)^2)}{10 - 1}} \\ &= 159,80434 \end{aligned}$$

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

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

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

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$= x - \left( t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left( t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$= 1397,08 - \left( 2,262 x \frac{159,80434}{\sqrt{10}} \right) < \mu < 1397,08 + \left( 2,262 x \frac{159,80434}{\sqrt{10}} \right)$$

$$= 1282,7713 < \mu < 1511,3897$$

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

**Tabel 4.45. 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	< $\mu$ <	1511,3897
Kadar Aspal 5,5%	1766,61	111,51244	0,975	9	2,262	1686,8473	< $\mu$ <	1846,3785
Kadar Aspal 6%	1892,64	35,259488	0,975	9	2,262	1867,4213	< $\mu$ <	1917,864
Kadar Aspal 6,5%	1398,96	67,283597	0,975	9	2,262	1350,8313	< $\mu$ <	1447,0882
Kadar Aspal 7%	1183,62	103,8078	0,975	9	2,262	1109,361	< $\mu$ <	1257,87

**Tabel 4.46. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Stabilitas (kg)	1287,38	1706,21	1895,43	1393,10	1225,97
	1289,25	1833,25	1891,40	1401,38	1249,80
	1388,33	1832,98	1872,83	1351,39	1156,94
	1371,23	1839,66	1907,94	1445,55	1231,13
	1315,35	1796,32	1871,11	1387,47	1250,45
	1450,02	1798,15	1881,13	1411,13	1228,61
	1334,17	1695,69	1899,55	1411,13	1188,86
	1440,15		1890,59		



**Tabel 4.47. 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 4.48. 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	3,6	4,1
	2,9	3,1	3,2	3,5	4,1
	2,9	2,9	3,3	3,6	4
	2,9	3	3,1	3,6	4,1
	3	2,79	3,1	3,5	4
	2,9	3	3,3	3,6	4,1
	2,9	3	3,2	3,5	4,1
	2,9	3	3,2	3,5	4,1

**Tabel 4.49. 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 4.50. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VIM (%)	10,4	8,8	6,22	6,22	6,16
	10,99	8,92	6,58	5,75	6,8
	9,76	8,44	6,21	7,12	5,8
	9,48	8,42	6,16	5,55	6,13
	10	8,01	6,88	6,24	5,71
	9,45	8,57	6,54	5,61	5,61
	9,64	8,48	6,6	5,57	5,62
		8,53			

**Tabel 4.51. 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 4.52. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VMA (%)	21,19	20,74	19,49	20,47	21,38
	21,7	20,85	19,80	20,07	21,91
	20,62	20,44	19,48	21,23	21,08
	20,37	20,42	19,44	19,90	21,35
	25,51	20,06	20,06	20,48	21
	20,83	20,55	19,77	19,95	20,91
	20,35	20,47	19,82	19,92	20,92
	20,52	20,51			

**Tabel 4.53. 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 4.54. Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Marshall Quotient (kg/mm)	515,7	588,35	574,37	403,93	304,83
	478,73	591,37	591,06	386,11	304,37
	453,57	613,22	606,82	401,54	289,24
	500,01	609,03	599,05	385,41	300,28
	496,6	599,38	590,81	391,98	299,66
		581,42		403,18	289,97

**Tabel 4.55. 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 4.56. 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
	1059,76	1505,94	1675,41	1189,43	865,52
	1058,93	1444,43	1666,55	1121,67	951,58
	999,63	1454,85	1623,35	1131,15	944,51
	1061,31	1445,11	1656,22	1160,28	976,51
	1079,11	1487,14	1622,23	1140,88	906,67
	1031,80	1484,28	1657,45	1167,13	859,47

**Tabel 4.57. 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 4.58. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)**

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

**Tabel 4.59. 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 4.60. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)**

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VIM (%)	9,54	7,95	6,74	5,79	5,09
	9,87	8,19	6,51	5,69	5,06
	9,18	7,79	6,25	6,5	4,54
	9,51	8,09	6,29	5,82	4,81
	9,4	7,89	6,21	5,7	4,65
	9,24	7,9	6,65	5,32	5,31
	9,43	7,79	6,81	6,31	4,61
	9,4				

**Tabel 4.61. 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 4.62. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)**

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VMA (%)	20,42	20,01	19,94	20,1	20,48
	20,72	20,22	19,74	20,02	20,46
	20,11	19,87	19,52	20,71	20,02
	20,4	20,13	19,55	20,13	20,24
	20,31	19,96	19,48	20,02	20,11
	20,16	19,96	19,86	19,71	20,66
	20,33	19,87	20	20,55	20,07
	20,3				

**Tabel 4.63. 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 4.64. Validasi Data Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)**

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Marshall Quotient (kg/mm)	365,43	470,61	506,69	312,06	247
	330,92	449,75	492,77	321,47	201,28
	357,01	454,64	505,01	323,65	211,46
	342,36	451,6	491,93	297,67	219,65
	392,17	450,65	491,58	297,51	217
	399,67	478,8	496,81	300,23	210,85
	355,79				204,63

#### 4.6.1. Perhitungan Indeks perendaman Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

Uji Indeks Perendaman (Marshall Imersion Test) dimaksudkan untuk mengukur tingkat durabilitas campuran (merupakan indicator dari tingkat ketahanan campuran) terhadap pengaruh cuaca. Ukuran ini dinyatakan dalam nilai stabilitas sisa yang didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

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

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 4.65. 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)**

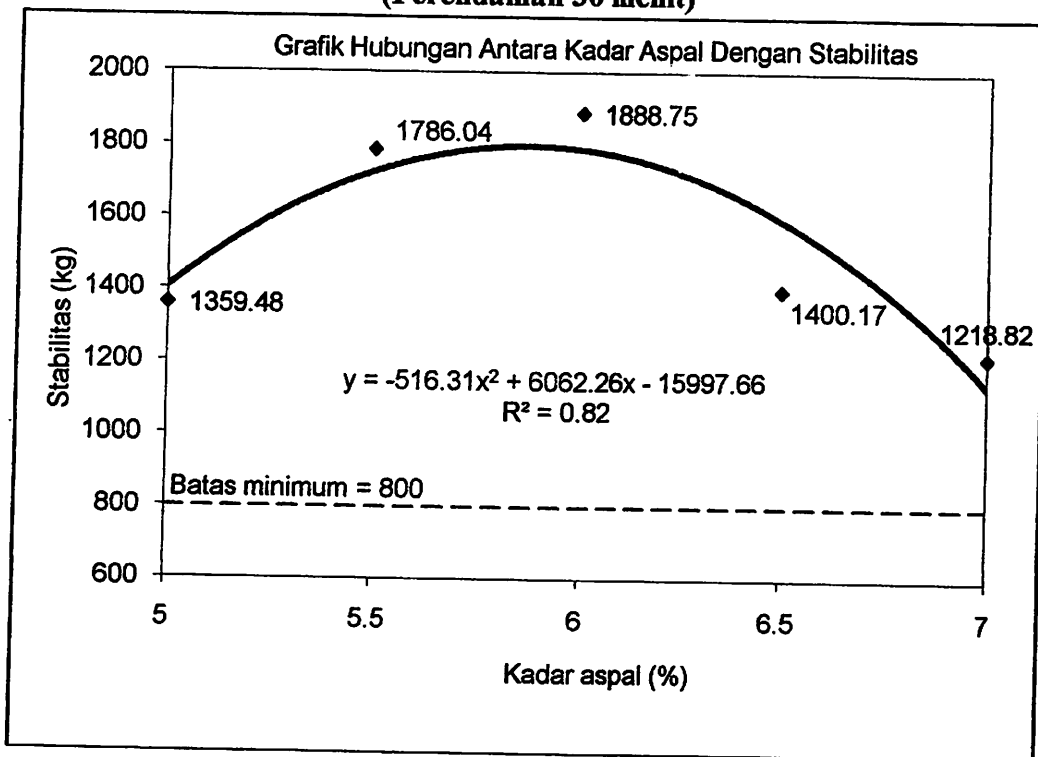
### **4.6.2.1. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel 2007**

Berdasarkan dari tabel 5.12 sampai 5.31. diatas dapat diplotkan data dalam grafik yng menunjukkan hubungan antara lain :

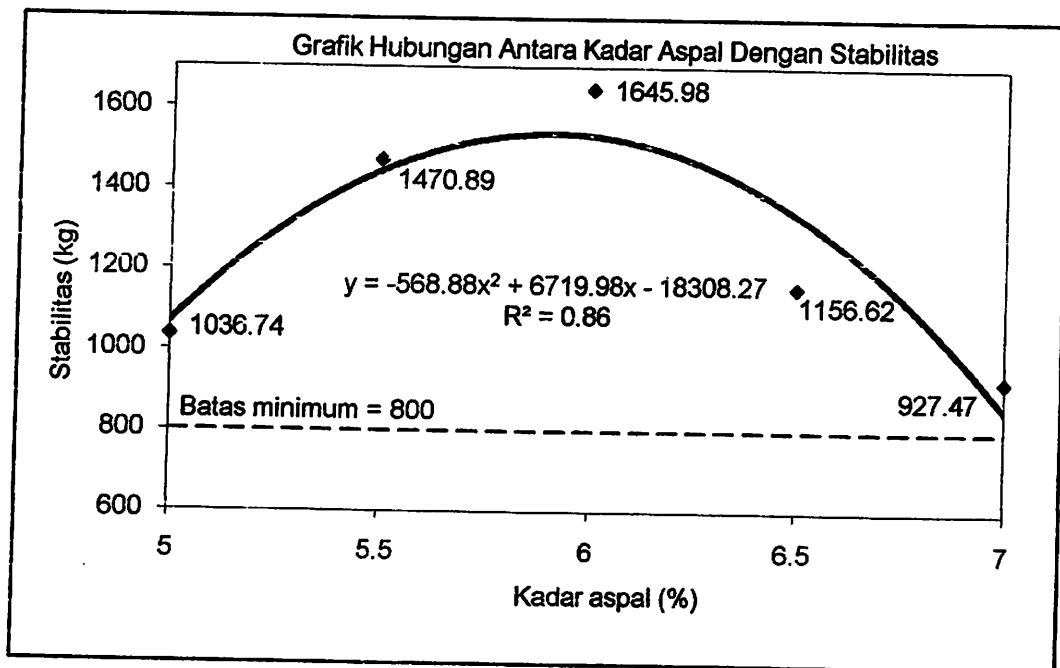
- a. Antara kadar aspal dengan Stabilitas
- b. Antara kadar aspal dengan Flow
- c. Antara kadar aspal dengan VIM
- d. Antara kadar aspal dengan VMA
- e. Antara kadar aspal dengan Marshall Quotient
- f. Antara kadar aspal dengan Indeks Perendaman

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

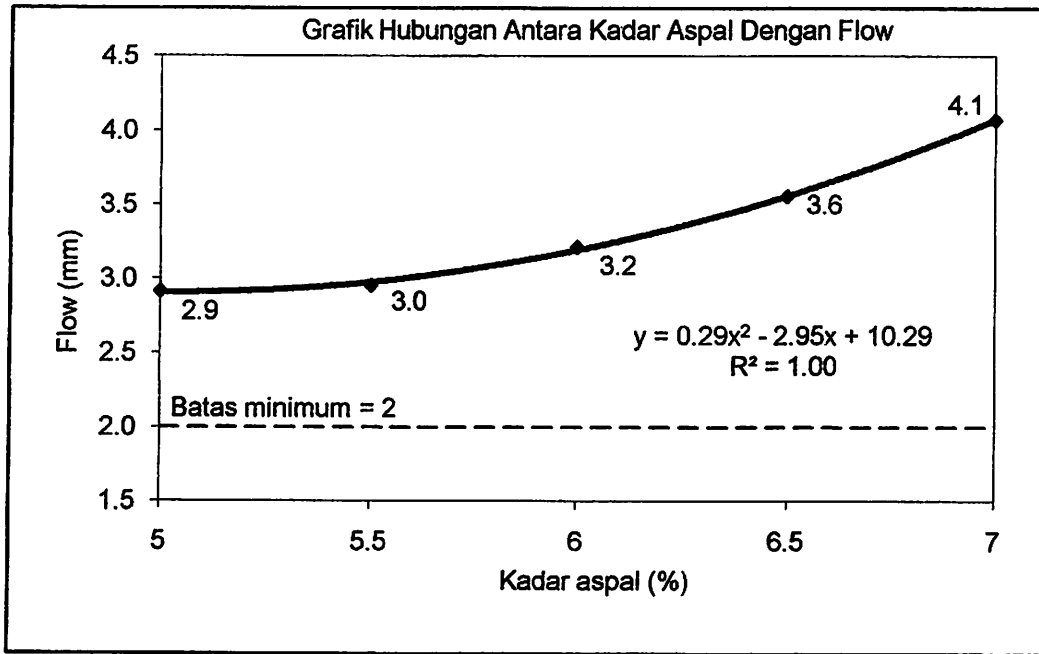
**Grafik 4.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)**



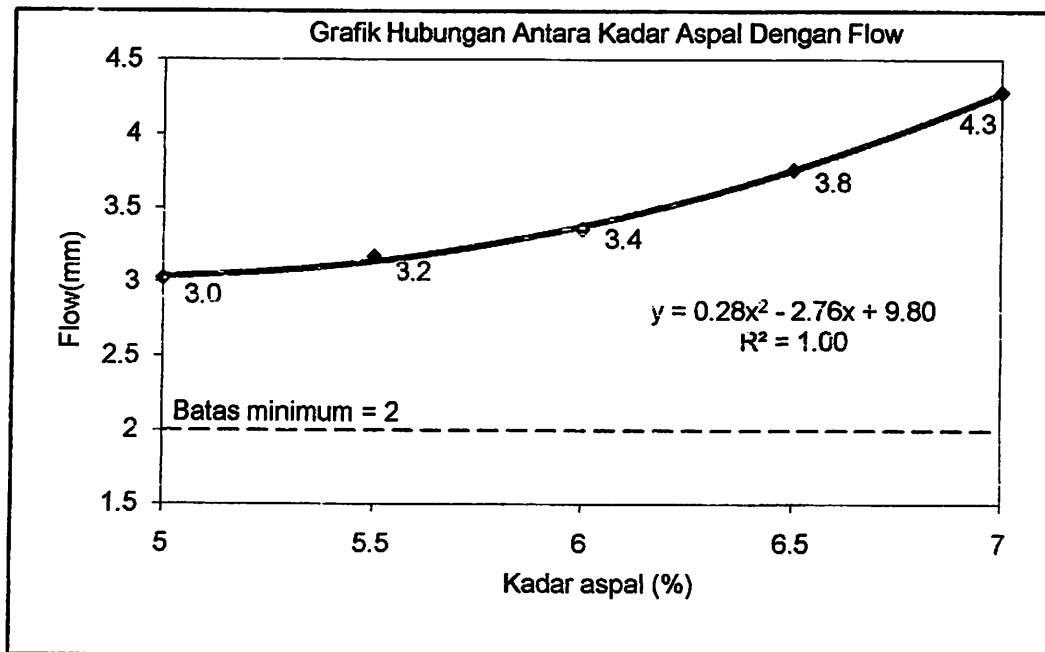
**Grafik 4.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)**



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

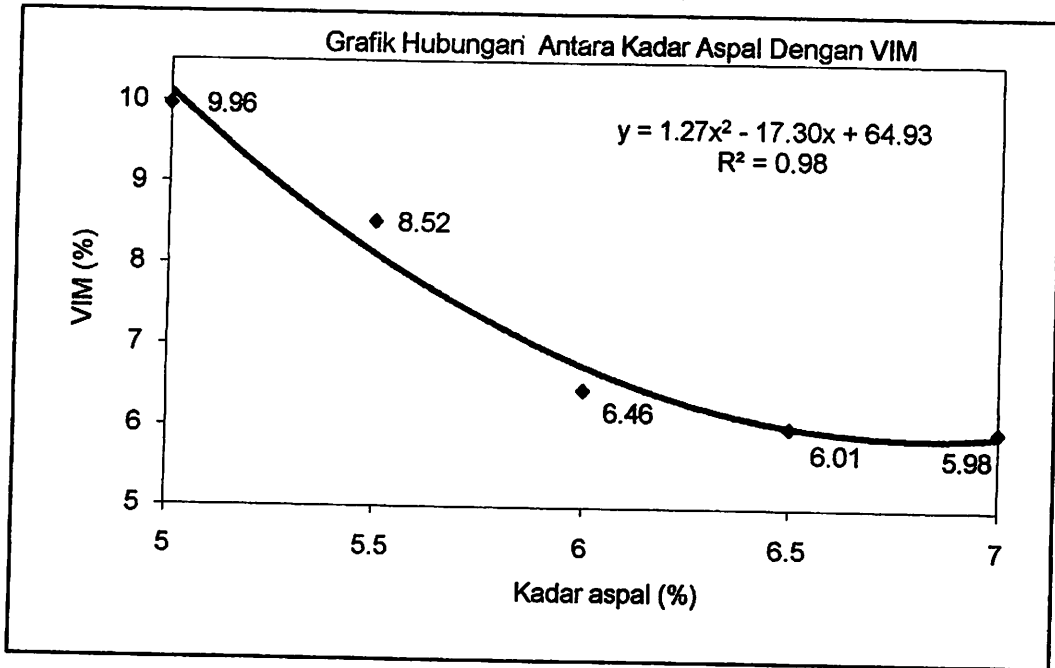


**Grafik 4.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (Perendaman 24 jam)**

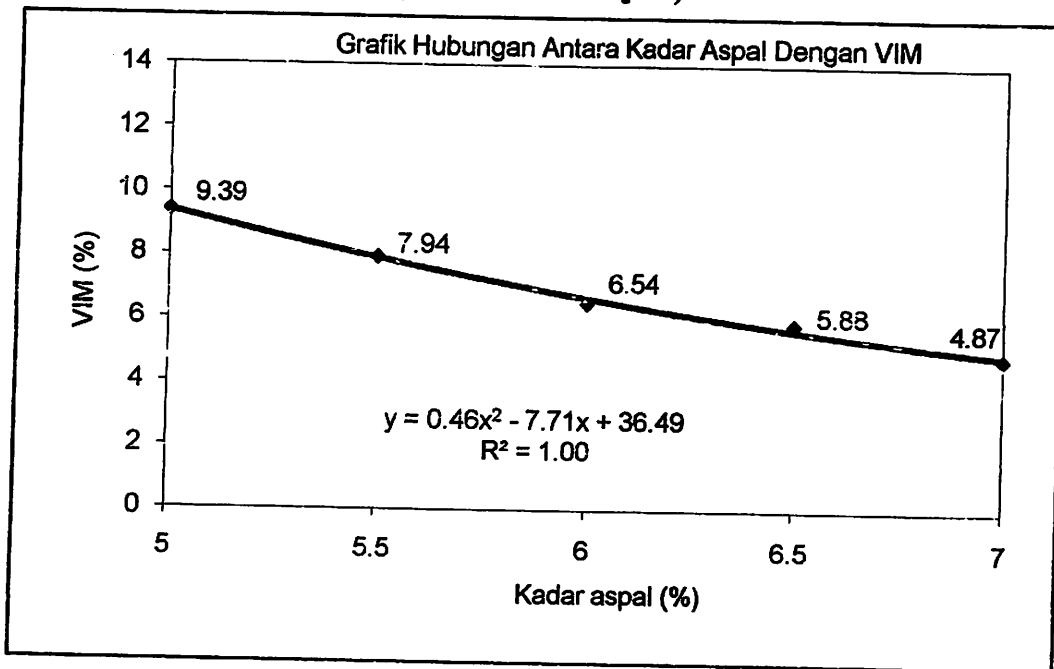




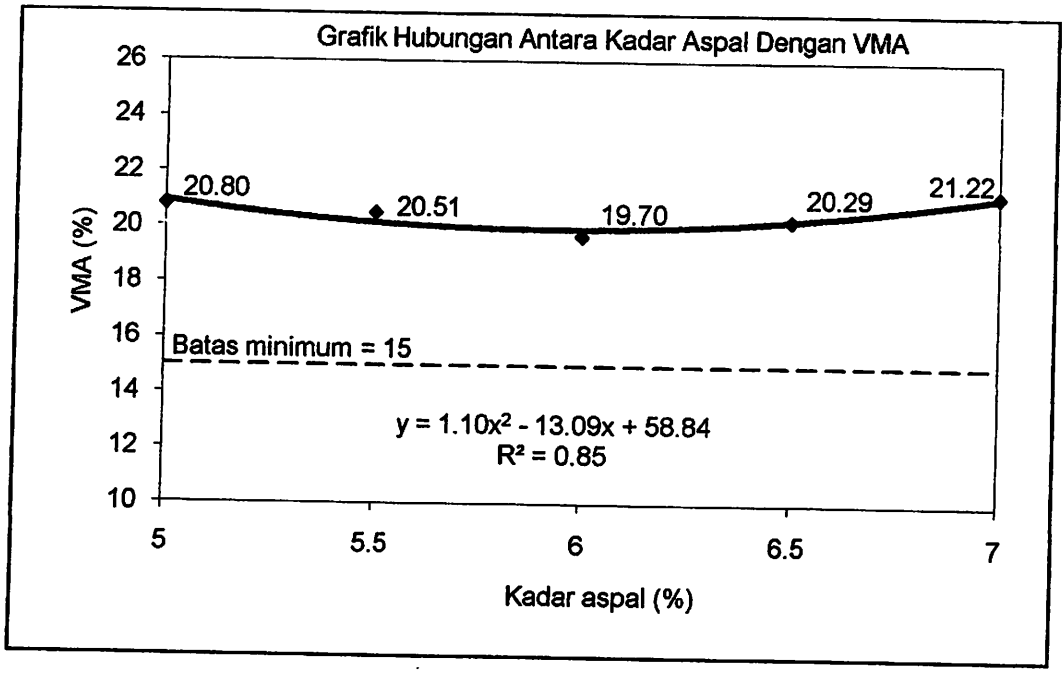
**Grafik 4.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 30 menit)**



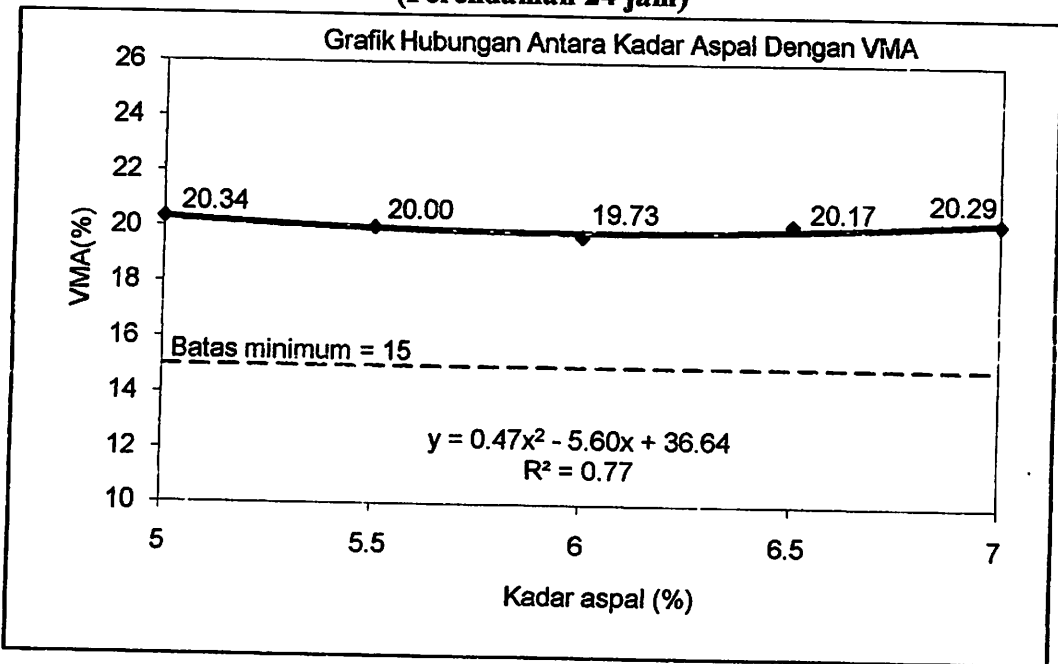
**Grafik 4.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Perendaman 24 jam)**



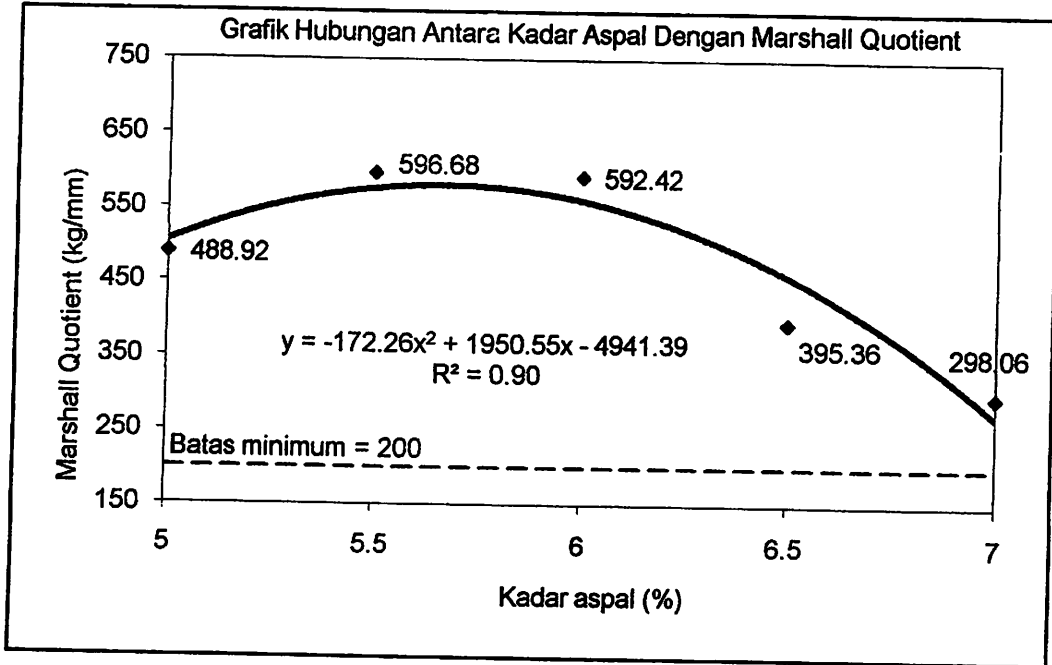
**Grafik 4.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 30 menit)**



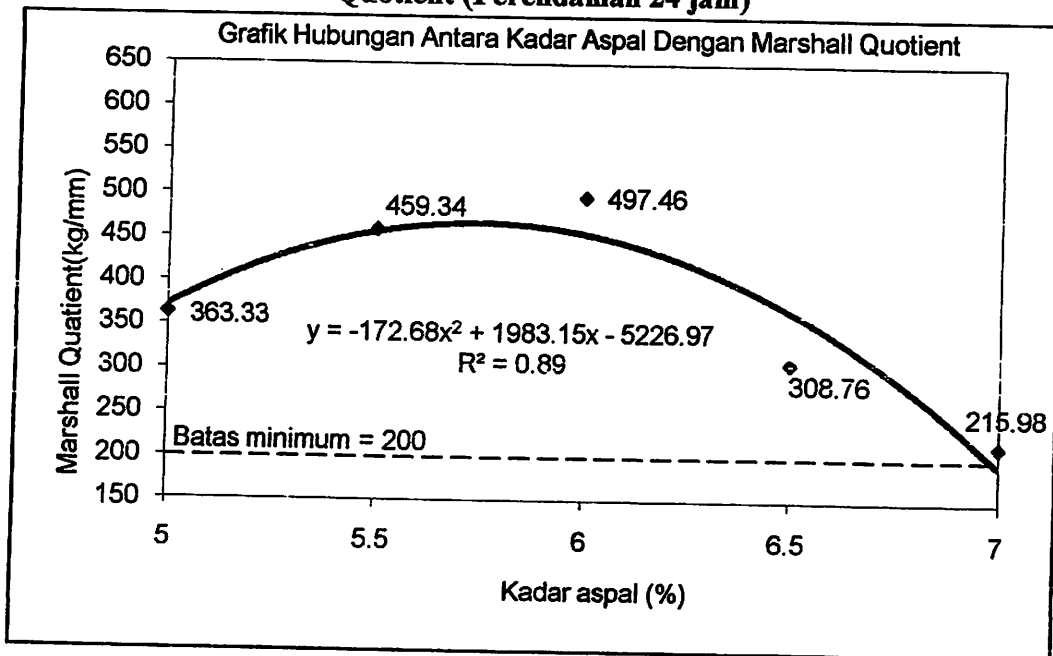
**Grafik 4.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Perendaman 24 jam)**



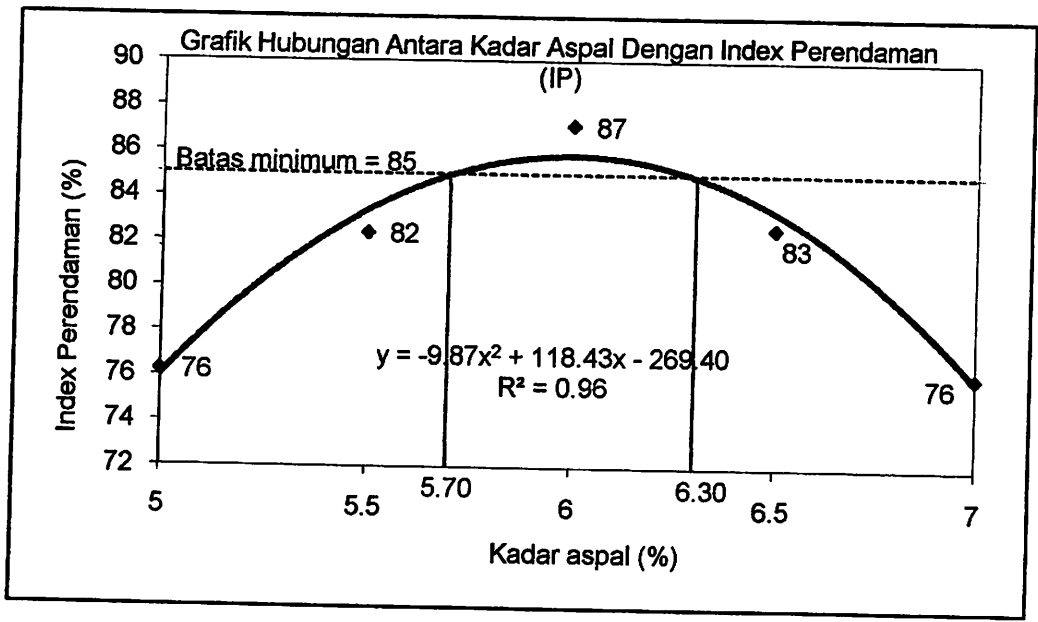
**Grafik 4.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)**



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



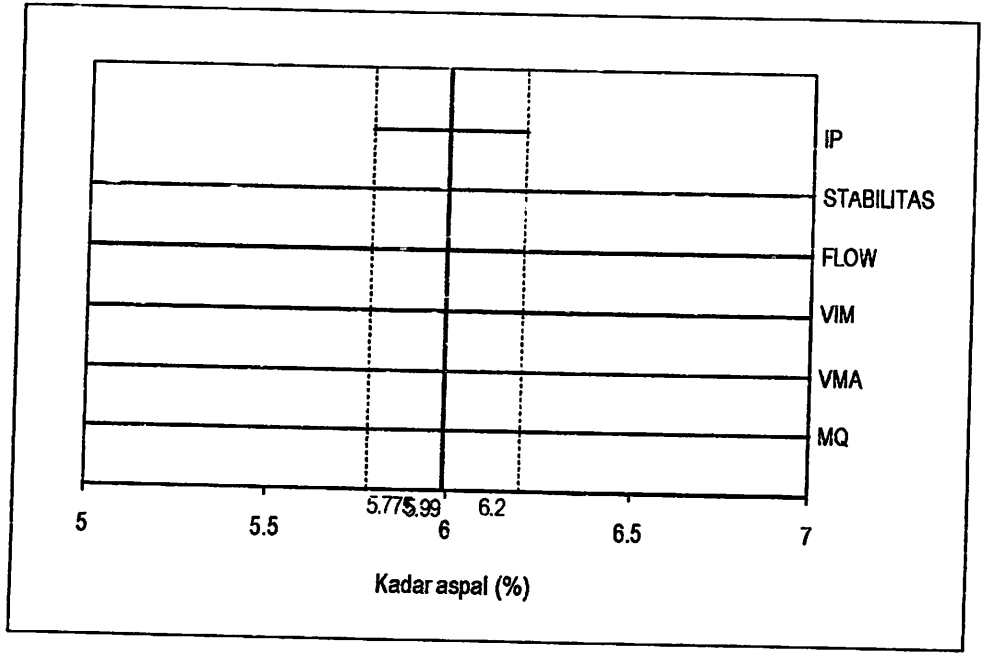
**Grafik 4.12. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP)**



**4.6.2.1.1. Kadar Aspal Optimum**

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh Kadar Aspal Optimum sebagai berikut :

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



## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Perhitungan mencari kadar filler optimum (KAO) menggunakan Lumpur Lapindo**

##### **5.1.1 Data hasil pengujian marshall**

Hasil pengujian marshall dihitung menggunakan software Microsoft Excel 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 cm

$$\begin{aligned}
 e &= \text{Tinggi rata-rata (cm)} = \left( \frac{b+c+d}{3} \right) \times 10 \\
 &= \frac{6,64 + 6,63 + 6,63}{3} \times 10 \\
 &= 66,33 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \% \text{ aspal terhadap agregat} = \frac{\% \text{ aspal} \times 12}{1200 - \% \text{ Aspal} \times 12} \times 100 \\
 &= \frac{6 \times 12}{1200 - 6 \times 12} \times 100 \\
 &= 6,38 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g &= \% \text{ aspal terhadap campuran} \\
 &= 6,00 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= \text{Berat sampel (gram)} \\
 &= 1188,0 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i &= \text{Berat SSD (gram)} \\
 &= 1175,8 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 j &= \text{Berat dalam air (gram)} \\
 &= 646,4 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= \text{Isi (gram)} = i - j \\
 &= 1175,8 - 646,4 \\
 &= 529,40 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l &= \text{Berat isi} = \frac{h}{k} \\
 &= \frac{1188,0}{529,40} \\
 &= 2,244
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \text{Berat jenis maksimum teoritis} = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ aspal}}} \\
 &= \frac{100}{\frac{100 - 5,26}{2,605} + \frac{5,26}{1,04}} \\
 &= 2,402
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{g \times l}{BJ \text{ aspal}} \\
 &= \frac{6 \times 2,244}{1,04} \\
 &= 12,946
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 o &= \frac{(100 - g) \times 1}{BJ \text{ Agregat}} \\
 &= \frac{(100 - 6) \times 1}{2,605} \\
 &= 80,206
 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 r &= \% \text{ rongga terisi aspal VFB} = \frac{100 \times n}{q} \\
 &= \frac{100 \times 12,946}{19,794} \\
 &= 65,405
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 t &= \text{Masuk Waterbath (jam)} \\
 &= 10.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u &= \text{Test (jam)} \\
 &= 10.30
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \text{Pembacaan arloji stabilitas} \\
 &= 115
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 x &= w \times 0,44482 \text{ (kg)} \\
 &= 3416,48 \times 0,44482 \\
 &= 1519,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$





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

$$\begin{aligned} z &= \text{Stabilitas (kg ; dengan koreksi benda uji)} = x \times y \\ &= 1519,72 \times 0,841 \\ &= 1278,29 \end{aligned}$$

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

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

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

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

**Tabel 5.1. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal Optimum		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)	6.64	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*1)/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)*1)/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	5.337	5.902
t	Jam Masuk waterbath	10.00	10.05	10.10	10.15	10.20	10.25	10.30	10.35	10.40	10.45
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 Aspal Optimum		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		15%									
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	6.73	6.61	6.68	6.67	6.69	6.84	6.67	6.81	6.68
c	Tinggi 2 (cm)	6.67	6.66	6.66	6.71	6.68	6.68	6.88	6.68	6.84	6.69
d	Tinggi 3 (cm)	6.67	6.68	6.63	6.72	6.70	6.71	6.88	6.70	6.80	6.71
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.73	66.90	66.33	67.03	66.83	66.93	68.67	66.83	68.17	66.93
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)	1184.3	1183.5	1177.0	1183.2	1178.1	1186.6	1187.1	1182.9	1183.5	1185.4
I	Berat SSD (gram)	1190.7	1190.4	1183.4	1190.6	1185.0	1193.6	1196.1	1189.3	1189.9	1192.9
j	Berat dalam air (gram)	657.7	653.5	650.5	649.7	648.4	654.1	648.2	650.7	648.9	651.6
k	Isi (gram)	533.00	536.90	532.90	540.90	536.60	539.50	547.90	538.60	541.00	541.30
l	Berat isi	2.222	2.204	2.209	2.187	2.195	2.199	2.167	2.196	2.188	2.190
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*1)/bj aspal	12.819	12.717	12.742	12.620	12.666	12.689	12.500	12.671	12.621	12.634
o	$((100-g)*1)/bj$ agregat	79.416	78.786	78.941	78.183	78.470	78.611	77.439	78.497	78.189	78.271
p	Jumlah kandungan rongga (%)	7.77	8.50	8.32	9.20	8.86	8.70	10.06	8.83	9.19	9.10
q	% rongga thd agregat VMA	20.584	21.214	21.059	21.817	21.530	21.389	22.561	21.503	21.811	21.729
r	% rongga terisi aspal	62.276	59.946	60.508	57.845	58.831	59.326	55.404	58.925	57.863	58.143
s	% rongga dlm campuran VIM	7.506	8.240	8.059	8.942	8.608	8.443	9.809	8.576	8.936	8.840
t	Jam Masuk waterbath	11.15	11.20	11.25	11.30	11.35	11.40	11.45	11.50	11.55	12.00
u	Jam Test	11.45	11.50	11.55	12.00	12.05	12.10	12.15	12.20	12.25	12.30
v	Pembacaan arloji stabilitas	144	148	139	140	142	145	141	139	147	145
w	lbf	4263.72	4380.13	4118.06	4147.21	4205.48	4292.83	4176.34	4118.06	4351.04	4292.83
x	kg	1896.59	1948.37	1831.80	1844.76	1870.68	1909.54	1857.72	1831.80	1935.43	1909.54
y	koreksi (tebal)	0.917	0.912	0.927	0.908	0.914	0.911	0.865	0.914	0.878	0.911
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1738.37	1777.07	1698.69	1675.93	1709.58	1739.94	1606.11	1674.04	1699.13	1739.94
aa	Flow	3.4	3.3	3.4	3.3	3.0	3.8	3.4	3.8	3.4	3.6
ab	Marshall Quotient	511.28	538.51	499.61	507.86	569.86	457.88	472.39	440.54	499.74	483.32



**Tabel 5.3. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal Optimum		6%									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		30%									
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)	6.74	6.53	6.51	6.52	6.75	6.65	6.71	6.65	6.63	6.63
c	Tinggi 2 (cm)	6.72	6.52	6.61	6.51	6.71	6.67	6.66	6.65	6.65	6.61
d	Tinggi 3 (cm)	6.73	6.53	6.57	6.57	6.67	6.65	6.69	6.62	6.63	6.63
e	Tinggi rata-rata (mm)	67.30	65.27	65.63	65.33	67.10	66.57	66.87	66.40	66.37	66.23
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)	1186.6	1184.8	1184.7	1188.3	1183.0	1178.9	1180.9	1184.8	1181.8	1178.7
I	Berat SSD (gram)	1211.1	1211.3	1204.8	1207.7	1205.3	1201.5	1204.0	1208.6	1204.9	1201.9
j	Berat dalam air (gram)	665.2	669.7	672.4	673.3	663.2	660.1	661.1	664.9	664.0	658.4
k	Isi (gram)	545.90	541.60	532.40	534.40	542.10	541.40	542.90	543.70	540.90	543.50
l	Berat isi	2.174	2.188	2.225	2.224	2.182	2.178	2.175	2.179	2.185	2.169
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*1)/bj aspal	12.540	12.621	12.838	12.829	12.590	12.563	12.549	12.572	12.605	12.512
o	((100-g)*1)/bj agregat	77.690	78.188	79.532	79.475	77.997	77.827	77.744	77.886	78.091	77.513
p	Jumlah kandungan rongga (%)	9.77	9.19	7.63	7.70	9.41	9.61	9.71	9.54	9.30	9.97
q	% rongga thd agregat VMA	22.310	21.812	20.468	20.525	22.003	22.173	22.256	22.114	21.909	22.487
r	% rongga terisi aspal	56.209	57.861	62.721	62.503	57.219	56.657	56.384	56.850	57.533	55.641
s	% rongga dlm campuran VIM	9.517	8.937	7.371	7.437	9.159	9.357	9.454	9.288	9.050	9.722
t	Jam Masuk waterbath	14.15	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55	15.00
u	Jam Test	14.45	14.50	14.55	15.00	15.05	15.10	15.15	15.20	15.25	15.30
v	Pembacaan arloji stabilitas	132	136	127	126	131	133	131	125	133	133
w	lbf	3913.84	4030.58	3767.77	3738.53	3884.64	3943.04	3884.64	3709.29	3943.04	3943.04
x	kg	1740.96	1792.88	1675.98	1662.97	1727.97	1753.94	1727.97	1649.96	1753.94	1753.94
y	koreksi (tebal)	0.901	0.956	0.946	0.954	0.907	0.921	0.913	0.926	0.926	0.930
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1569.08	1713.52	1585.52	1586.43	1566.71	1615.49	1577.60	1527.12	1624.92	1631.20
aa	Flow	4.0	3.6	3.8	3.7	3.7	3.6	3.9	2.8	3.8	4.0
ab	Marshall Quotient	392.27	475.98	417.24	428.77	423.44	448.75	404.51	545.40	427.61	407.80

**Tabel 5.4. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal Optimum		6 %									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		45%									
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	6.73	6.75	6.67	6.64	6.69	6.88	6.74	6.84	6.78
c	Tinggi 2 (cm)	6.67	6.71	6.77	6.68	6.70	6.65	6.94	6.85	6.82	6.77
d	Tinggi 3 (cm)	6.67	6.72	6.72	6.67	6.72	6.67	6.91	6.82	6.84	6.80
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.63	67.20	67.47	66.73	66.87	65.70	69.10	68.03	68.33	67.83
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)	1184.2	1183.1	1185.9	1190.6	1184.4	1182.8	1185.4	1177.8	1183.1	1184.5
I	Berat SSD (gram)	1197.8	1197.0	1199.3	1203.1	1199.2	1196.0	1204.0	1195.0	1203.0	1199.7
j	Berat dalam air (gram)	651.7	650.4	647.1	657.1	652.8	650.3	642.1	646.8	647.4	653.2
k	Isi (gram)	546.10	546.6	552.2	546	546.4	545.7	561.9	548.2	555.6	546.5
l	Berat isi	2.168	2.164	2.148	2.181	2.168	2.167	2.110	2.148	2.129	2.167
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*1)/bj aspal	12.510	12.487	12.390	12.580	12.506	12.505	12.171	12.395	12.285	12.504
o	((100-g)*1)/bj agregat	77.504	77.361	76.758	77.937	77.475	77.469	75.401	76.790	76.108	77.467
p	Jumlah kandungan rongga (%)	9.99	10.151	10.852	9.482	10.020	10.026	12.428	10.815	11.607	10.029
q	% rongga thd agregat VMA	22.496	22.639	23.242	22.063	22.525	22.531	24.599	23.210	23.892	22.533
r	% rongga terisi aspal	55.612	55.159	53.309	57.021	55.518	55.501	49.478	53.404	51.419	55.494
s	% rongga dlm campuran VIM	9.733	9.899	10.602	9.228	9.767	9.773	12.182	10.565	11.359	9.776
t	Jam Masuk waterbath	10.15	10.20	10.25	10.30	10.35	10.40	10.45	10.50	10.55	11.00
u	Jam Test	10.45	10.50	10.55	11.00	11.05	11.10	11.15	11.20	11.25	11.30
v	Pembacaan arloji stabilitas	125	130	123	122	124	127	123	128	129	128
w	lbf	3709.29	3855.43	3650.78	3621.52	3680.04	3767.77	3650.78	3796.99	3826.22	3796.99
x	kg	1649.96	1714.97	1623.94	1610.92	1636.95	1675.98	1623.94	1688.98	1701.98	1688.98
y	koreksi (tebal)	0.919	0.904	0.897	0.917	0.913	0.917	0.853	0.881	0.873	0.887
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1516.76	1550.30	1456.31	1476.53	1494.51	1537.67	1385.48	1488.82	1486.58	1497.92
aa	Flow	3.1	3.1	3.6	3.9	3.9	4.2	4.1	3.9	4.8	3.9
ab	Marshall Quotient	489.28	500.10	409.08	378.60	383.21	366.11	337.92	381.75	309.70	384.08



**Tabel 5.5. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60°C**

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)	557.0	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*I)/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)*I)/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 dlm 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 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*1)/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)*1)/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 dlm 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 Aspal		6 %									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		15%									
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)	6.74	6.88	6.78	6.84	6.75	6.70	6.98	6.88	6.75	6.84
c	Tinggi 2 (cm)	6.76	6.85	6.81	6.88	6.75	6.65	7.03	6.86	6.82	6.81
d	Tinggi 3 (cm)	6.77	6.82	6.79	6.81	6.77	6.67	6.99	6.89	6.79	6.81
e	Tinggi rata-rata (mm)	67.57	68.50	67.93	68.43	67.57	66.73	70.00	68.77	67.87	68.20
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)	1182.0	1177.0	1184.0	1185.1	1186.8	1189.7	1189.7	1184.8	1183.8	1184.0
I	Berat SSD (gram)	1186.7	1181.4	1188.8	1190.8	1191.1	1188.2	1195.5	1189.0	1188.1	1189.3
j	Berat dalam air (gram)	644.7	634.5	644.0	640.6	647.0	646.9	634.6	636.8	643.8	646.8
k	Isi (gram)	542.00	546.90	544.80	550.20	544.10	541.30	560.90	552.20	544.30	542.50
l	Berat isi	2.181	2.152	2.173	2.154	2.181	2.198	2.121	2.146	2.175	2.182
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*/l)/bj aspal	12.582	12.416	12.538	12.427	12.584	12.680	12.237	12.378	12.548	12.591
o	((100-g)*l)/bj agregat	78.693	77.658	78.421	77.724	78.708	79.308	76.537	77.423	78.480	78.754
p	Jumlah kandungan rongga (%)	8.72	9.93	9.04	9.85	8.71	8.01	11.23	10.20	8.97	8.65
q	% rongga thd agregat VMA	21.307	22.342	21.579	22.276	21.292	20.692	23.463	22.577	21.520	21.246
r	% rongga terisi aspal	59.050	55.574	58.104	55.784	59.102	61.281	52.154	54.827	58.307	59.264
s	% rongga dlm campuran VIM	8.333	9.538	8.649	9.462	8.316	7.616	10.844	9.813	8.581	8.262
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	111	120	115	116	109	111	111	111	114	113
w	lbf	3299.16	3562.97	3416.48	3445.79	3240.46	3299.16	3299.16	3299.16	3387.16	3357.83
x	kg	1467.53	1584.88	1519.72	1532.76	1441.42	1467.53	1467.53	1467.53	1506.68	1493.63
y	koreksi (tebal)	0.894	0.869	0.884	0.871	0.894	0.917	0.830	0.862	0.886	0.877
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1312.08	1377.25	1343.71	1334.68	1288.74	1345.11	1218.49	1264.89	1334.88	1309.93
aa	Flow	3.4	2.6	3.5	4.5	3.4	3.7	3.9	3.8	3.9	4.1
ab	Marshall Quotient	385.91	529.71	383.92	296.59	379.04	363.54	312.43	332.86	342.28	319.50



**Tabel 5.8. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C**

Kadar Aspal		6 %									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		30%									
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)	6.69	6.66	6.52	6.78	6.64	6.71	6.73	6.73	6.74	6.70
c	Tinggi 2 (cm)	6.68	6.70	6.54	6.78	6.63	6.75	6.70	6.72	6.74	6.71
d	Tinggi 3 (cm)	6.68	6.68	6.53	6.83	6.64	6.74	6.71	6.69	6.74	6.67
e	Tinggi rata-rata (mm)	66.83	66.80	65.30	67.97	66.37	67.33	67.13	67.13	67.40	66.93
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)	1185.4	1183.3	1166.5	1177.2	1174.2	1178.9	1182.7	1182.8	1186.5	1179.1
i	Berat SSD (gram)	1218.9	1218.0	1197.2	1212.0	1206.1	1212.6	1217.0	1213.2	1218.3	1212.2
j	Berat dalam air (gram)	669.0	664.6	659.4	657.0	659.4	660.3	664.6	664.3	667.7	663.3
k	Isi (gram)	549.90	553.40	537.80	555.00	546.70	552.30	552.40	548.90	550.60	548.90
l	Berat isi	2.156	2.138	2.169	2.121	2.148	2.135	2.141	2.155	2.155	2.148
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)/bj aspal	12.437	12.336	12.514	12.237	12.391	12.315	12.352	12.432	12.432	12.393
o	((100-g)*1)/bj agregat	77.786	77.157	78.268	76.538	77.502	77.023	77.258	77.757	77.759	77.514
p	Jumlah kandungan rongga (%)	9.78	10.51	9.22	11.22	10.11	10.66	10.39	9.81	9.81	10.09
q	% rongga thd agregat VMA	22.214	22.843	21.732	23.462	22.498	22.977	22.742	22.243	22.241	22.486
r	% rongga terisi aspal	55.985	54.004	57.581	52.157	55.077	53.596	54.313	55.891	55.898	55.113
s	% rongga dlm campuran VIM	9.390	10.122	8.828	10.843	9.720	10.278	10.005	9.424	9.421	9.707
t	Jam Masuk waterbath	15.05	15.10	15.15	15.20	15.25	15.30	15.35	15.40	15.45	15.50
u	Jam Test	15.05	15.10	15.15	15.20	15.25	15.30	15.35	15.40	15.45	15.50
v	Pembacaan arloji stabilitas	96	105	100	101	95	98	97	96	101	98
w	lbf	2858.24	3122.98	2975.97	3005.38	2828.79	2917.12	2887.68	2858.24	3005.38	2917.12
x	kg	1271.40	1389.16	1323.77	1336.85	1258.30	1297.59	1284.50	1271.40	1336.85	1297.59
y	koreksi (tebal)	0.914	0.915	0.955	0.883	0.926	0.900	0.906	0.906	0.899	0.911
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1161.91	1270.78	1264.01	1180.82	1165.74	1168.32	1163.47	1151.61	1201.26	1182.34
aa	Flow	3.9	3.9	3.8	3.9	4.4	3.4	3.9	3.9	3.9	4.1
ab	Marshall Quotient	297.92	325.84	332.63	302.77	264.94	343.62	298.33	295.28	308.02	288.38

Tabel 5.9. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C

Kadar Aspal		6 %									
Kadar Filler Lumpur Lapindo		45%									
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)	6.83	6.68	6.64	6.74	6.73	6.79	6.74	6.72	6.78	6.90
c	Tinggi 2 (cm)	6.83	6.72	6.67	6.69	6.72	6.77	6.81	6.71	6.76	6.89
d	Tinggi 3 (cm)	6.79	6.72	6.64	6.70	6.75	6.77	6.76	6.75	6.82	6.92
e	Tinggi rata-rata (mm)	68.17	67.07	66.50	67.10	67.33	67.77	67.70	67.27	67.87	69.03
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)	1191.3	1188.2	1186.7	1182.1	1188.0	1185.0	1169.0	1184.9	1184.2	1183.0
I	Berat SSD (gram)	1227.2	1219.7	1217.4	1212.7	1220.9	1218.0	1203.4	1215.3	1216.4	1218.1
j	Berat dalam air (gram)	653.6	656.1	656.9	652.9	663.1	661.1	647.9	664.4	660.5	655.0
k	Isi (gram)	573.60	563.6	560.5	559.8	557.8	556.9	555.5	550.9	555.9	563.1
l	Berat isi	2.077	2.108	2.117	2.112	2.130	2.128	2.104	2.151	2.130	2.101
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*I)/bj aspal	11.982	12.163	12.215	12.183	12.287	12.276	12.141	12.409	12.290	12.120
o	((100-g)*I)/bj agregat	74.943	76.074	76.399	76.198	76.853	76.782	75.936	77.612	76.869	75.809
p	Jumlah kandungan rongga (%)	13.07	11.763	11.387	11.620	10.860	10.942	11.923	9.979	10.842	12.071
q	% rongga thd agregat VMA	25.057	23.926	23.601	23.802	23.147	23.218	24.064	22.388	23.131	24.191
r	% rongga terisi aspal	47.819	50.836	51.754	51.182	53.083	52.874	50.453	55.426	53.130	50.102
s	% rongga dlm campuran VIM	12.701	11.383	11.006	11.240	10.477	10.559	11.544	9.592	10.458	11.693
t	Jam Masuk waterbath	11.05	11.10	11.15	11.20	11.25	11.30	11.35	11.40	11.45	11.50
u	Jam Test	11.05	11.10	11.15	11.20	11.25	11.30	11.35	11.40	11.45	11.50
v	Pembacaan arloji stabilitas	75	79	80	90	90	95	75	110	96	85
w	lbf	2238.33	2356.64	2386.20	2681.43	2681.43	2828.79	2238.33	3269.81	2858.24	2533.90
x	kg	995.65	1048.28	1061.43	1192.75	1192.75	1258.30	995.65	1454.48	1271.40	1127.13
y	koreksi (tebal)	0.878	0.908	0.923	0.907	0.900	0.889	0.890	0.902	0.886	0.855
z	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	874.09	951.40	979.55	1081.45	1073.93	1118.22	886.60	1312.20	1126.43	963.59
aa	Flow	4.2	4.2	4.9	4.1	4.3	3.4	4.2	4.2	4.2	5.6
ab	Marshall Quotient	208.12	226.52	199.91	263.77	249.75	328.89	211.10	312.43	268.20	172.07

Tabel 5.10. Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60°C

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*I)/bj aspal	11.817	11.850	11.770	11.871	11.862	11.882	11.885	11.883	11.755	11.949
o	((100-g)*I)/bj 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 dlm 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.

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

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

$$= \frac{1914,66 + \dots + 1929,24}{10}$$

$$= 1881,70 \text{ kg}$$

$$s = \sqrt{\frac{((1914,66 - 1881,70)^2 + \dots + (1929,24 - 1881,70)^2)}{10 - 1}}$$

$$= 78,47$$

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

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

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

Dimana :

X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned} &= x - \left( t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left( t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\ &= 1881,70 - \left( 2,262 \times \frac{78,47}{\sqrt{10}} \right) < \mu < 1881,70 + \left( 2,262 \times \frac{78,47}{\sqrt{10}} \right) \\ &= 1825,57 < \mu < 1937,83 \end{aligned}$$

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

**Tabel 5.11. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 30 menit)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar filler 0%	1881,7	78,47	0,975	9	2,262	1825,57	< $\mu$ <	1937,83
Kadar filler 15%	1705,88	47,63	0,975	9	2,262	1671,81	< $\mu$ <	1739,95
Kadar filler 30%	1599,76	50,54	0,975	9	2,262	1563,60	< $\mu$ <	1635,91
Kadar filler 45%	1489,09	45,89	0,975	9	2,262	1456,26	< $\mu$ <	1521,91
Kadar filler 100%	1173,47	112,95	0,975	9	2,262	1092,67	< $\mu$ <	1254,26

**Tabel 5.12. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
Stabilitas (Kg)	1890.71	1738.368	1569.085	1516.764	1178.494
	1835.039	1698.688	1585.52	1456.308	1149.14
	1894.357	1675.932	1586.431	1476.534	1230.999
	1918.35	1709.578	1566.715	1494.508	1188.861
	1889.59	1739.937	1615.494	1488.819	1184.695
	1837.84	1674.041	1577.6	1486.578	1181.289
	1917.331	1699.127	1624.923	1497.915	1139.718
		1739.937	1631.196		

**Tabel 5.13. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 30 menit)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar filler 0%	3.20	0.1943651	0,975	9	2,262	3.0609693	< $\mu$ <	3.3390307
Kadar filler 15%	3.44	0.2412928	0,975	9	2,262	3.2674015	< $\mu$ <	3.6125985
Kadar filler 30%	3.69	0.3446415	0,975	9	2,262	3.4434754	< $\mu$ <	3.9365246
Kadar filler 45%	3.85	0.5062323	0,975	9	2,262	3.4838884	< $\mu$ <	4.2081116
Kadar filler 100%	5.21	0.1911951	0,975	9	2,262	5.0732368	< $\mu$ <	5.3467632

**Tabel 5.14. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
Flow (mm)	3.2	3.4	3.6	3.56	5.2
	3.3	3.3	3.8	3.9	5.2
	3.1	3.4	3.7	3.9	5.1
	3.2	3.3	3.7	4.2	5.3
	3.1	3.4	3.6	4.1	5.1
	3.3	3.4	3.9	3.9	5.1
	3.3	3.6	3.8	3.9	5.2

**Tabel 5.15. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 30 menit)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
						$< \mu <$	$< \mu <$	
Kadar filler 0%	6.7	1.3100382	0,975	9	2,262	5.7608108	$< \mu <$	7.6349703
Kadar filler 15%	8.6	0.6138849	0,975	9	2,262	8.1569261	$< \mu <$	9.0351587
Kadar filler 30%	8.93	0.8355216	0,975	9	2,262	8.3314668	$< \mu <$	9.5267761
Kadar filler 45%	10.29	0.8999702	0,975	9	2,262	9.6446522	$< \mu <$	10.932163
Kadar filler 100%	12.75	0.7259165	0,975	9	2,262	12.228395	$< \mu <$	13.266902

**Tabel 5.16. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
VIM (%)	6.586519	8.240316	9.516727	9.7328084	12.65764
	6.719212	8.941974	8.936688	9.8991522	12.27016
	6.690978	8.607925	9.158899	10.601812	12.32491
	6.46437	8.443339	9.356688	9.7671326	12.84214
	6.540604	8.576313	9.453779	9.7734373	12.37135
	6.801097	8.935722	9.288413	10.564576	12.74301
	5.815672	8.840078	9.049717	9.7760265	12.30278
	5.901832				

**Tabel 5.17. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 30 menit)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
						$< \mu <$	$< \mu <$	
Kadar filler 0%	19.89	1.1248096	0,975	9	2,262	19.085455	$< \mu <$	20.694624
Kadar filler 15%	21.52	0.5270867	0,975	9	2,262	21.142779	$< \mu <$	21.896837
Kadar filler 30%	21.81	0.7173857	0,975	9	2,262	21.292642	$< \mu <$	22.318944
Kadar filler 45%	22.97	0.7727218	0,975	9	2,262	22.420153	$< \mu <$	23.52562
Kadar filler 100%	25.08	0.6232779	0,975	9	2,262	24.638576	$< \mu <$	25.530247



**Tabel 5.18. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
VMA (%)	19.79442	21.21438	22.31032	22.49585	25.00713
	19.90835	21.81683	21.81229	22.63867	24.67443
	19.8841	21.53001	22.00308	23.24198	24.72144
	19.64838	21.3887	22.1729	22.52532	25.16555
	19.75499	21.50287	22.25627	22.53073	24.76132
	19.97865	21.81146	22.11428	23.21001	25.08043
	19.13256	21.72934	21.90934	22.53295	24.70245
	19.20654				

**Tabel 5.19. Interval Kepercayaan Data MQ (Perendaman 30 menit)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar filler 0%	587.57	33.191519	0,975	9	2,262	563.82651	< $\mu$ <	611.31078
Kadar filler 15%	498.10	37.811148	0,975	9	2,262	471.05169	< $\mu$ <	525.14487
Kadar filler 30%	437.18	44.778922	0,975	9	2,262	405.14553	< $\mu$ <	469.2069
Kadar filler 45%	393.98	59.807541	0,975	9	2,262	351.20149	< $\mu$ <	436.76302
Kadar filler 100%	223.47	23.362744	0,975	9	2,262	206.75492	< $\mu$ <	240.178

**Tabel 5.20. Data Pengujian MQ setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
Marshall Quotient (Kg/mm)	590.847	511.2847	417.2422	409.0752	226.6334
	578.8943	499.6142	428.7651	378.5984	220.9885
	591.9864	507.858	423.4365	383.2071	224.3133
	609.5452	472.3864	448.7483	366.1111	232.2932
	581.0094	499.7432	427.6112	381.7483	231.6252
		483.3157	407.799	384.0808	211.0588
					217.4593



**Tabel 5.21. Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Perendaman 24 jam)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar filler 0%	1641.12	43.53959	0,975	9	2,262	1609.9792	$< \mu <$	1672.2675
Kadar filler 15%	1312.97	45.819813	0,975	9	2,262	1280.1995	$< \mu <$	1345.7499
Kadar filler 30%	1191.03	42.538956	0,975	9	2,262	1160.5981	$< \mu <$	1221.4549
Kadar filler 45%	1036.75	132.85055	0,975	9	2,262	941.71695	$< \mu <$	1131.7749
Kadar filler 100%	667.10	79.422749	0,975	9	2,262	610.28429	$< \mu <$	723.90762

**Tabel 5.22. Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
Stabilitas (Kg)	1672.21	1312.08	1161.91	951.4	657.32
	1623.96	1343.71	1180.82	979.55	697.69
	1612.66	1334.68	1165.74	1081.45	677.95
	1626.62	1288.74	1168.32	1073.93	625.88
	1614.71	1345.11	1163.47	1118.22	682.95
	1627.87	1334.88	1201.26	1126.43	706.39
	1634.08	1309.93	1182.34	963.59	672.86

**Tabel 5.23. Interval Kepercayaan Data Flow (Perendaman 24 jam)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar filler 0%	3.15	0.1354006	0,975	9	2,262	3.0531469	$< \mu <$	3.2468531
Kadar filler 15%	3.68	0.5072803	0,975	9	2,262	3.3171387	$< \mu <$	4.0428613
Kadar filler 30%	3.91	0.2469818	0,975	9	2,262	3.7333322	$< \mu <$	4.0866678
Kadar filler 45%	4.33	0.5716448	0,975	9	2,262	3.9210984	$< \mu <$	4.7389016
Kadar filler 100%	6.31	0.3034981	0,975	9	2,262	6.0929056	$< \mu <$	6.5270944

**Tabel 5.24. Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
Flow (mm)	3.1	3.4	3.9	4.2	6.1
	3.1	3.5	3.9	4.2	6.2
	3.2	3.4	3.8	4.1	6.4
	3.1	3.7	3.9	4.3	6.4
	3.2	3.9	3.9	4.2	6.1
	3.1	3.8	3.9	4.2	6.4
	3.1	3.9	3.9	4.2	6.4
	3.1				

**Tabel 5.25. Interval Kepercayaan Data VIM (Perendaman 24 jam)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar filler 0%	7.20	0.7572596	0,975	9	2,262	6.6539018	< $\mu$ <	7.7372483
Kadar filler 15%	8.94	0.9546866	0,975	9	2,262	8.25857	< $\mu$ <	9.6243584
Kadar filler 30%	9.77	0.5646347	0,975	9	2,262	9.3700121	< $\mu$ <	10.177787
Kadar filler 45%	11.07	0.8547239	0,975	9	2,262	10.453996	< $\mu$ <	11.676776
Kadar filler 100%	13.65	0.421873	0,975	9	2,262	13.344148	< $\mu$ <	13.947685

**Tabel 5.26. Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
VIM (%)	7.672075	8.332663	9.389687	11.3834192	13.90303
	7.448633	9.538254	10.12226	11.0057903	13.66525
	6.839215	8.649479	9.720441	11.239907	13.50921
	6.880406	9.462012	10.00521	10.5588123	13.57513
	6.942229	8.315644	9.423714	11.5440862	13.42867
	6.89743	8.581008	9.420908	10.4584088	13.40936
	7.484182	8.262186	9.707052	10.4770559	13.42141

**Tabel 5.27. Interval Kepercayaan Data VMA (Perendaman 24 jam)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
						$< \mu <$		
Kadar filler 0%	20.33	0.6500825	0,975	9	2,262	19.865438	$< \mu <$	20.795455
Kadar filler 15%	21.83	0.8195671	0,975	9	2,262	21.242993	$< \mu <$	22.415477
Kadar filler 30%	22.54	0.4847204	0,975	9	2,262	22.197129	$< \mu <$	22.890577
Kadar filler 45%	23.65	0.7337524	0,975	9	2,262	23.127694	$< \mu <$	24.17741
Kadar filler 100%	25.87	0.3621641	0,975	9	2,262	25.608794	$< \mu <$	26.126911

**Tabel 5.28. Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
VMA (%)	20.73951	21.3066	22.21402	23.92557	26.08857
	20.54769	22.34156	22.84291	23.60139	25.88445
	20.02452	21.57858	22.49796	23.80237	25.75049
	20.05988	22.27611	22.74243	23.14749	25.80709
	20.11296	21.29199	22.24323	23.21768	25.68136
	20.0745	21.5198	22.24082	24.0635	25.66478
	20.57821	21.2461	22.48647	23.13148	25.67512

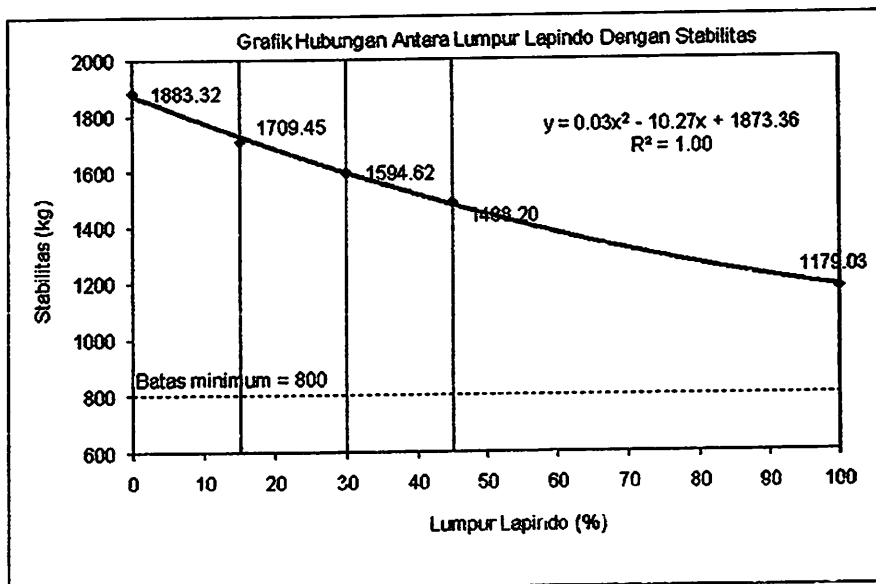
**Tabel 5.29. Interval Kepercayaan Data MQ (Perendaman 24 jam)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
						$< \mu <$		
Kadar filler 0%	521.85	26.183658	0,975	9	2,262	503.11975	$< \mu <$	540.57847
Kadar filler 15%	364.58	65.983008	0,975	9	2,262	317.38004	$< \mu <$	411.77629
Kadar filler 30%	305.77	23.01648	0,975	9	2,262	289.31036	$< \mu <$	322.23807
Kadar filler 45%	244.07	50.212406	0,975	9	2,262	208.15744	$< \mu <$	279.99204
Kadar filler 100%	105.82	12.975295	0,975	9	2,262	96.542887	$< \mu <$	115.10553

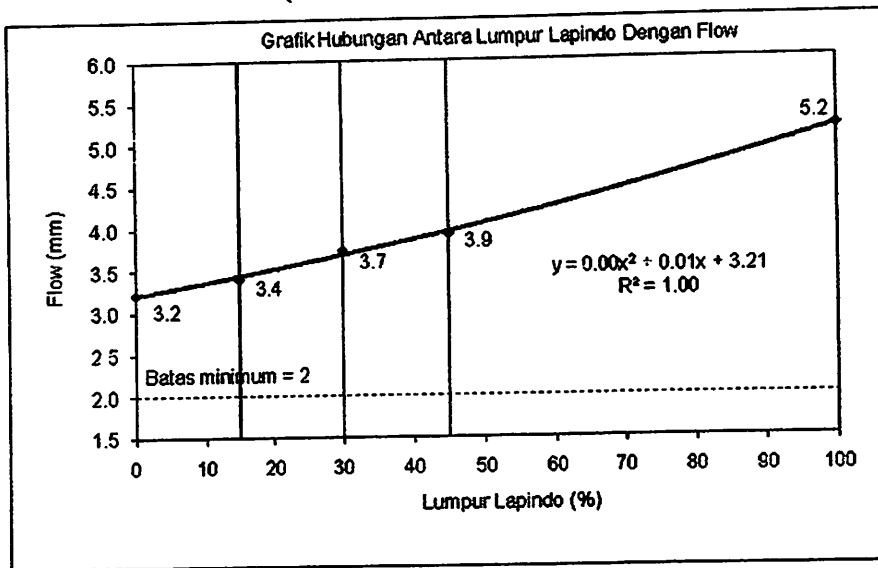
**Tabel 5.30. Data Pengujian MQ setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)**

	Kadar Lumpur (%)				
	0	15	30	45	100
Marshall Quotient (Kg/mm)	508.7859	385.9061	297.925	226.52418	107.7569
	533.5654	383.916	302.7749	263.76784	112.5308
	523.8577	379.0399	298.3265	249.7508	99.69846
	503.9547	363.542	295.2848	211.09594	97.79363
	520.8739	332.8647	308.0166	268.19815	106.7103
	525.1189	342.2771			110.3733
	527.124	319.4961			105.1343

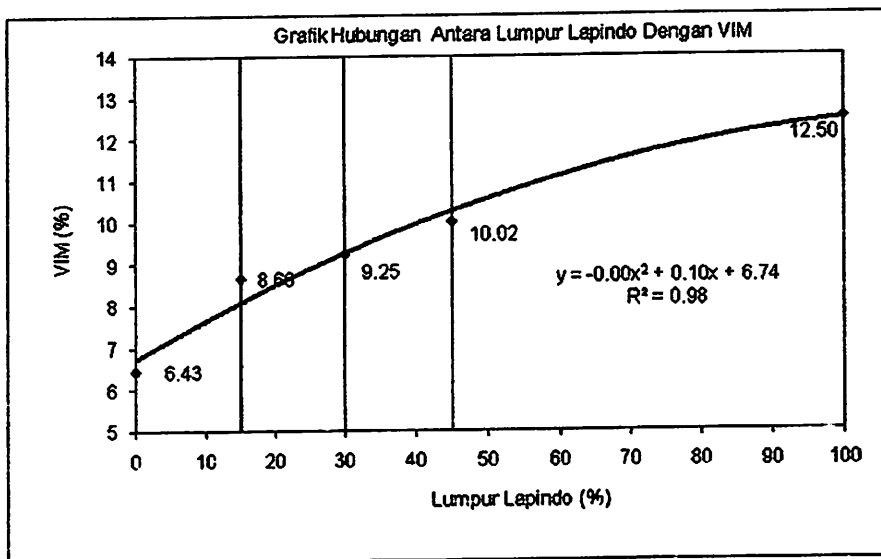
**Grafik 5.1. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan stabilitas (Perendaman 30 menit)**



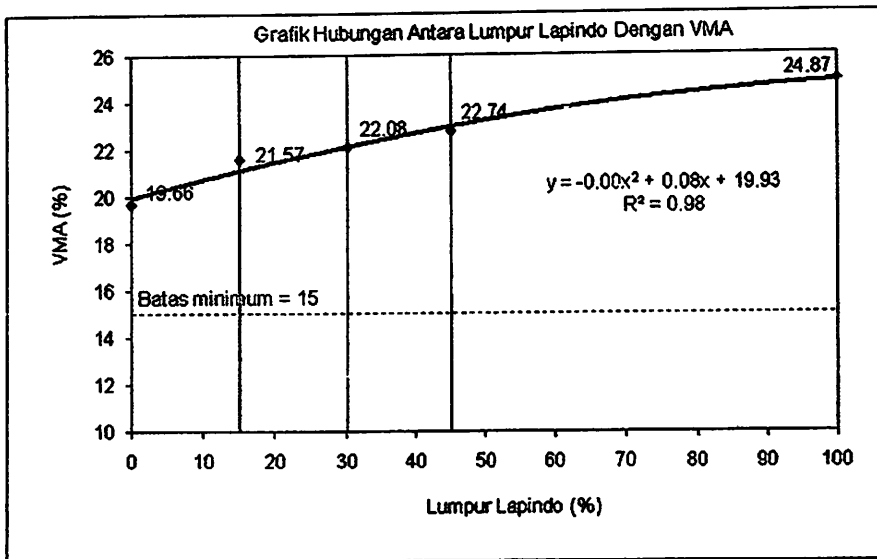
**Grafik 5.2. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan flow (Perendaman 30 menit)**



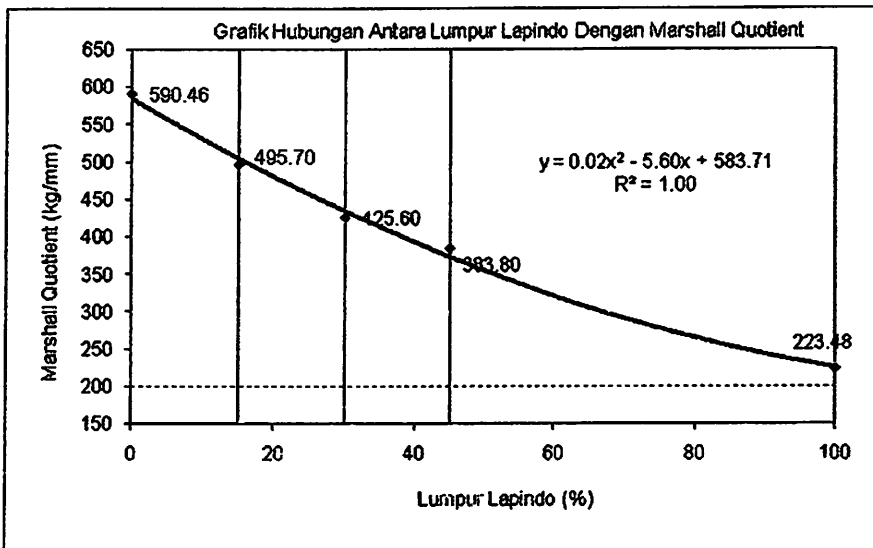
**Grafik 5.3. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan vim (Perendaman 30 menit)**



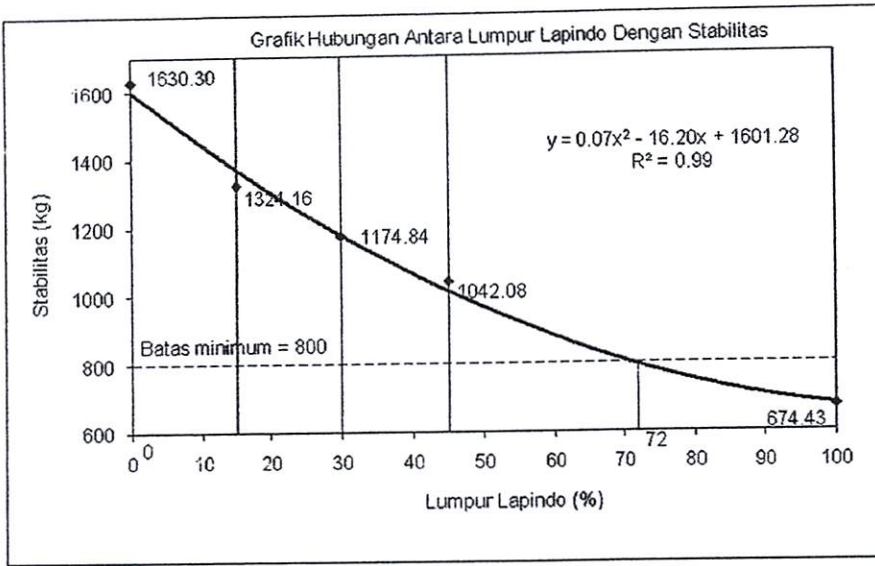
**Grafik 5.4. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan vma (Perendaman 30 menit)**



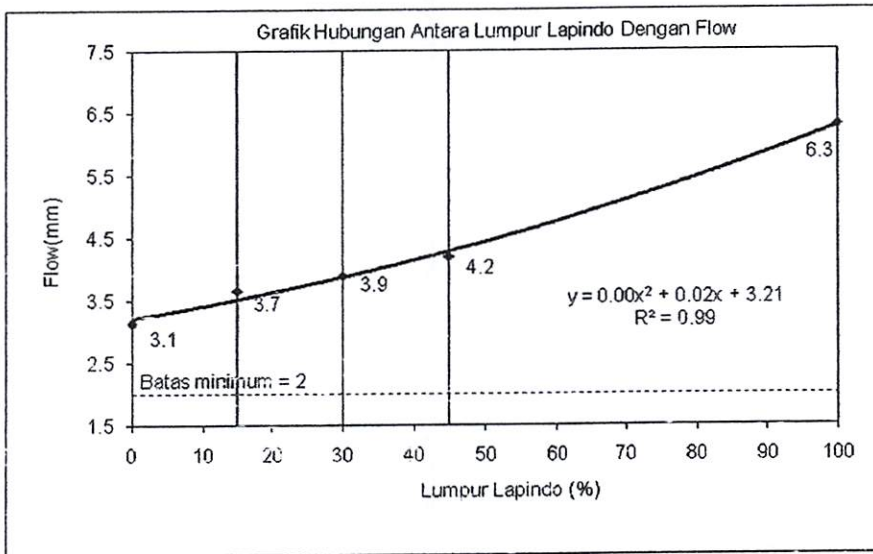
**Grafik 5.5. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan marshall quotient (Perendaman 30 menit)**



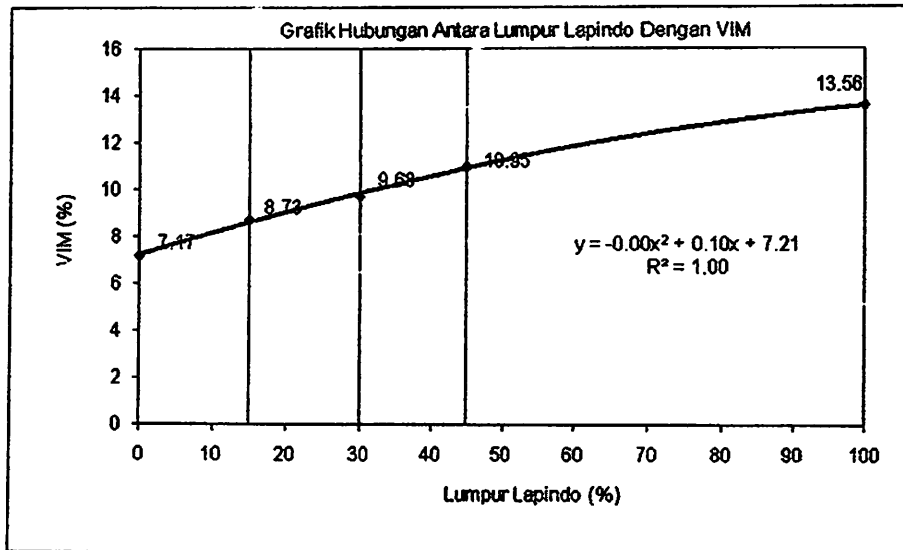
**Grafik 5.6. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan stabilitas (Perendaman 24 jam)**



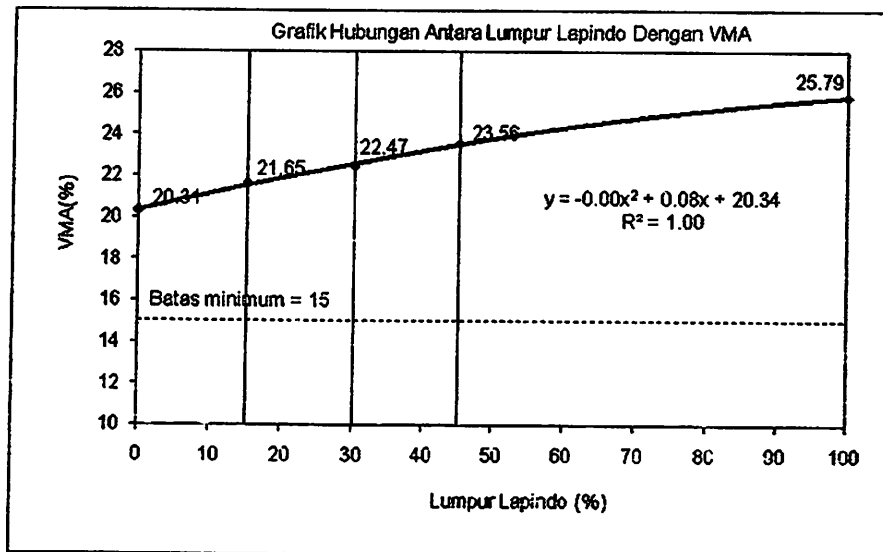
**Grafik 5.7. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan flow (Perendaman 24 jam)**



**Grafik 5.8. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan vim (Perendaman 24 jam)**

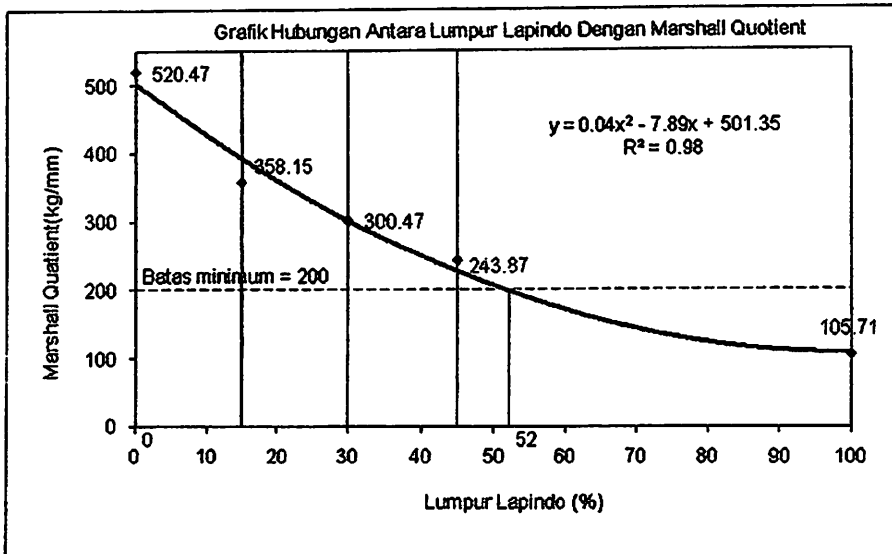


**Grafik 5.9. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan vma (Perendaman 24 jam)**





**Grafik 5.10. Grafik hubungan antara Lumpur Lapindo dengan marshall quotient (Perendaman 24 jam)**



### **5.3. Uji Hipotesis**

#### **5.3.1 Uji Hipotesis Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pengganti Abu Batu Pada Aspal Beton**

Untuk menguji hipotesis penelitian yang ada pada bab Hipotesis nol untuk penelitian ini adalah bahwa lumpur lapindo dapat dimanfaatkan sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton. Hipotesis alternatifnya adalah kebalikan dari hipotesis nol, yakni lumpur lapindo tidak dapat digunakan sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton.

##### **5.3.1.1. Uji Analisa Varians**

Untuk menguji hipotesis penelitian yang ada pada bab I, maka dilakukan uji **Analisa Varian Satu Arah** untuk melihat apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi Lumpur Lapindo pada kadar aspal optimum abu batu.

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



**Tabel 5.31. Analisa Statistik Pengujian Stabilitas (Perendaman 30 menit)**

	Kadar Lumpur (%)					Jumlah
	0	15	30	45	100	
Stabilitas (Kg)	1890.71	1738.368	1569.085	1516.764	1178.494	7893.421
	1835.039	1698.688	1585.52	1456.308	1149.14	7724.695
	1894.357	1675.932	1586.431	1476.534	1230.999	7864.253
	1918.35	1709.578	1566.715	1494.508	1188.861	7878.012
	1889.59	1739.937	1615.494	1488.819	1184.695	7918.535
	1837.84	1674.041	1577.6	1486.578	1181.289	7757.348
	1917.331	1699.127	1624.923	1497.915	1139.718	7879.014
	1739.937	1631.196			3371.133	
<b>Jumlah</b>	13183.217	13675.608	12756.964	10417.426	8253.196	58286.41
<b>Pengamatan</b>	7	8	8	7	7	37
<b>Rata - rata</b>	1883.31671	1709.451	1594.6205	1488.20371	1179.028	7854.62
<b>Rata - rata keseluruhan (Grand mean)</b>					1570.92399	1570.924

Selanjutnya diperlukan :

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

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

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

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

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

- 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 5.8 di atas selanjutnya dihitung :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= (1890.71)^2 + (1835.039)^2 + \dots + (1184.695^2) + (1181.289^2) + (1139.718^2) \\ &= 93806711.38\end{aligned}$$

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

$$R_y = \frac{58286.41^2}{37} = \frac{3397305591}{37} = 91819072.67$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \left( \frac{13183.22^2}{7} + \frac{13675.61^2}{8} + \frac{12756.96^2}{8} + \frac{10417.42^2}{7} + \frac{8253.20^2}{7} \right) - \\ &91819072.67 \\ &= 93782475.05 - 91819072 = 1963402.39\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 93806711.38 - 91819072.67 - 1963402.39 = 24236.33$$

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

**Tabel 5.32. Tabel Analisa Varian untuk stabilitas**

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	93806711.38	93806711.38
Antar perlakuan	4	1963402.39	490850.6
Dalam Perlakuan	32	24236.33	757.39
Jumlah	37		

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{490850.6}{757.39} = 648.085$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496)*, nilai  $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 4 ; 32) = 2,668$ . Jadi nilai  $F_{\text{hitung}} = 648.085 > F_{\text{tabel}} = 2,668$ . Dengan demikian  $H_0$  diterima  $H_a$  ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi 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 5.33. Analisa statistik untuk seluruh pengamatan**

No	Parameter	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub>	Hipotesa		Keterangan
				Ho ditolak	Ha diterima	
1	Stabilitas	648.085	2.668	Ho ditolak	Ha diterima	Terdapat pengaruh variasi Lumpur Lapindo terhadap nilai Stabilitas, Flow, Vim, Vma, dan Mq
2	Flow	270.553	2.689	Ho ditolak	Ha diterima	
3	VIM	380.651	2.678	Ho ditolak	Ha diterima	
4	VMA	380.651	2.678	Ho ditolak	Ha diterima	
5	MQ	715.014	2.758	Ho ditolak	Ha diterima	

#### 5.4. Analisis Regresi dan Pembahasan

##### 5.4.1. Analisis Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan pada sub bab 5.1, kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi 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 5.34. Daftar Nilai Stabilitas Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi

No	X	Y	Y <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y
1	0	1883. 317	3546884. 37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	15	1709. 451	2922222. 10	225.0 0	3375.00	50625.00	25641. 76	384626.4 3
3	30	1594. 62	2542814. 16	900.0 0	27000.0 0	810000.0 0	47838. 61	1435158. 34
4	45	1488. 203	2214749. 56	2025. 00	91125.0 0	4100625. 00	66969. 16	3013612. 02
5	10 0	1179. 028	1390106. 79	10000 .00	100000 0.00	10000000 0.00	117902 .79	1179027 9.01
total	19 0	7854. 62	1261677 6.97	13150 .00	112150 0.00	10496125 0.00	258352 .32	1662367 5.81

Dari tabel 5.12. maka didapat persamaan :

$$7854.6 = 5a + 190b + 13150c$$

$$258352.32 = 190a + 13150b + 1121500c$$

$$16623675 = 13150a + 1121500b + 104961250c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 1873.6$$

$$b = -10.27$$

$$c = 0.03$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = 0.03 x^2 - 10.27 x + 1873.6$$

Mencari koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) :

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



$$= \left( -10.27 \left\{ 258352.32 - \frac{190 \times 7854.62}{5} \right\} \right) + \left( 0.03 \left\{ 16623675 - \frac{13150 \times 7854.62}{5} \right\} \right)$$

$$= 412065.6748 - 121019.268$$

$$= 291046.407$$

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

$$= 12616776.97 - \frac{(7854.62)^2}{5}$$

$$= 277765.901$$

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

$$= \frac{291046.407}{277765.901}$$

$$= 1.00$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan Lumpur Lapindo dengan stabilitas menghasilkan persamaan  $y = 0.03 x^2 - 10.27 x - 1873.6$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 1.00. Hal ini berarti bahwa 100 % perubahan nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar Lumpur Lapindo sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain.

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 Lumpur Lapindo terhadap Stabilitas, Flow, VIM, VMA, dan Marshall Quotient yang disajikan pada sub bab pembahasan.

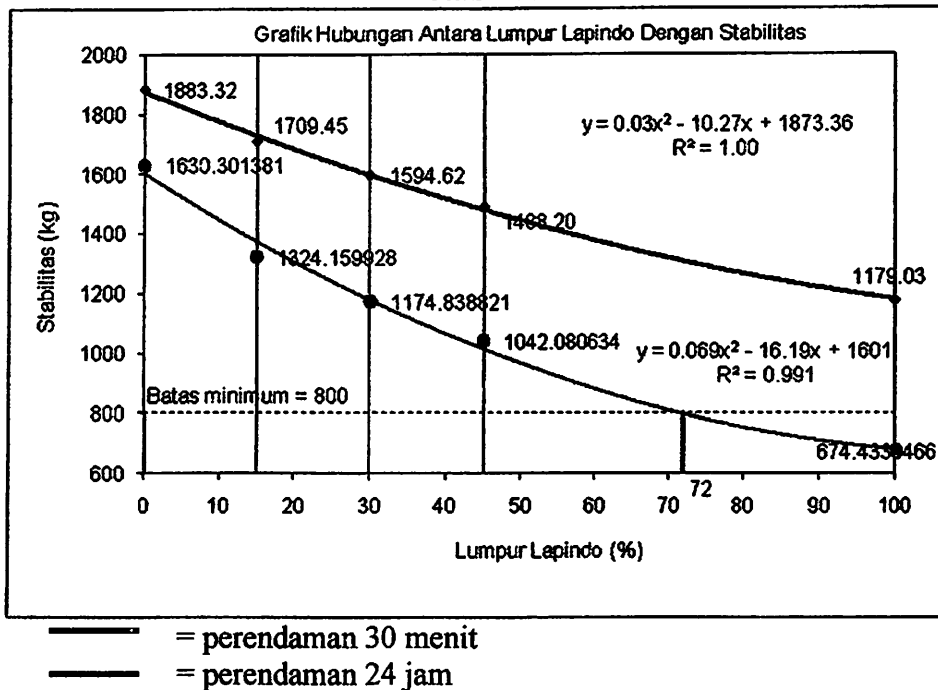


### 5.4.2. Pembahasan

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

**Grafik 5.11. Hubungan antara Kadar Lumpur Lapindo dengan 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.

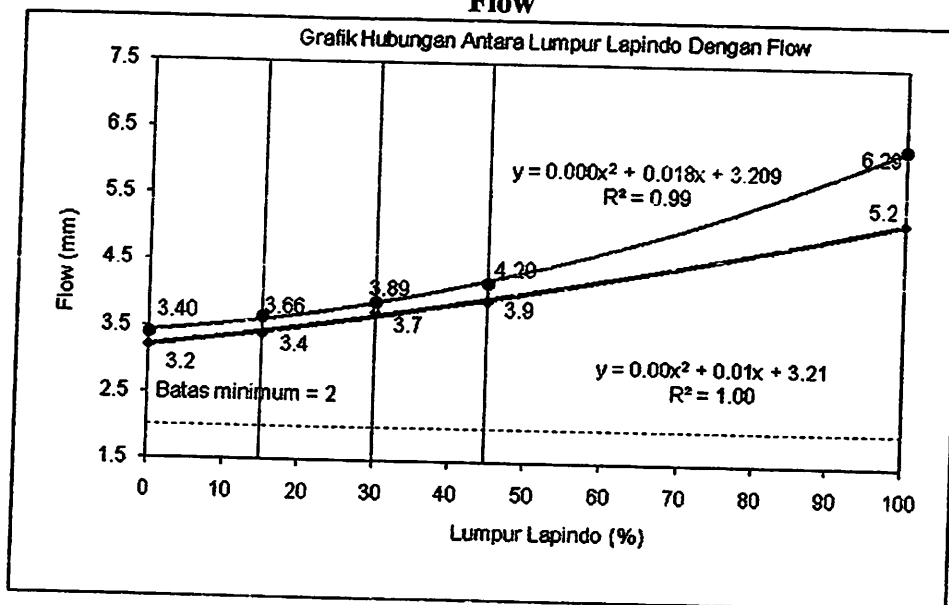
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan  $F_{hitung} = 648,085$  yang lebih besar dari  $F_{tabel} = 2,668$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yaitu ada pengaruh

variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai stabilitas. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan  $F_{hitung} = 589,493$  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.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan  $y = 0,03 x^2 - 10,27 x + 1873,6$  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  $y = 0,69 x^2 - 16,19 x + 1601$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 1,00$  maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 99 % nilai stabilitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi filler lumpur Lapindo.

**b. Flow**

**Grafik 5.12. Hubungan antara Kadar Lumpur Lapindo dengan Flow**



- = perendaman 30 menit  
———— = perendaman 24 jam

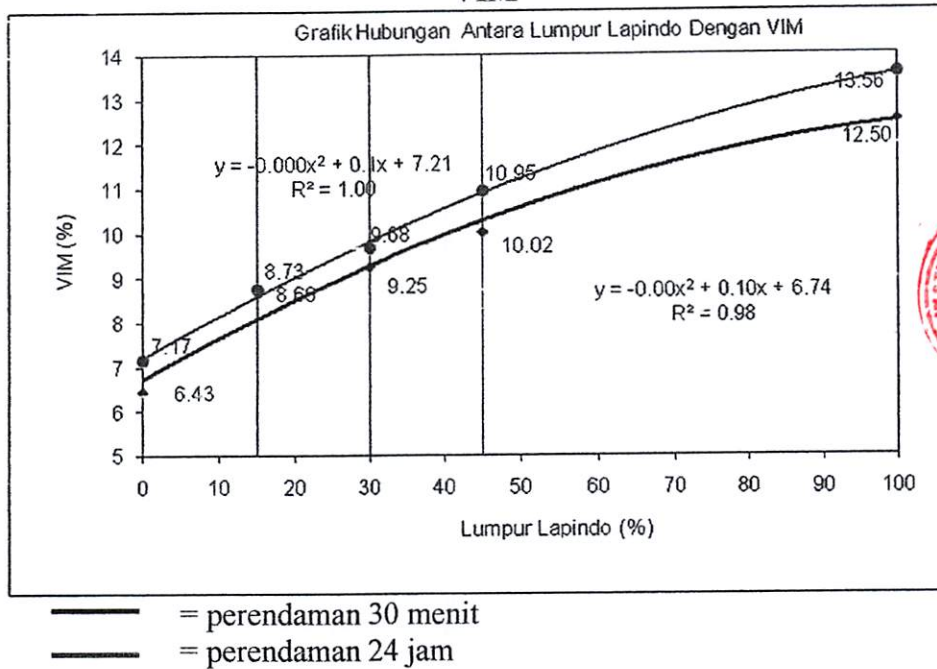
Terjadi peningkatan nilai flow akibat penambahan kadar lumpur Lapindo. Peningkatan nilai flow ini diakibatkan oleh lumpur Lapindo yang memiliki sifat plastis, sehingga lumpur tersebut mudah melekat atau menggumpal pada campuran agregat maka rongga dalam campuran semakin besar. Hal ini mengakibatkan peningkatan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

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan  $F_{hitung} = 270,553$  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 flow. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan  $F_{hitung} = 625,084$  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 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  $y = 0,00x^2 + 0,018x + 3,209$  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 5.13. Hubungan antara Kadar 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.

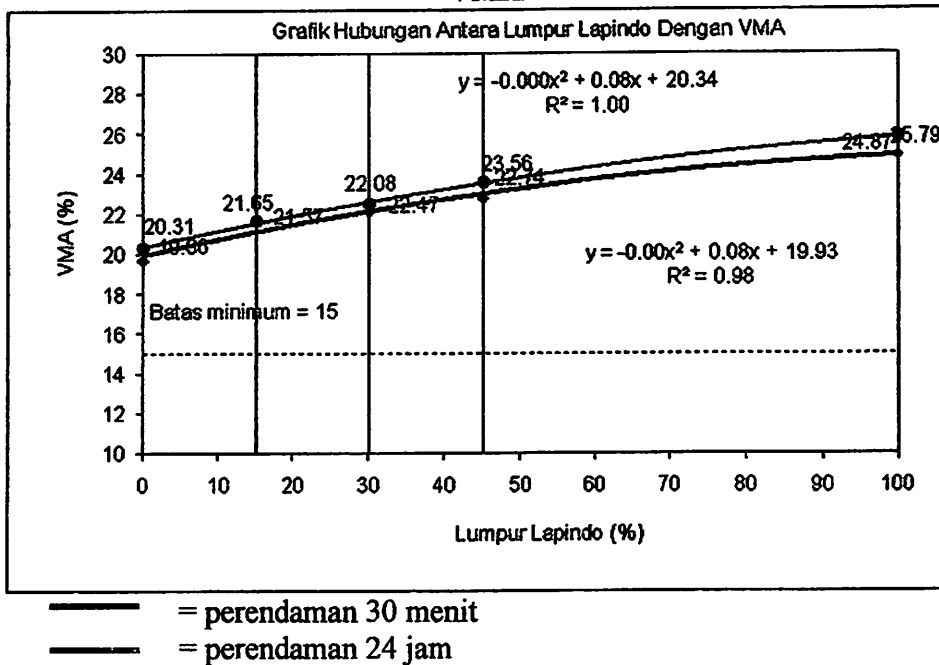
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan  $F_{hitung} = 380,651$  yang lebih besar dari  $F_{tabel} = 2,678$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai VIM. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan  $F_{hitung} = 273,558$  yang lebih besar dari  $F_{tabel} = 2,689$ , 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  $y = -0,00x^2 + 0,01x + 6,74$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,98$  maka berarti bahwa 98 % perubahan nilai VIM diakibatkan oleh variasi

filler lumpur Lapindo. Dan analisa regresi perendamanan 24 jam didapatkan persamaan  $y = -0,00x^2 + 0,10x + 7,21$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 1,00$  maka berarti bahwa 100% perubahan nilai VIM diakibatkan oleh variasi filler lumpur Lapindo.

d. VMA

**Grafik 5.14. Hubungan antara Kadar Lumpur Lapindo dengan 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.

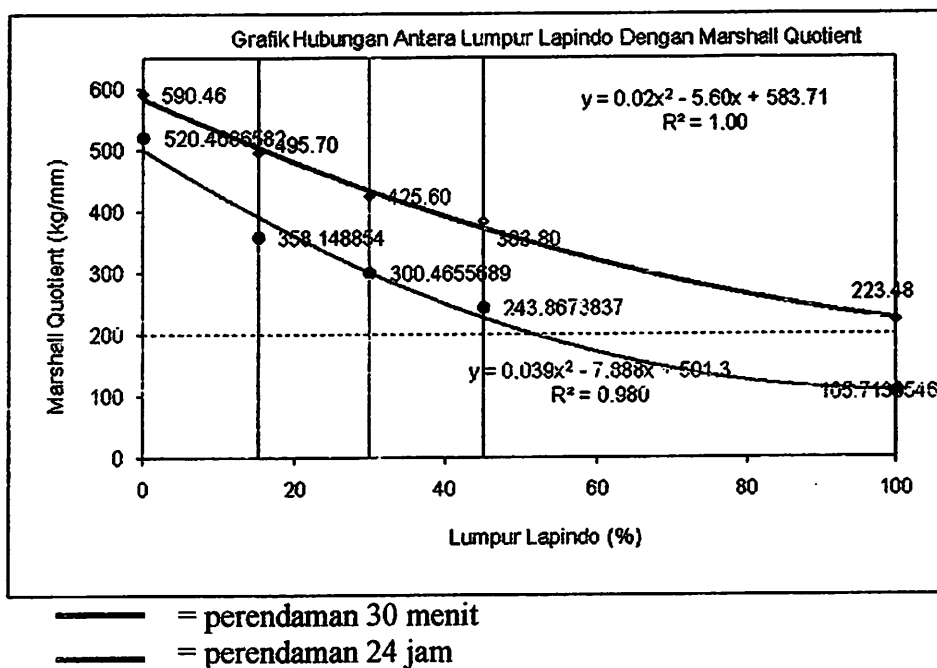
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan  $F_{hitung} = 380,651$  lebih besar dari  $F_{tabel} = 2,678$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai VMA. Dan Dari uji hipotesis

perendaman 24 jam didapatkan  $F_{hitung} = 273,588$  lebih besar dari  $F_{tabel} = 2,689$ , 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  $y = -0,00x^2 + 0,08x + 19,93$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,98$  maka berarti bahwa 98 % perubahan nilai VMA diakibatkan oleh variasi filler lumpur Lapindo. Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan  $y = -0,00x^2 + 0,08x + 20,34$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 1,00$  maka berarti bahwa 100% perubahan nilai VMA diakibatkan oleh variasi filler lumpur Lapindo.

e. MQ

**Grafik 5.15. Hubungan antara Kadar Lumpur Lapindo dengan MQ**



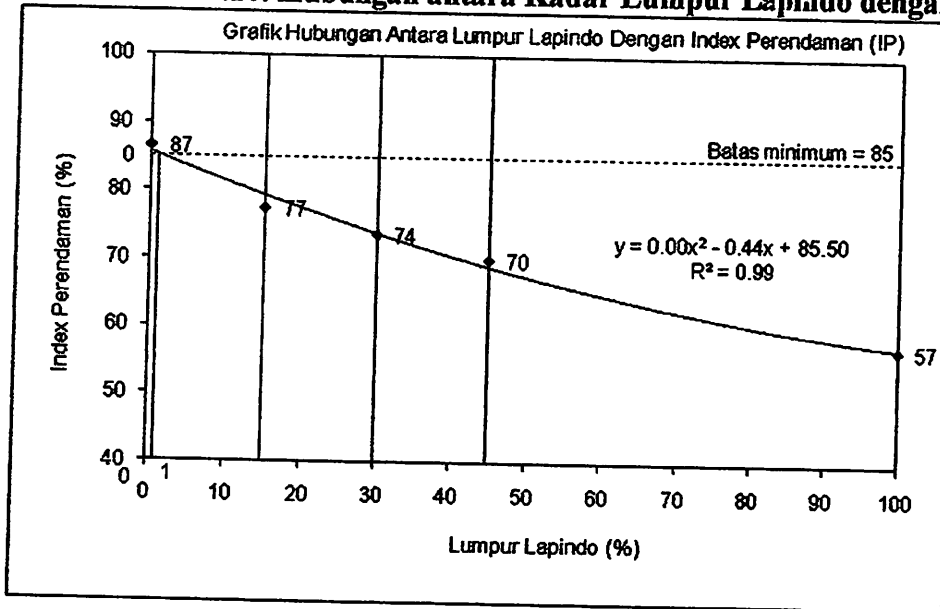
Terjadi penurunan nilai MQ akibat penambahan kadar lumpur Lapindo. MQ (Marshall Quotient) adalah rasio dari stabilitas dibandingkan dengan flow. Semakin jauh perbedaan nilai stabilitas dan flow, maka nilai MQ semakin tinggi.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan  $F_{hitung} = 715,014$  yang lebih besar dari  $F_{tabel} = 2,758$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai MQ. Dan uji hipotesis perendaman 24 menit didapatkan  $F_{hitung} = 448,848$  yang lebih besar dari  $F_{tabel} = 2,742$ , 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  $y = 0,02x^2 - 5,60x + 583,71$  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  $y = 0,039x^2 - 7,88x + 501,3$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,98$ , maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 98 % nilai MQ yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi filler lumpur Lapindo.

f. IP ( Indeks Perendaman )

Grafik 5.16. Hubungan antara Kadar 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.

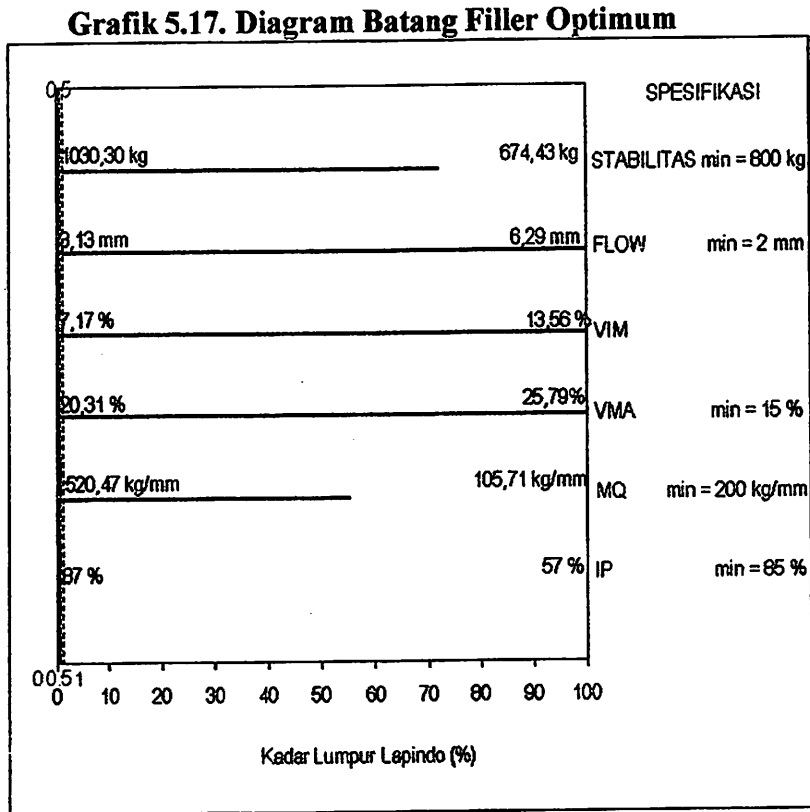
Dari uji hipotesis didapatkan  $F_{hitung} = 34,214$  yang lebih besar dari  $F_{tabel} = 2,578$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai IP.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan  $y = -0,00x^2 - 0,44x + 85,50$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,99$ , maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 99 % 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.



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

$$\frac{a+b}{2} = \frac{0+1}{2} = 0,5$$

Nilai kadar filler optimum yang dihasilkan adalah 0,5%.

## 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%.
- c. Lumpur Lapindo tidak dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton. Hal ini dapat dilihat dari hasil parameter stabilitas yang menurun karena lumpur lapindo 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, sebaiknya juga dilakukan penelitian menggunakan agregat yang tidak memiliki sifat plastis lainnya.
3. Sebaiknya lumpur Lapindo digunakan sebagai bahan material pada penelitian 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.
- Institut Teknologi Nasional Malang, Program Pascasarjana Magister Teknik. 2002. *Pedoman Penulisan Usulan Penelitian Dan Tesis*. Malang.
- 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 (Sili)*.



# LAMPIRAN



**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 : Idhamsyah W

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 : Idhamsyah W

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	$\frac{M3F \times 100}{M2}$	7.41 %

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 : Idhamsyah W

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
<b>Percobaan I</b>		
Berat silinder + agregat	W3	8250
Berat agregat	W4 = W3 - W1	4690
<b>Percobaan II</b>		
Berat silinder + agregat	W5	8200
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4640
<b>Percobaan III</b>		
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)

$$= 67 - \frac{100 \times 4546.7}{3020 \times 2.52}$$

$$= 5.94$$

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 : Idhamsyah W

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 <sub>3</sub> = 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 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 : Idhamsyah W

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 Wedyantadi, 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 : Idhamsyah W

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 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 : Idhamsyah W

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
pan	26.5	1050	100.00	0
Total berat	1050			

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 : Idhamsyah W

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	$\frac{Bj}{(B + B_j - B_t)}$	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 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 : Idhamsyah W

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 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 : Idhamsyah W

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 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 : Idhamsyah W

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 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 : Idhamsyah W

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,

  
MALANG  
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

Jenis Contoh : 60/70  
Dikerjakan oleh : Idhamsyah W

Tanggal pengerjaan : 17 april 2013  
Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

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

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

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C		Pembacaan suhu water bath  25 °C
	Mulai jam	: 15.25	
	Selesai jam	: 16.55	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C		Pembacaan suhu termometer  25 °C
	Mulai jam	: 17.00	
	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  
Dikerjakan oleh

: 60/70  
: Idhamsyah W

Tanggal pengerjaan  
Diperiksa oleh

: 18 april 2013  
: 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 Widyantadji, 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 : Idhamsyah W 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  140 °C
	Mulai jam : 13.55		
	Selesai jam : 14.25		
Menentukan titik nyala	Penuangan contoh		Pembacaan suhu menuang  140 °C
	Mulai jam : 14.25		
	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 : Idhamsyah W Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

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

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	Didiamkan pada suhu 5°C	Pembacaan suhu lemari es
	Mulai jam : 15.25	5 °C
	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  
Dikerjakan oleh : Idhamsyah W

Tanggal pengerjaan : 18 april 2013  
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
	Mulai jam : 16.25	5 °C
	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 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

Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 17 april 2013  
Dikerjakan oleh : Idhamsyah W 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 Tanggal pengerjaan : 18 april 2013  
Dikerjakan oleh : Idhamsyah W 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  
Dikerjakan oleh : Idhamsyah W

Tanggal pengerjaan : 17 april 2013  
Diperiksa oleh : Ir. Bambang W., MT.

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

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 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,

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

Jenis Contoh : 60/70 Tanggal pengerjaan : 18 april 2013  
Dikerjakan oleh : Idhamsyah W 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 Wedyantadij, MT.



# 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

:  
Jl. Sigura - gura No. 2 Malang

### IDENTITAS CONTOH UJI

#### *Sample Identity*

Kode Contoh Uji  
Sample Code

Jenis Contoh Uji  
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji  
Sampling Location

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

Kondisi Contoh Uji  
Sample Condition (s)

:  
Ext. 96 /PC/IV/2013/ 133

:  
Tanah Lumpur Lapindo

:  
Sidoarjo

:  
Laboratory 2013 Jam 10:30 WIB

:  
Belum dilakukan pengawetan

### HASIL ANALISA

#### *Result of Analysis*

Terlampir  
Enclosed

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
	<b>Tanah Lumpur Lapindo</b>				
1	Silica	% (bb)	13,1	Spektrofotometer	-

# 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

JASA TIRTA 1

## SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 2236 S/LKA MLG/VII/2013

Halaman 1 dari 2  
Page 1 of 2

### IDENTITAS PEMILIK

#### *Owner Identity*

Nama  
Name

: *Eding Iskak Imananto*

Alamat  
Address

: Jl. Sigura - gura No. 2 Malang

### IDENTITAS CONTOH UJI

#### *Sample Identity*

Kode Contoh Uji  
Sample Code

: Ext. 212 /PC/VII/2013/ 262

Jenis Contoh Uji  
Type of Sample

: Abu Batu

Lokasi Pengambilan Contoh Uji  
Sampling Location

: *Malang*

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

12 Juli 2013 Jam 10:30 WIB

Kondisi Contoh Uji  
Sample Condition (s)

: Belum dilakukan pengawetan

### 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
1	Abu Batu Silica	% (bb)	Tidak terdeteksi	Spektrofotometer	-

# DISTRIBUSI t STUDENT

		$\alpha$													
		1-sided	0.400	0.350	0.300	0.250	0.200	0.150	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005		
		2-sided	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.050	0.020	0.010	0.002	0.001
<b>V</b>															
1	0.325	0.510	0.727	1.000	1.376	1.863	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.309	636.619		
2	0.289	0.445	0.617	0.816	1.061	1.388	1.886	2.920	4.303	6.985	9.925	22.327	31.599		
3	0.277	0.424	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.941	5.841	10.215	12.924		
4	0.271	0.414	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610		
5	0.267	0.408	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.889		
6	0.265	0.404	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959		
7	0.263	0.402	0.549	0.711	0.895	1.119	1.415	1.895	2.385	2.998	3.499	4.785	5.408		
8	0.262	0.399	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.898	3.355	4.501	5.041		
9	0.261	0.398	0.543	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781		
10	0.260	0.397	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587		
11	0.260	0.396	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437		
12	0.259	0.395	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318		
13	0.258	0.394	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221		
14	0.258	0.393	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140		
15	0.258	0.393	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073		
16	0.258	0.392	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015		
17	0.257	0.392	0.534	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965		
18	0.257	0.392	0.534	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922		
19	0.257	0.391	0.533	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883		
20	0.257	0.391	0.533	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850		
21	0.257	0.391	0.532	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819		
22	0.256	0.390	0.532	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792		
23	0.256	0.390	0.532	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768		
24	0.256	0.390	0.531	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745		
25	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725		
26	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707		
27	0.256	0.389	0.531	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690		
28	0.256	0.389	0.530	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674		
29	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.398	3.659		
30	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646		
31	0.256	0.389	0.530	0.682	0.853	1.054	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.375	3.633		
32	0.255	0.389	0.530	0.682	0.853	1.054	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.365	3.622		
33	0.255	0.389	0.530	0.682	0.853	1.053	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.356	3.611		
34	0.255	0.389	0.529	0.682	0.852	1.052	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.348	3.601		
35	0.255	0.388	0.529	0.682	0.852	1.052	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340	3.591		
40	0.255	0.388	0.529	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551		
50	0.255	0.388	0.528	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.008	2.403	2.678	3.261	3.496		
70	0.254	0.387	0.527	0.678	0.847	1.044	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.211	3.435		
100	0.254	0.386	0.526	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390		
140	0.254	0.386	0.526	0.676	0.844	1.040	1.288	1.656	1.977	2.353	2.611	3.149	3.361		

## Analisa Varian Satu Arah Data Stabilitas

0	15	30	45	100
1890.710356	1738.368082	1569.084514	1516.763529	1178.494
1835.039171	1698.6884	1585.520223	1456.30757	1149.140
1894.356588	1675.931523	1586.430974	1476.533678	1230.999
1918.354227	1709.577549	1566.714891	1494.50765	1188.861
1889.590086	1739.936517	1615.493785	1488.818526	1184.695
1837.840086	1674.041076	1577.599815	1486.578021	1181.289
1917.331157	1699.126881	1624.922747	1497.915293	1139.718
	1739.936517	1631.196092		

Anova: Single Factor

### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	7	13183.22168	1883.317383	1166.559195
15	8	13675.60655	1709.450818	756.3980306
30	8	12756.96304	1594.62038	651.7272541
45	7	10417.42427	1488.203467	351.0486661
100	7	8253.195307	1179.027901	878.9677605

### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1963402.386	4	490850.5965	648.0856887	4.01E-30	2.668
Within Groups	24236.33072	32	757.385335			
Total	1987638.717	36				



### Analisa Varian Satu Arah Data Flow

0	15	30	45	100
3.2	3.4	3.6	3.56	5.2
3.3	3.3	3.8	3.9	5.2
3.1	3.4	3.7	3.9	5.1
3.2	3.3	3.7	4.2	5.3
3.1	3.4	3.6	4.1	5.1
3.3	3.4	3.9	3.9	5.1
3.3	3.6	3.8	3.9	5.2

Anova: Single Factor

#### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	7	22.5	3.214285714	0.008095238
15	7	23.8	3.4	0.01
30	7	26.1	3.728571429	0.012380952
45	7	27.46	3.922857143	0.04032381
100	7	36.2	5.171428571	0.005714286

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	16.56098286	4	4.140245714	270.5537715	4.5392E-23	2.689628
Within Groups	0.459085714	30	0.015302857			
Total	17.02006857	34				

**Analisa Varian Satu Arah Data VIM**

0	15	30	45	100
6.59	8.24	9.52	9.73	12.66
6.72	8.94	8.94	9.90	12.27
6.69	8.81	9.16	10.60	12.32
6.42	8.44	9.36	9.77	12.84
6.54	8.58	9.45	9.77	12.37
6.80	8.94	9.29	10.58	12.74
5.82	8.84	9.05	9.78	12.30
5.90				

Anova: Single Factor

**SUMMARY**

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	8	51.47235225	6.434044031	0.140373065
15	7	60.58566672	8.655095246	0.070097283
30	7	64.76091142	9.251558774	0.045347814
45	7	70.11494484	10.01642069	0.152719969
100	7	87.51200181	12.50171454	0.05664651

**ANOVA**

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	143.9835288	4	35.99588219	390.6514115	7.23753E-28	2.678887
Within Groups	2.931480915	31	0.0945639			
Total	146.9150097	35				

## Analisa Varian Satu Arah Data VMA

0	15	30	45	100
19.79	21.21	22.31	22.50	25.01
19.91	21.82	21.81	22.64	24.67
19.88	21.53	22.00	23.24	24.72
19.65	21.39	22.17	22.53	25.17
19.75	21.50	22.26	22.53	24.76
19.98	21.81	22.11	23.21	25.08
19.13	21.73	21.91	22.53	24.70
19.21				

Anova: Single Factor

### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	8	157.3079903	19.66349878	0.103484163
15	7	150.9935817	21.57051167	0.051676286
30	7	154.5784812	22.08264017	0.033430777
45	7	159.1754984	22.73935692	0.112586401
100	7	174.112755	24.87325071	0.041760267

### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	106.1458262	4	26.53645656	380.6514115	7.23753E-26	2.678667
Within Groups	2.161111528	31	0.069713275			
Total	108.3069378	35				

## Analisa Varian Satu Arah Data MQ

0	15	30	45	100
590.85	511.28	417.24	409.08	226.63
578.89	499.61	428.77	378.60	220.99
591.99	507.86	423.44	383.21	224.31
609.55	472.39	448.75	366.11	232.29
581.01	499.74	427.61	381.75	231.63
	483.32	407.80	384.08	211.06
				217.46

Anova: Single Factor

### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	5	2952.282397	590.4564795	147.450383
15	6	2974.202284	495.7003807	223.8532135
30	6	2553.602295	425.6003824	188.2629703
45	6	2302.820918	383.8034864	196.6854451
100	7	1564.37178	223.4816829	58.56616866

### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	455916.8782	4	113979.2195	715.0144801	2.23436E-25	2.75871
Within Groups	3985.206688	25	159.4082675			
Total	459902.0849	29				

### Analisa Varian Satu Arah Data Stabilitas (Perendaman 24 Jam)

0	15	30	45	100
1672.213503	1312.08075	1161.907466	951.4015604	657.317
1623.95896	1343.705986	1180.822213	979.5500574	697.691
1612.655189	1334.676781	1165.740523	1081.448144	677.950
1626.619793	1288.735642	1168.32148	1073.928444	625.879
1614.709182	1345.105252	1163.473515	1118.218756	682.946
1627.868667	1334.880883	1201.264873	1126.43225	706.389
1634.084376	1309.934198	1182.341674	963.5852238	672.860

Anova: Single Factor

#### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	7	11412.10967	1630.301381	397.5233723
15	7	9269.119493	1324.159928	441.5759996
30	7	8223.871744	1174.838821	202.0124853
45	7	7294.564436	1042.080634	5628.431571
100	7	4721.031326	674.4330466	716.6426924

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	3483287.668	4	870821.917	589.4936187	4.85E-28	2.69
Within Groups	44317.11673	30	1477.237224			
Total	3527604.785	34				

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

0	15	30	45	100
3.4	3.4	3.9	4.2	6.1
3.4	3.5	3.9	4.2	6.2
3.5	3.4	3.8	4.1	6.4
3.4	3.7	3.9	4.3	6.4
3.5	3.9	3.9	4.2	6.1
3.4	3.8	3.9	4.2	6.4
3.4	3.9	3.9	4.2	6.4
3.4				

Anova: Single Factor

**SUMMARY**

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	8	27.4	3.425	0.002142857
15	7	25.6	3.657142857	0.04952381
30	7	27.2	3.885714286	0.001428571
45	7	29.4	4.2	0.003333333
100	7	44	6.285714286	0.021428571

**ANOVA**

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	37.85071429	4	9.462678571	625.0840944	3.77E-29	2.678667
Within Groups	0.489285714	31	0.015138249			
<b>Total</b>	<b>38.32</b>	<b>35</b>				

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

0	15	30	45	100
7.67	8.33	9.39	11.38	13.90
7.45	9.54	10.12	11.01	13.67
6.84	8.65	9.72	11.24	13.51
6.88	9.46	10.01	10.48	13.58
6.94	8.32	9.42	10.56	13.43
6.90	8.58	9.42	11.54	13.41
7.48	8.26	9.71	10.46	13.42

Anova: Single Factor

**SUMMARY**

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	7	50.16416964	7.166309949	0.124631427
15	7	61.14124763	8.734483947	0.29434608
30	7	67.76927759	9.684162513	0.086782742
45	7	76.66747975	10.95249711	0.207711928
100	7	94.91206259	13.55886608	0.031781518

**ANOVA**

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	163.1143118	4	40.77857795	273.5885659	3.86E-23	2.689628
Within Groups	4.471522172	30	0.149050739			
Total	167.585834	34				

### Analisa Varian Satu Arah Data VMA (Perendaman 24 Jam)

0	15	30	45	100
20.74	21.31	22.21	23.93	26.09
20.55	22.34	22.84	23.60	25.88
20.02	21.58	22.50	23.80	25.75
20.06	22.28	22.74	23.15	25.81
20.11	21.29	22.24	23.22	25.68
20.07	21.52	22.24	24.06	25.66
20.58	21.25	22.49	23.13	25.68

Anova: Single Factor

#### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	7	142.1372617	20.3053231	0.091849113
15	7	151.560723	21.65153185	0.216923028
30	7	157.2678386	22.46683408	0.063955923
45	7	164.8894838	23.55564054	0.153076611
100	7	180.5518595	25.79312279	0.023421895

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	120.2096879	4	30.05242197	273.5885659	3.86E-23	2.689628
Within Groups	3.295359424	30	0.109845314			
Total	123.5050473	34				



## Analisa Varian Satu Arah Data MQ (Perendaman 24 Jam)

0	15	30	45	100
463.89	385.91	297.92	226.52	107.76
487.83	383.92	302.77	263.77	112.53
477.63	379.04	298.33	249.75	99.70
460.76	363.54	295.28	211.10	97.79
474.91	332.86	308.02	268.20	106.71
478.78	342.28			110.37
480.61	319.50			105.13

Anova: Single Factor

### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	7	3324.430268	474.9186098	90.59300945
15	7	2507.041978	358.148854	714.1935819
30	5	1502.327845	300.4655689	25.0556424
45	5	1219.336919	243.8673837	599.3458168
100	7	739.9976819	105.7139546	28.76642864

### ANOVA

Source of Variatic	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Group	517828.0534	4	129457.0133	448.8487104	1.41E-23	2.742594
Within Groups	7498.923956	26	288.4201522			
Total	525326.9773	30				

### Analisa Varian Satu Arah Data IP

0	15	30	45	100
88,44	75,48	74,05	57,63	44,33
97,47	77,50	74,16	61,37	52,03
85,95	79,10	79,72	67,26	53,40
95,14	79,64	74,43	73,24	58,69
85,73	75,38	74,41	71,86	57,23
84,06	77,31	72,32	72,72	52,88
86,08	75,87	73,75	63,99	59,92
87,86	75,56	75,41	88,14	61,45
80,59	78,56	73,93	75,77	74,51
85,23	75,29	72,48	64,33	63,15

Anova: Single Factor

**SUMMARY**

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0	10	876,5609362	87,65609362	25,66017863
15	10	769,6941082	76,96941082	2,82086633
30	10	744,6639042	74,46639042	4,236424937
45	10	696,3140022	69,63140022	76,17706221
100	10	577,6783922	57,76783922	64,86849831

**ANOVA**

Source of Variatic	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Group	4756,217285	4	1189,054321	34,21482453	4,04459E-13	2,578739
Within Groups	1563,987276	45	34,75280814			
Total	6320,094561	49				

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

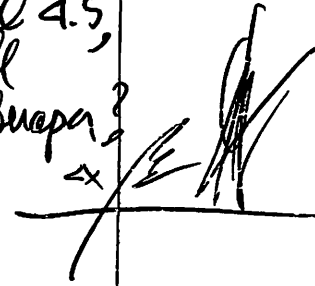

Nama / Nim : Idhamsyah W / 0721038

Fakultas/Jurusan : FTSP / Teknik Sipil

Program Studi : S1

Judul : Studi penelitian pemanfaatan lumpur lapindo sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton dengan persentase lumpur lapindo 15%, 30%, 45%

Dosen Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantaji, MT

NO	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	28-6-2013	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rumusan masalah, no: 2</li><li>- Batasan masalah hrs sinkron dg Rumusan masalah</li><li>- Bahan<sup>2</sup> yang di pakai dan tata cara pelaksanaan dituliskan pd bab III (metode lagi)</li><li>- Penulisan / penyusunan tabel format bold lebih kecil supaya tabel bisa jadi satu content, hal 55, tabel 4.5, hal 62, tab 4.6 dll</li><li>- Keteb. aspal Optimum berapa?</li></ul>	
2			
3	29-7-2013	<ul style="list-style-type: none"><li>- Buat profil gabungan antara 30 mtr &amp; 24 jam</li><li>- lampiran</li></ul>	

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI



Nama / Nim : Idhamsyah W / 0721038

Fakultas/Jurusan : FTSP / Teknik Sipil

Program Studi : S1

Judul : Studi penelitian pemanfaatan lumpur lapindo sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton dengan persentase lumpur lapindo 15%, 30%, 45%

Dosen Pembimbing II : Ir. Eding Iskak Imananto, MT

NO	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	$\frac{20}{06} '13$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- teori hipotesis <math>\rightarrow</math> ref. buku statistik &amp; probabilitas</li> <li>- sumber syarat <math>\rightarrow</math> SN1?</li> <li>- contoh? perhitungan</li> <li>- format tulisan, ukuran font. 12.</li> <li>- data? pengubahan dari lab.</li> </ul>	
2	$\frac{05}{07} '13$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <del>bagian akhir</del></li> <li>- validasi data (interval kepercayaan)</li> <li>- uji F <math>\rightarrow</math> rumus? ?</li> <li>- uji hipotesa lainnya</li> <li>- bentuk isi agregat. <math>\rightarrow</math> perhit. &amp; ukuran</li> <li>- pengejian interval kepercayaan &amp; student <math>\rightarrow</math> contoh tabelnya</li> </ul>	
3	$\frac{29}{07} '13$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- simpornaka bagian akhir <math>\checkmark</math></li> <li>(perjelas kata &amp; var. LL : AB)</li> <li>- teori uji F. (rumus?) diperjelas. <math>\checkmark</math></li> <li>- tulisan dalam tabel bisa font. 10.</li> <li>- Hasil hipotesis simpornaka. <math>\checkmark</math></li> <li>- al. perhitungan analisa regresi (R<sup>2</sup>). <math>\checkmark</math></li> <li>- contohkan pembahasan</li> </ul>	

**LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**

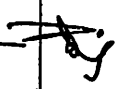
Nama / Nim : Idhamsyah W / 0721038

Fakultas/Jurusan : FTSP / Teknik Sipil

Program Studi : S1

Judul : Studi penelitian pemanfaatan lumpur lapindo sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton dengan persentase lumpur lapindo 15%, 30%, 45%

Dosen Pembimbing II : Ir. Eding Iskak Imananto, MT

NO	Tanggal	Keterangan	Paraf
4	31/07/13	⊕ Daftar Pustaka Daftar Isi + Dokumentasi pembahasan & kesimpulan skripsi skripsi lengkap. de. Bisa seminar hasil & ujian selesai!!!	



11

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]

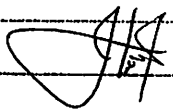


**FORM REVISI / PERBAIKAN**  
**BIDANG GEOTEKNIK**

Nama : IDHAMSYAH WIBISONO  
 NIM : 07.21.038  
 Hari / tanggal : RABU / 21 AGUSTUS 2013

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

1. Setuahan 1h dengan after 1h
2. Penulisan pakai / setuahan dengan prosedur penulisan yg dipakai ITN mulai dari awal sampai akhir
3. Kesimpulan dan saran buktikan. pakai ~~and~~ ~~is~~ ~~is~~ bahan
4. ~~Tambahkan soal?~~

 4/9 2013

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

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 4 - 9 - 2013  
 Dosen Penguji



Malang, 21 - 8 - 2013  
 Dosen Penguji

