

SKRIPSI

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH BATA
MERAH SEBAGAI FILLER PADA BETON ASPAL AC-WC**



Disusun Oleh:

M. SHIDQUL AZIZ

13.21.129

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

2017

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI
STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH BATA
MERAH SEBAGAI FILLER PADA BETON ASPAL AC – WC**

Dipertahankan dihadapan dewan penguji ujian skripsi jenjang Strata Satu (S-1)

Pada Hari Jum'at 04 Agustus 2017

Dan diterima untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar

Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh :
M. SHIDQUL AZIZ
13.21.129

Disahkan oleh :

Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1

Ir. A. Agus Santosa, MT.

Sekretaris Program Studi
Teknik Sipil S-1

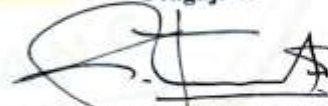
Ir. Munasih, MT.

Anggota Penguji :

Penguji I


Ir. Sudirman Indra, MSc

Penguji II


Ir. Eding Iskak Imananto, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
M A L A N G
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI
STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH BATA
MERAH SEBAGAI FILLER PADA BETON ASPAL AC – WC

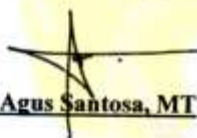
Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang


Disusun Oleh :
M. SHIDQUL AZIZ
13.21.129

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. A. Agus Santosa, MT


Mohammad Erfan, ST, MT

Mengetahui :

Ketia-Program Studi Teknik Sipil S-1



Ir. A. Agus Santosa, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :


Nama : M. Shidqul Aziz
NIM : 13.21.129
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

"STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH BATA MERAH SEBAGAI *FILLER* PADA BETON ASPAL AC – WC " adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur hasil karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil duplikasi atau mengambil karya tulis orang dan pikiran orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 9 September 2017

buat pernyataan

Shidqul Aziz
13.21.129

LEMBAR PERSEMBAHAN

ASSALAMU'ALAIKUM WR. WB.

PUJI SYUKUR SAYA PANJATKAN KE HADIRAT TUHAN YANG MAHA ESA, KARENA AKHIRNYA STUDI SAYA DI TEKNIK SIPIL S – 1 SELAMA 4 TAHUN LULUS DENGAN TEPAT WAKTU.

PERTAMA – TAMA SAYA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH YANG SEBESAR – BESARNYA KEPADA KELUARGA SAYA, APAK, IBU, MBAK AZKA, DAN NADA, ATAS DUKUNGANNYA SECARA MORIL DAN MATERIL SERTA CINTA KASIH YANG TELAH DILIMPAHKAN KEPADA SAYA. YANG TETAP MENDUKUNG DAN MEMBERI DORONGAN KEPADA SAYA SELAMA SAYA BERADA DI ITN MALANG UNTUK MELAKUKAN STUDI DI TEKNIK SIPIL S – 1 HINGGA SELESAI.

SAYA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA DOSEN PEMBIMBING SAYA PAK ERFAN DAN PAK AGUS YANG DENGAN SABAR DAN TELATEN MEMBIMBING SAYA DALAM PROSES Pengerjaan skripsi ini, HINGGA AKHIRNYA SKRIPSI INI DAPAT SELESAI PADA WAKTUNYA. TERIMAKASIH SAYA UCAPKAN PULA KEPADA PAK DIRMAN DAN PAK EDING SEBAGAI DOSEN PENGUJI SELAMA SEMINAR HASIL DAN UJIAN SKRIPSI YANG TELAH MEMBIMBING SAYA SELAMA UJIAN BERLANGSUNG DAN REVISI SKRIPSI HINGGA SKRIPSI INI BOLEH SELESAI DAN LAYAK UNTUK DI PUBLIKASIKAN.

SAYA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA PAK MAHFUD “MASTER SEMBARANG ISO”, YANG TELAH MEMBIMBING PEKERJAAN SKRIPSI DAN TEMPAT KONSULTASI DALAM Pengerjaan penelitian filler limbah bata merah. TERIMAKASIH PULA KEPADA PARA DOSEN DAN STAFF DI TEKNIK SIPIL, KARENA BERKAT SARAN DAN DIDIKAN BELIAU INILAH MENTAL SAYA BISA TERBENTUK DAN SAYA SIAP UNTUK MENGHADAPI DUNIA YANG BERBEDA.

SAYA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA CECE YANG TELAH MEMBANTU DALAM PROSES Pengerjaan skripsi saya, KARENA TELAH MEMBIMBING SAYA DALAM PROSES Pengerjaan skripsi, YANG SAYA NYATAKAN SEBAGAI PEMBIMBING TIDAK TERTULIS.

SAYA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA CAK TAM YANG TELAH MENSUPPORT SAYA DALAM BERBAGAI HAL, YANG SUPPORT DAN KEBAIKANNYA TIDAK BISA DISEBUTKAN SATU PERSATU KARENA BEGITU BANYAK HAL YANG TELAH DILAKUKANNYA UNTUK SAYA.

SAYA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA EVA ROSIANAH YANG TELAH MEMINJAMKAN SAYA LAPTOP DISAAT SAYA MEMBUTUHKAN, KETIKA SAYA MENJALANI KERJA PRAKTEK DAN SKRIPSI.

SAYA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA MARKAS KSR PMI UNIT ITN MALANG YANG BERSEDIA MENJADI TEMPAT TIDUR DIKALA SAYA LEMBUR. SAYA JUGA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA ANGGATAN 2 KSR ITN, ANGGATAN PLAT MERAH 4 ANGGOTA KEPENGURUSAN 2016 SERTA SAYA BERTERIMAKASIH KEPADA TEMAN – TEMAN KSR PMI UNIT ITN MALANG YANG TELAH MENEMANI SAYA SELAMA 4 TAHUN BERADA DI ITN SEHINGGA PROSES PERKULIAHAN SAYA INI MENJADI BERWARNA DAN TERASA SANGAT SERU DAN TIDAK MEMBOSANKAN. SUNGGUH RASANYA BILA TIDAK ADA MEREKA, KULIAH SAYA AKAN TERASA HAMBAR. IBARAT MASAKAN YANG KURANG ASIN, MUNGKIN SEPERTI ITULAH RASANYA BILA TIDAK ADA MEREKA.

SAYA JUGA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA GENGGEKS, SEBAGAI TEMAN SEPERJALANAN DAN SEPENANGGUNGAN. ILHAM, RELEN, DIAN, NUGROHO, TUMO, TAMPAR, KISUT, JAE, BAPAK DESTA. MEREKA YANG TELAH MENEMANI SAYA SELAMA BERKULIAH 4TAHUN, TERUTAMA DI TEKNIK SIPIL – S1 BANYAK KENANGAN DAN PERISTIWA YANG TELAH KITA RASAKAN DAN ALAMI BERSAMA, SEPERTI MENERJAKAN TUGAS BARENG, PENELITIAN BARENG, SKRIPSI BARENG, MASAK BARENG, MAKAN BARENG, NONGKRONG BARENG, NGOPI BARENG, BINGUNG BARENG, DAN PADA AKHIRNYA LULUS BARENG. DAN SAYA BERHARAP KITA SUKSES BARENG.

SAYA JUGA MENGUCAPKAN TERIMAKASIH KEPADA ANGKATAN ~~2013~~TEKNIK SIPIL S – 1 YANG TELAH MENJALANI SEGALA PROSESNYA BERSAMA. TERIMAKASIH UNTUK DUKUNGAN DALAM Pengerjaan tugas, kuis dan ujian CP. TERIMAKASIH TELAH MENJADI KOMPAK SELAMA 4TAHUN.

TERIMAKASIH JUGA KEPADA WARUNG MAKAN MAK MINAH, DAN MAK NING, YANG TELAH MENJADI TEMPAT SAYA MELEPAS DAHAGA DAN LAPAR SEHINGGA MEMBUAT SAYA BISA KEMBALI BERAKTIFITAS DENGAN SEMANGAT, SERTA TEMPAT SAYA NONGKRONG DENGAN TEMAN – TEMAN SAYA. JUGA WARUNG KOPI PAIJO YANG MENJADI TEMPAT UNTUK MELEPASKAN KEPENATAN SERTA TEMPAT SAYA MENONTON PERTANDINGAN LIVERPOOL. (YOU'LL NEVER WALK ALONE – LIVERPOOL)

SAYA UCAPKAN TERIMAKASIH PULA KEPADA PIHAK – PIHAK MAUPUN TEMAN – TEMAN YANG TIDAK BISA SAYA SEBUTKAN SATU PERSATU NAMANYA. AKHIR KATA, TIADA GADING YANG TAK RETAK, TAK ADA YANG SEMPURNA, JADI SAYA MEMOHON MAAF APABILA ADA SALAH KATA.

WASSALAMU'ALAIKUM WR. WB.



KELUARGA MAHENDRA



SAUDARA – SAUDARA KSR ITN MALANG



GENGEGS (MINUS RELEN DAN ILHAM)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Filler pada Beton Aspal AC-WC”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyelesaian Skripsi ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu tak lupa kiranya penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT.** selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak **Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT.** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak **Ir. A. Agus Santosa, MT.** selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Bapak **Ir. A. Agus Santosa, MT.** selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak **Mohammad Erfan, ST, MT.** selaku Dosen Pembimbing II
6. Bapak **Ir. Sudirman Indra, MSc.** selaku Dosen Penguji I
7. Bapak **Ir. Eding Iskak Imananto, MT.** selaku Dosen Penguji II
8. Kedua orang tua dan keluarga, terima kasih atas segala dukungan moril, materiil dan doanya.
9. Rekan-rekan Teknik sipil yang telah turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Penyusun

M. Shidqul Aziz
NIM. 13.21.1129

“Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai *Filler* Pada Beton Aspal AC – WC”

Oleh : M. Shidqul Aziz

Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT dan Mohammad Erfan, ST, MT

ABSTRAKSI

Beton aspal merupakan jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material penyusun beton aspal antara lain agregat kasar, agregat sedang, agregat halus, aspal dan *Filler*. Abu batu dan semen biasa digunakan sebagai *Filler*. Batu bata adalah salah satu unsur bahan bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah liat ditambah dengan air. Limbah bata merah didapatkan dari sisa – sisa pembongkaran bangunan. Pada penelitian ini Limbah bata merah digunakan sebagai *filler* pengganti Abu batu.

Tujuan penelitian ini adalah (1) Mengetahui pengaruh limbah bata merah sebagai *filler* terhadap *density* beton aspal. (2) Mengetahui pengaruh limbah bata merah sebagai *Filler* terhadap uji parameter marshall.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium struktur dan jalan raya, Institut Teknologi Nasional Malang. Penelitian dilakukan 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) Pemanfaatan limbah bata merah memberikan pengaruh terhadap nilai *density* beton aspal yang ditunjukkan dengan adanya penurunan pada nilai persentase VMA dan VIM. Dimana nilai VMA dengan *filler* Abu batu sebesar 17,946%, sedangkan nilai VMA dengan *filler* limbah bata merah sebesar 17,691%. Sementara nilai VIM dengan *filler* abu batu sebesar 4,249%, sedangkan nilai VIM dengan *filler* limbah bata merah sebesar 3,952%. (2)

Pemanfaatan limbah bata merah memberikan pengaruh terhadap uji parameter marshall yang ditunjukkan dengan adanya kenaikan pada nilai stabilitas dan *flow*. Dimana nilai stabilitas dengan *filler* abu batu sebesar 996,202 kg, sedangkan nilai stabilitas dengan *filler* limbah bata merah sebesar 1093,220 kg. Sementara nilai *Flow* dengan *filler* abu batu sebesar 3,45 mm , sedangkan nilai *flow* dengan *filler* limbah bata merah sebesar 4,47 mm.

Kata kunci : Limbah bata merah, Filler, kadar filler optimum.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR GRAFIK	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Hipotesis Penelitian	3
1.6. Batasan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Tinjauan Umum.....	6
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Operasional Penelitian	21
3.2. Tempat Penelitian	21
3.3. Perancangan Penelitian	21
3.4. Persiapan Penelitian.....	22
3.5. Prosedur Pengujian Penelitian.....	44
3.6. Populasi dan Sampel.....	56
3.7. Pengumpulan Data.....	56
3.8. Teknik Analisa Data	56
3.9. Diagram Alir Penelitian	61
BAB IV HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT DAN ASPAL	63
4.1. Hasil Pengujian Agregat	63
4.2. Hasil Pengujian Aspal	80

4.3. Perencanaan Komposisi Campuran	88
4.4. Marshall Test	91
4.5. Perhitungan Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) Menggunakan <i>Filler</i> Abu Batu	92
4.6. Pengujian Interval Kepercayaan	110
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	142
5.1. Perhitungan Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) Menggunakan <i>Filler</i> Limbah Bata Merah	142
5.2. Pengujian Interval Kepercayaan	160
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	217
6.1. Kesimpulan	217
6.2. Saran	225

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal	14
Tabel 2.2 Gradasi Bahan Pengisi	16
Tabel 2.3 Hasil Analisis Kimia Limbah Marmer	19
Tabel 3.1 Ukuran Cawan Penetrasi	22
Tabel 3.2 Ukuran Agregat Standard dan Non Standar yang dapat Digunakan dengan Dasar Ukuran Saringan dari <i>British Standart</i>	26
Tabel 3.3 Data Silinder Untuk Berat Isi	28
Tabel 3.4 Daftar Saringan Yang digunakan Untuk Analisa	28
Tabel 3.5 Berat Minimum Benda Uji.....	37
Tabel 3.6 Data Untuk Menentukan Angka Angularitas	37
Tabel 3.7 Berat Minimum Benda Uji Agregat Halus.....	38
Tabel 3.8 Berat Minimum Benda Uji Agregat Kasar.....	39
Tabel 3.9 Daftar Berat dan Gradasi Benda Uji	40
Tabel 3.10 Tingkat Kekentalan (Viskositas) Aspal Untuk Aspal Padat dan Aspal Cair	41
Tabel 3.11 Data Untuk Menentukan Indeks Kepipihan	49
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (<i>Aggregate Impact Value</i>) Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan Terhadap Tumbukan	64
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (<i>Flakiness Indeks</i>) Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan.....	65
Tabel 4.3 Hasil Penentuan Angka Angularitas (<i>Angularity Number</i>) Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan.....	67
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus 0 – 5 Desa Selok Awar – awar, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang	68
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Sedang 5 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan	69
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan	70

Tabel 4.7 Analisa Saringan Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan	71
Tabel 4.8 Analisa Saringan Agregat Sedang 5 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan	72
Tabel 4.9 Analisa Saringan Agregat Halus 0 – 5 Desa Selok Awar – awar, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang	72
Tabel 4.10 Berat Jenis Penyerapan Agregat Halus 0 – 5 Desa Selok Awar – awar, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang	74
Tabel 4.11 Berat Jenis Penyerapan Agregat Sedang 5 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan	76
Tabel 4.12 Berat Jenis Penyerapan Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan	78
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Keausan Agregat Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan	79
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Sebelum Kehilangan Berat	80
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Setelah Kehilangan Berat	81
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina	82
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Sebelum Kehilangan Berat.....	83
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Setelah Kehilangan Berat.....	84
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Sebelum Kehilangan Berat.....	85
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Setelah Kehilangan Berat.....	85
Tabel 4.21 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina	87
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina	88

Tabel 4.23 Gradasi Agregat	90
Tabel 4.24 Perhitungan Berat Agregat Beton Aspal AC – WC Setiap Variasi Kadar Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina	91
Tabel 4.25 Data Umum Campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Kadar Aspal 5 % direndam dalam <i>Water Bath</i> Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	96
Tabel 4.26 Data Perhitugan Density Campuran Ac – WC Abu batu Kadar Aspal 5% direndam dalam <i>Water bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C.....	96
Tabel 4.27 Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Kadar Aspal 5% direndam dalam <i>Water bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C.....	97
Tabel 4.28 data Umum campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Kadar Aspal 5,5% direndam dalam <i>Water Bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C	97
Tabel 4.29 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu batu kadar aspal 5,5 % direndam dalam <i>Water Bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C	98
Tabel 4.30 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu batu kadar aspal 5,5 % direndam dalam <i>water bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C.	98
Tabel 4.31 Data Umum campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Kadar Aspal 6 % direndam dalam <i>Water Bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C	99
Tabel 4.32 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu batu kadar aspal 6 % direndam dalam <i>Water Bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C.....	99
Tabel 4.33 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu batu kadar aspal 6 % direndam dalam <i>water bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C....	100
Tabel 4.34 Data Umum campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam <i>Water Bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C	100
Tabel 4.35 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu batu kadar aspal 6,5 % direndam dalam <i>Water Bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C .	101
Tabel 4.36 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu batu kadar aspal 6,5 % direndam dalam <i>water bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C.	101
Tabel 4.37 Data Umum campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Kadar Aspal 7 % direndam dalam <i>Water Bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C	102
Tabel 4.38 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC <i>Filler</i> Abu batu kadar aspal 7 % direndam dalam <i>Water Bath</i> selama 30 menit pada suhu 60°C.....	102

Tabel 4.39 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 7 % direndam dalam water bath selama 30 menit pada suhu 60°C....	103
Tabel 4.40 Data Umum campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	103
Tabel 4.41 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 5 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	104
Tabel 4.42 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 5 % direndam dalam water bath selama 24 jam pada suhu 60°C.....	104
Tabel 4.43 Data Umum campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	105
Tabel 4.44 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	105
Tabel 4.45 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 5,5 % direndam dalam water bath selama 24 jam pada suhu 60°C....	106
Tabel 4.46 Data Umum campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	106
Tabel 4.47 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 6 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	107
Tabel 4.48 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 6 % direndam dalam water bath selama 24 jam pada suhu 60°C.....	107
Tabel 4.49 Data Umum campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	108
Tabel 4.50 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	108
Tabel 4.51 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 6,5 % direndam dalam water bath selama 24 jam pada suhu 60°C....	109
Tabel 4.52 Data Umum campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	109
Tabel 4.53 Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 7 % direndam dalam Water Bath selama 24 jam pada suhu 60°C	110
Tabel 4.54 Data perhitungan marshall test campuran AC – WC Filler Abu batu kadar aspal 7 % direndam dalam water bath selama 24 jam pada suhu 60°C.....	110

Tabel 4.55 Data Pengujian Stabilitas Kadar Aspal 5% beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu.....	111
Tabe 4.56 Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu baut pada variasi kadar aspal 5% setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan.....	112
Tabel 4.57. Interval Kepercayaan Data Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)	112
Tabel 4.58. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	113
Tabel 4.59. Interval Kepercayaan Data Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	113
Tabel 4.60 Data Pengujian <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	113
Tabel 4.61 Interval Kepercayaan Data VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	114
Tabel 4.62 Data Pengujian VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	114
Tabel 4.63 Interval Kepercayaan Data VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	114
Tabel 4.64 Data Pengujian VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	115
Tabel 4.65 Interval Kepercayaan Data <i>Marshall Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit)	115
Tabel 4.66 Data Pengujian <i>Marshall Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit) 115	
Tabel 4.67 Interval Kepercayaan Data VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	116
Tabel 4.68 Data Pengujian VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	116
Tabel 4.69 Interval Kepercayaan Data Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	116
Tabel 4.70 Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	117

Tabel 4.71 Interval Kepercayaan Data <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	117
Tabel 4.72 Data Pengujian <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	117
Tabel 4.73 Interval Kepercayaan Data VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	118
Tabel 4.74 Data Pengujian VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	118
Tabel 4.75 Interval Kepercayaan Data VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	118
Tabel 4.76 Data Pengujian VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	119
Tabel 4.77 Interval Kepercayaan Data <i>Marshall Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	119
Tabel 4.78 Data Pengujian <i>Marshall Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam) ...	119
Tabel 4.79 Interval Kepercayaan Data VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	120
Tabel 4.80 Pengujian VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam).....	120
Tabel 4.81 Data Indeks Perendaman Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu.....	121
Tabel 5.1 Data Umum Campuran AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam <i>Water Bath</i> Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	146
Tabel 5.2 Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam <i>Water Bath</i> Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C.....	146
Tabel 5.3. Data Perhitungan <i>Marshall Test</i> Campuran AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam <i>Water Bath</i> Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	147
Tabel 5.4. Data Umum Campuran AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam <i>Water Bath</i> Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	147

Tabel 5.5. Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	148
Tabel 5.6. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	148
Tabel 5.7. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	149
Tabel 5.8. Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	149
Tabel 5.9. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	150
Tabel 5.10. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	150
Tabel 5.11. Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	151
Tabel 5.12. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	151
Tabel 5.13. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	152
Tabel 5.14. Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	152
Tabel 5.15. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C	153
Tabel 5.16. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam Water Bath Selama 242 Jam Pada Suhu 60 °C	153

Tabel 5.17. Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	154
Tabel 5.18. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C	154
Tabel 5.19. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	155
Tabel 5.20. Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	155
Tabel 5.21. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C	156
Tabel 5.22. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	156
Tabel 5.23. Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	157
Tabel 5.24. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C	157
Tabel 5.25. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	158
Tabel 5.26. Data Perhitungan Densitiy Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	158
Tabel 5.27. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C	159
Tabel 5.28. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	159

Tabel 5.29. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C.....	160
Tabel 5.30. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C	160
Tabel 5.31. Data Pengujian Stabilitas pada Variasi Kadar Aspal 5 % Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah	161
Tabel 5.32. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Variasi Kadar Aspal 5 % setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan.....	162
Tabel 5.33. Interval Kepercayaan Data Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	162
Tabel 5.34. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	162
Tabel 5.35. Interval Kepercayaan Data Flow Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	163
Tabel 5.36. Data Pengujian Flow Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	163
Tabel 5.37. Interval Kepercayaan Data VIM Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	163
Tabel 5.38. Data Pengujian VIM Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	164
Tabel 5.39. Interval Kepercayaan Data VMA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	164
Tabel 5.40. Data Pengujian VMA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	164
Tabel 5.41. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	165
Tabel 5.42. Data Pengujian Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	165

Tabel 5.43. Interval Kepercayaan Data VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	165
Tabel 5.44. Data Pengujian VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)	166
Tabel 5.45. Interval Kepercayaan Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	166
Tabel 5.46. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam) ...	166
Tabel 5.47. Interval Kepercayaan Flow Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	167
Tabel 5.48. Data Pengujian Flow Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam) ...	167
Tabel 5.49. Interval Kepercayaan VIM Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	167
Tabel 5.50. Data Pengujian VIM Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam) ...	168
Tabel 5.51. Interval Kepercayaan VMA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	168
Tabel 5.52. Data Pengujian VMA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam) ...	168
Tabel 5.53. Interval Kepercayaan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	169
Tabel 5.54. Data Pengujian Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)	169
Tabel 5.56. Interval Kepercayaan VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	169
Tabel 5.57. Data Pengujian VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam) ...	170
Tabel 5.58. Data Indeks Perendaman Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah	170

Tabel 6. 1 Perbandingan antara <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan <i>Filler</i> Abu Batu pada Beton Aspal AC – WC terhadap <i>density</i> (Perendaman 30 Menit).....	206
Tabel 6. 2 Perbandingan antara <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan <i>Filler</i> Abu Batu pada Beton Aspal AC – WC terhadap <i>density</i> (Perendaman 24 Jam).....	207
Tabel 6. 3 Perbandingan antara <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan <i>Filler</i> Abu Batu pada Beton Aspal AC – WC terhadap Uji Parameter Marshall (Perendaman 30 Menit)	208
Tabel 6. 4 Perbandingan antara <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan <i>Filler</i> Abu Batu pada Beton Aspal AC – WC terhadap Uji Parameter Marshall (Perendaman 24 Jam)	209
Tabel 6.5 Hasil Uji Hipotesa <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Terhadap Density Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 30 Menit.....	220
Tabel 6.6 Hasil Uji Hipotesa <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Terhadap Density Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 24 Jam.....	221
Tabel 6.7 Hasil Uji Hipotesa <i>Filler</i> Abu Batu Terhadap Density Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 30 Menit	221
Tabel 6.8 Hasil Uji Hipotesa <i>Filler</i> Abu Batu Terhadap Density Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 24 Jam	222
Tabel 6.9 Hasil Uji Hipotesa <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Terhadap Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 30 Menit.....	222
Tabel 6.10 Hasil Uji Hipotesa <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Terhadap Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 24 Jam.....	223
Tabel 6.11 Hasil Uji Hipotesa <i>Filler</i> Abu Batu Terhadap Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 30 Menit.....	224
Tabel 6.12 Hasil Uji Hipotesa <i>Filler</i> Abu Batu Terhadap Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 24 Jam.....	224

DAFTAR GAMBAR

Tabel 3.1 Diagram Alir Penelitian	62
---	----

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Pencampuran 3 fraksi agregat dengan metode Rotchlucs tipe A	89
Grafik 4.2 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	122
Grafik 4.3 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	122
Grafik 4.4 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	123
Grafik 4.5 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	123
Grafik 4.6 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	124
Grafik 4.7 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	124
Grafik 4.8 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	125
Grafik 4.9 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	125
Grafik 4.10 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit)	126
Grafik 4.11 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam) ...	126
Grafik 4.12 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 30 menit).....	127
Grafik 4.13 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu (Perendaman 24 jam).....	127
Grafik 4.14 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP) Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu.....	128
Grafik 4.15 Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu.....	129
Grafik 4.16 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam....	130

Grafik 4.17 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam....	132
Grafik 4.18 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam....	134
Grafik 4.19 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam....	136
Grafik 4.20 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall</i> <i>Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam	138
Grafik 4.21 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam....	140
Grafik 5.1 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	172
Grafik 5.2 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	172
Grafik 5.3 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	173
Grafik 5.4 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	173
Grafik 5.5 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	174
Grafik 5.6 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	174
Grafik 5.7 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	175
Grafik 5.8 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	175
Grafik 5.9 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)	176
Grafik 5.10 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall</i> <i>Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	176

Grafik 5.11 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit).....	177
Grafik 5.12 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam).....	177
Grafik 5.13 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP) Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah.....	178
Grafik 5.14 Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah.....	178
Grafik 5.15 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam.....	179
Grafik 5.16 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam.....	181
Grafik 5.17 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam.....	183
Grafik 5.18 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam.....	185
Grafik 5.19 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall</i> <i>Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam.....	187
Grafik 5.20 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam.....	189
Grafik 5.21 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit.....	191
Grafik 5.22 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit.....	193

Grafik 5.23 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit	195
Grafik 5.24 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit	198
Grafik 5.25 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall</i> <i>Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit	200
Grafik 5.26 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit	203
Grafik 5.27 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam	205
Grafik 5.28 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam	207
Grafik 5.29 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam	209
Grafik 5.30 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam	211
Grafik 5.31 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall</i> <i>Quotient</i> Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam	213
Grafik 5.32 Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC <i>Filler</i> Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam	215

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Campuran beraspal merupakan material yang sering dipakai untuk melapisi permukaan jalan, contohnya seperti campuran *Asphalt Concrete (AC)* yang dikenal dengan beton aspal, *Hot Rolled Sheet (HRS)* atau lapis tipis aspal beton, *Split Mastic Asphalt (SMA)*, dan lain sebagainya, dimana yang membedakan campuran tersebut adalah komposisi gradasi agregatnya serta jumlah kadar aspalnya. Beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dari campuran beraspal antara lain adalah kemampuan memikul beban tanpa mengalami kerusakan (stabilitas), kemampuan bertahan tanpa mengalami kehancuran terhadap waktu pelayanan (durabilitas), kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan sifat mudah dikerjakan (*workability*). Penggunaan *filler* (material pengisi) yang paling sering digunakan untuk campuran beraspal adalah abu batu, yang merupakan hasil bawaan dari proses pemecahan batu oleh alat *stone crusher* sehingga sedikit yang bisa diperoleh. Sebagai alternatif pengganti abu batu sebagai *filler* yang sering digunakan adalah *filler* semen, tetapi di beberapa daerah sulit didapatkan dan harganya relatif mahal. Beberapa perusahaan yang bergerak dibidang proyek konstruksi jalan umumnya menghendaki bahan *filler* yang mudah didapatkan, ekonomis dan menggunakan bahan lokal sebagai bahan alternatif.

Dalam rangka memenuhi harapan tersebut, penulis mencoba melakukan penelitian salah satu bahan lokal sebagai alternatif pengganti *filler* yaitu limbah bata merah. Hal ini di dukung dengan mudahnya mendapatkan bata merah di sekitar kita, bata merah memiliki harga yang sangat ekonomis dan banyak di jual di toko bangunan di berbagai daerah di indonesia ataupun dari sisa – sisa pembongkaran bangunan yang bisa di dapat secara gratis. Bata merah di atas dihancurkan sampai lolos saringan no. 200 agar dapat dimanfaatkan sebagai *filler*. harapan penulis dapat terjawab melalui serangkaian penelitian, sehingga diperoleh bahan perkerasan jalan khususnya *filler* yang dapat menggantikan material standar yang memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah pemanfaatan limbah bata merah sebagai *filler* dapat memberi pengaruh terhadap *density* beton aspal ?
2. Apakah pemanfaatan limbah bata merah sebagai *filler* dapat memberi pengaruh terhadap uji parameter marshall ?
3. Apakah *filler* limbah bata merah lebih unggul dibandingkan dengan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC terhadap *density* dan uji parameter marshall dengan disertai alasan ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah :

1. Untuk mengetahui limbah bata merah sebagai *filler* dapat memberi pengaruh terhadap *density* beton aspal.
2. Untuk mengetahui limbah bata merah sebagai *filler* dapat memberi pengaruh terhadap uji parameter marshall.
3. Untuk mengetahui limbah bata merah sebagai *filler* lebih unggul dibandingkan dengan abu batu sebagai *filler* pada beton aspal AC – WC terhadap *density* dan uji parameter marshall dengan disertai alasan.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk peneliti
Sebagai salah satu kesempatan untuk menerapkan pengetahuan di bidang perkerasan jalan (aspal beton). Sehingga dapat memperluas wawasan keilmuan.
2. Untuk praktisi
Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi pihak produksi aspal *hotmix*, dengan memanfaatkan limbah bata merah sebagai *filler* pada aspal beton AC – WC melalui prosedur pengujian terhadap parameter marshall.

1.5. Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa hipotesis penelitian yang dihasilkan dari rumusan masalah, hipotesis tersebut antara lain :

1. Limbah bata merah sebagai *filler* dapat memberi pengaruh terhadap *density* beton aspal AC – WC.
2. Limbah bata merah sebagai *filler* dapat memberi pengaruh terhadap uji parameter marshall beton aspal AC – WC.
3. Limbah bata merah sebagai *filler* lebih unggul dibandingkan dengan abu batu sebagai *filler* terhadap *density* dan uji parameter marshall pada beton aspal AC – WC.

1.6. Batasan Penelitian

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

1. Hanya mencari pengaruh pemanfaatan limbah bata merah sebagai *filler* terhadap uji parameter marshall.
2. Dimanfaatkannya limbah bata merah sebagai bahan pengganti (*filler*) terhadap karakteristik aspal beton (AC – WC).
3. Limbah bata merah sebagai *filler* pada aspal beton yang dimanfaatkan lolos saringan no.200.
4. Variasi aspal untuk penambahan limbah bata merah sebagai *filler* pada aspal adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dari berat aspal beton AC – WC.
5. Aspal yang digunakan adalah aspal keras penetrasi 60/70.
6. Persentase limbah bata merah dan abu batu sebagai *filler* yang digunakan adalah sebesar 6,5 % dari berat total agregat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu :

1. Studi Pemanfaatan Abu Tanah Liat Bakar Asal Gunung Sarik Padang Sebagai *Filler* Pada Campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS) – WC (Fauna Adibroto, 2014). Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap campuran HRS – WC dengan substitusi *filler* standar menggunakan *filler* tanah liat bakar asal Gunung Sarik Padang, diperoleh kesimpulan bahwa campuran beraspal yang dihasilkan ternyata memenuhi syarat spesifikasi perkerasan jalan.

2. Kajian Laboratorium Limbah Marmer Sebagai *Filler* Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Antara (AC – BC) (Zulkifli, dkk. 2009). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi limbah marmer yang digunakan maka nilai VIM meningkat dari 4,5 % menjadi 4,8 % pada 100 % limbah marmer sedangkan nilai *flow* meningkat dari 3,5 mm menjadi 3,7 mm sementara nilai VMA meningkat dari 15,8 % menjadi 15,9 % dan nilai VFB meningkat dari 70 % menjadi 71 % pada kandungan limbah marmer 100 %. Nilai stabilitas menurun dari 2040 kg menjadi 1840 kg, hasil pengujian kepadatan mutlak (*refusall density*) campuran aspal pada KAO adalah 3,15 % (0 % limbah marmer), 3,40 % pada (50 % limbah marmer) dan 96,65 % (100 % limbah marmer) dengan syarat minimal 75 %, nilai keawetan campuran beton aspal Lapis Antara (AC – BC) pada KAO adalah 98,20 % (0 % limbah marmer), 97,95 % (50 % limbah marmer) dan 96,65 % (100 % limbah marmer) dengan syarat minimal 75 %.

3. Tinjauan Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai *Filler* Terhadap Karakteristik Laston Lapis Aus (AC – WC) (Zulfikar, dkk. 2013). Hasil dengan perendaman Marshall menggunakan *filler* 1 % serbuk arang tempurung kelapa tambah 1 % abu sekam tambah 5 % abu batu diperoleh nilai IKS (Indeks Kekuatan Sisa) yaitu (90,29 %) dengan nilai stabilitas pada rendaman 30 menit sebesar 1380 kg dan nilai stabilitas pada rendaman 24 jam sebesar 1246 kg, dari hasil pengujian, secara umum dapat disimpulkan bahwa penggunaan *filler* dari 1 % serbuk arang tempurung kelapa tambah 1 % abu sekam tambah 5 % abu batu dalam campuran AC – WC menunjukkan kinerja campuran yang baik.

4. Pengaruh Penggunaan Abu Vulkanik Sebagai *Filler* Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis *Ashpalt Concrete – Wearing Course* (AC – WC) (Sudarmadji, Hamdi. 2014). Semakin besar kadar abu vulkanik yang digunakan maka semakin kecil nilai *density*. Hal ini disebabkan karena *filler* abu vulkanik memiliki berat jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis *filler* semen. Nilai *density* yang paling besar variasi 0 % yaitu 2,300 Kg, nilai VMA untuk masing – masing variasi kadar abu vulkanik memenuhi persyaratan minimum. Selain itu, semakin besar kadar abu vulkanik yang digunakan maka semakin besar nilai VMA, nilai VMA yang paling besar variasi 100 % yaitu 16,931 Kg, nilai VFA untuk variasi 50 % memiliki nilai VFA paling tinggi yaitu 77,893 Kg sehingga dapat menyebabkan perkerasan mengalami *bleeding* ketika menerima beban lalu lintas dan suhu yang tinggi, pada VIM untuk variasi 50 % memiliki nilai VIM paling rendah yaitu 3,616 Kg sehingga dapat menyebabkan terjadi oksidasi aspal menjadi rapuh dan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat, pada stabilitas, semakin besar kadar abu vulkanik yang digunakan maka semakin kecil nilai stabilitas. Dari pengujian yang telah dilakukan nilai stabilitas yang paling besar 0 % yaitu 1461,7 Kg, pada *flow*, variasi 100 % dengan nilai 4,505 berpengaruh pada perkerasan yang lebih plastis. Sedangkan variasi 25 % dengan nilai 3,561 Kg berpengaruh pada perkerasan yang lebih kaku, pada *marshall Quantient*, untuk variasi 25 %

memiliki nilai *Marshall Quantient* paling tinggi yaitu 372,685 sehingga dapat menyebabkan campuran aspal beton menjadi kaku dan fleksibilitasnya rendah. Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin banyak abu vulkanik yang digunakan sebagai *filler* pada campuran aspal beton lapis AC – WC maka semakin menurun kuat tekan aspal beton tersebut.

2.2. Tinjauan Umum

Dalam melakukan sebuah proses penelitian perlu ditetapkan kriteria – kriteria yang akan digunakan sebagai tolok ukur pelaksanaan sejak tahap analisa.

1. Perkerasan Jalan Raya

Konstruksi perkerasan jalan adalah suatu lapisan agregat yang dipadatkan dengan atau tanpa lapisan pengikat di atas lapisan tanah pada suatu jalur jalan. Apabila konstruksi perkerasan direncanakan menggunakan lapisan pengikat, maka lapisan pengikat yang umum digunakan adalah lapisan aspal atau semen. Dengan adanya konstruksi perkerasan jalan, maka badan jalan akan terlindung dari kerusakan terutama yang disebabkan oleh air dan beban lalu lintas dimana konstruksi perkerasan jalan akan memperkuat daya dukung tanah dasar yang melemah akibat air. Selain itu lapisan – lapisan pada konstruksi perkerasan jalan juga akan membantu lapisan tanah dasar sehingga beban yang diterima lapisan tanah dasar tidak terlalu besar (Silvia Sukirman, 1999:4). Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003). Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan pada konstruksi jalan itu sendiri. Dengan demikian lapisan perkerasan ini memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan selama masa pelayanan jalan tersebut.

Dalam perencanaannya, perlu dipertimbangkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi fungsi pelayanan konstruksi perkerasan tersebut, diantaranya fungsi jalan, kinerja perkerasan, umur rencana, lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan, sifat dasar tanah, kondisi lingkungan, sifat dan material tersedia di lokasi yang akan digunakan untuk perkerasan, dan bentuk geometrik lapisan perkerasan. Fungsi Lapis Perkerasan supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis – lapis.

Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang diletakkan di atas tanah dasar (*subgrade*) yang telah mengalami pemadatan dan mempunyai fungsi untuk mendukung beban lalu lintas yang kemudian menyebarkannya ke badan jalan supaya tanah dasar tidak menerima beban yang lebih besar dari daya dukung tanah yang diijinkan. Tujuan dari pembuatan lapis perkerasan jalan adalah agar dicapai suatu kekuatan tertentu sehingga mampu mendukung beban lalu lintas dan dapat menyalurkan serta menyebarkan beban roda – roda kendaraan yang diterima ke tanah dasar (Silvia Sukirman, 1992). *Asphalt concrete* salah satu jenis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia, merupakan suatu lapisan pada jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Pembuatan Lapis Beton Aspal dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987). Umur pelayanan perkerasan beraspal tergantung pada beberapa faktor antara lain jumlah dan berat beban lalu lintas, cuaca, kualitas material, kekuatan *sub grade*, drainase serta kualitas struktur lapis keras itu sendiri. Pemeliharaan yang tepat pada waktunya akan dapat memperpanjang umur pelayanan lapis keras.

a. Perkerasan Lentur (*Fleksibel Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan – lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas dipikul pelat beton.

c. Perkerasan Komposit (*Composit Pavement*)

Perkerasan yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku.

Campuran *Aspal Concrete* (AC) dan *Wearing Course* (WC) merupakan salah satu jenis aspal beton campuran (*hot mix*) yang termasuk dalam jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*).

1) **Konstruksi Perkerasan Lentur**

Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasaan yang terdiri dari beberapa lapisan bahan yang diletakkan diatas tanah dasar atau badan jalan yang di padatkan dan kedudukan stabil, oleh karena itu perkerasan lentur harus dapat memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

a) Syarat – syarat Jalan Raya

Perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

- (1) Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- (2) Permukaan cukup kaku sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja diatasnya.
- (3) Permukaan cukup kesat, memberikan gesekan yang baik antara ban dengan permukaan jalan sehingga tidak mudah terjadi selip.
- (4) Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena pantulan sinar matahari.

b) Syarat – syarat Kekuatan atau Sruktural

Perkerasan jalan di lihat dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban haruslah memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

- (1)Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan bahan atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- (2)Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap kelapisan dibawahnya. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya dapat cepat teralirkan.
- (3)Kekuatan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

2. Beton Aspal

Beton Aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lapisan beton aspal 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 beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama *hotmix*.

Beton Aspal harus memiliki karakteristik dalam pencampuran yaitu stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan. Ketujuh sifat aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran.

Untuk uraian dari ketujuh karakteristik aspal beton yang harus dimiliki, yaitu:

a. 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 yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

b. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, air, atau perubahan temperatur. 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 akan mengakibatkan jalan semakin licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa akan semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara didalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun.

c. Fleksibilitas (*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.

d. *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 – factor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekerasan permukaan dari butir – butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepatan 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 permukaan tidak mudah menjadi licin akibat repitisi kendaraan.

e. *Ketahanan terhadap kelelahan (Fatigue Resistance)*

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

f. *Kedap air (Impermeabilitas)*

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

g. *Kemudahan Pengerjaan (Workability)*

Kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi

pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses aspal terhadap perubahan tempatur, dan gradasi serta kondisi agregat.

Sifat – sifat aspal beton mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis aspal beton yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis aspal beton yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi, dari pada memilih jenis aspal beton dengan stabilitas tinggi.

2) Material Penyusun Aspal Beton

a) Agregat kasar

Fraksi Agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan pada tabel 2.1. fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran – ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi sehingga menjamin keamanan lalu lintas.

Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut angular sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*, untuk itu nilai *los angles abration test* harus dipenuhi.

b) Agregat halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan no.8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir.

Bahan ini dapat terdiri dari butir – butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya.

(1) Gradasi Agregat

Gradasi merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat biasanya mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup. Gradasi agregat dibedakan atas :

(a) Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

(b) Gradasi rapat (*Dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus dalam porsi yang seimbang, sehingga sering disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Agregat dikatakan bergradasi baik jika persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi:

$$P = 100 (d/D)^{0.4} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

P = Persen lolos saringan dengan bukaan d mm

d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = Ukuran maksimum partikel dalam gradasi terbuka

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas yang tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.

(c) Gradasi senjang (*Gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara agregat bergradasi seragam dan agregat bergradasi rapat. Gradasi agregat yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2010 diperlihatkan pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Gradasi agregat untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran laston (AC)					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	AC-BASE	WC	BC	AC-BASE
37,5	-	-	100	-	-	100
25	-	-	90 - 100	-	100	90 - 100
19	100	100	73 - 100	100	90 - 100	73 - 90
12,5	90 - 100	90 - 100	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
9,5	72 - 90	74 - 90	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
4,75	54 - 69	64 - 82	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
2,36	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
1,18	31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
0,6	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
0,3	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
0,15	915	413	410	613	511	4,5 - 9
0,075	410	48	36	410	48	37

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Jalan)

(2) Spesifikasi gradasi agregat lapis AC – WC

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang kaku dan keras. Agregat dengan kualitas dan mutu yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya (Silvia Sukirman, 2012).

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi :

(a) Kekuatan dan keawetan yang dipengaruhi oleh:

- 1] Gradasi
- 2] Ukuran maksimum
- 3] Kadar lempung
- 4] Kekerasan dan ketahanan
- 5] Bentuk butir
- 6] Tekstur permukaan

(b) Kemampuan yang dilapisi dengan aspal yang baik dipengaruhi oleh:

- 1] Porositas
- 2] Kemungkinan basah
- 3] Jenis agregat

(c) Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman yang dipengaruhi oleh :

- 1] Tahan geser
- 2] Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan

Pada campuran *asphalt concrete* yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC – WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC – WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat.

c) *Filler*

Filler adalah material yang sangat halus, minimum 75 % yang lolos saringan No. 200 (0,074). Pada prakteknya fungsi *filler* adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengarungi kepekaan terhadap

temperatur, meningkatkan komposisi *filler* dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar *air void* (rongga udara).

Demikian komposisi *filler* dalam campuran tetap dibatasi yaitu sebesar 4 – 10 % dari berat aspal beton jadi, karena terlalu tinggi kadar *filler* dalam campuran akan mengakibatkan campuran getas (*brittle*) dan akan retak (*crack*) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi terlalu rendah kadar *filler* akan mengakibatkan campuran terlalu lunak pada saat cuaca panas.

Adapun karakteristik yang harus dimiliki oleh material *filler* (Sheheard P.B) yaitu :

- (1) Tidak reaktif atau mengurangi saat dicampur dengan aspal
- (2) Tidak larut dalam air
- (3) Berwarna gelap, untuk menghindari masuknya matahari karena masuknya matahari dapat mempercepat proses oksidasi aspal.
- (4) Tidak hancur saat proses pencampuran dan selama umur pelayanan.

Tabel 2. 2 Gradasi Bahan Pengisi

Ukuran Saringan	Prosentase Lolos
No. 30 (0,590 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95 – 100
No. 100 (0,149)	90 – 100
No. 200 (0,074)	75 – 100

(Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Beton Aspal)

(a) Abu Batu (sebagai bahan pengisi atau *filler*)

Abu batu merupakan agregat buatan. Agregat yang merupakan mineral filler/pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan mesin pemecah batu. Material jenis ini banyak dibutuhkan untuk campuran dalam proses pengaspalan.

kelebihan abu batu dari segi teksturnya, abu batu memiliki tekstur yang masih sangat tajam, sehingga saat kita gunakan sebagai campuran beton aspal akan membuat ikatan di didalam beton tersebut menjadi kuat, yang akhirnya dapat membuat kekuatan beton aspal semakin meningkat.

(b) Limbah Bata Merah (sebagai bahan pengisi atau *filler*)

Batu bata adalah salah satu unsure bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah liat ditambah air dengan atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu jika didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air (Ramli, 2007).

Komposisi tanah yang berasal dari kecamatan turen mengandung kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) dan $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8$ (anothite, sodian, disordered). Kaolinite terbentuk dari perubahan hidrotermal dari mineral – mineral aluminosilikat. Batuan granit merupakan sumber terbesar penghasil kaolinite. Sifat dari kaolinite adalah tidak dapat mengabsorpsi air, kaolinite tidak dapat mengembang pada saat kontak dengan air.

Proses pembuatan batu bata melalui beberapa tahapan, meliputi penggalian bahan mentah, pengolahan bahan, pembentukan, pengeringan, pembakaran, pendinginan, dan pemilihan (seleksi) (Suwardono, 2002).

(c) Abu Tanah Liat Bakar (sebagai bahan pengisi atau *filler*)

Abu tanah liat bakar dalam hal ini merupakan abu yang diperoleh dari pembakaran tanah liat (*clay*) dengan proses yang sederhana seperti proses pembakaran bata yang terbuat dari tanah liat. Kalau proses pembuatan bata terdapat beberapa tahapan mulai dari persiapan bahan, pemeraman, pembentukan, pengeringan dan penyusunan dalam tungku, pembakaran sehingga diperoleh bata siap pakai. Proses pembakaran bata tersebut pada

temperature tinggi maka sifat tanah liat sebagai bahan dasar bata akan mengalami perubahan sebagai berikut :

- 1] Pada temperatur 150 °C semua air pembentuk dan yang ditambahkan pada tanah liat akan menguap.
- 2] Pada temperatur 400 °C – 600 °C air yang terikat secara kimia dan zat lain di dalam tanah liat akan menguap.
- 3] Pada temperatur di atas 800 °C terjadi perubahan menjadi padat dan kuat.
- 4] Senyawa besi yang terdapat pada tanah liat akan berubah menjadi stabil dan umumnya akan memberikan warna merah.

Dari proses tersebut maka sifat plastis pada tanah liat akan hilang, dan selanjutnya dengan proses penggilingan sederhana dapat diperoleh butiran halus. Untuk mendapatkan filler maka dilakukan penyaringan dengan saringan No. 200 (Fauna Adibroto, 2014).

(d)Limbah Marmer (sebagai bahan pengisi atau *filler*)

Batuan ini terbentuk dari batu gamping (Limestone) dari hasil sedimentasi secara kimia air laut. Kita mengenal berbagai jenis batu gamping yaitu :

- 1] Batu gamping kristalin
- 2] Batu gamping kalkarenik

Kedua jenis batu gamping ini dapat berubah menjadi batu marmer oleh proses metamorfosa akibat adanya panas bumi (intrusi/terobosan magma dari dalam perut bumi) yang mengubah komposisi dan warna kandungan mineral yang ada pada batu gamping sehingga kelihatan lebih artistik.

Tidak semua batu gamping adalah marmer tapi semua batu marmer adalah berasal dari batu gamping.

Marmer atau batu pualam merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau malihan dari batu gamping. Marmer banyak digunakan untuk bangunan seperti ubin lantai, dinding, dekorasi atau hiasan, ornamen dan perabot rumah tangga.

Tabel 2.3 menyajikan hasil pengujian analisis kimia limbah marmer yang dilakukan di Balai Riset dan Standarnisasi Industri dan Perdagangan Propinsi Makassar.

Tabel 2.3 Hasil Analisis Kimia Limbah Marmer

No	Parameter	Hasil Uji
1	Silikon dioksida (SiO ₂), %	0,26
2	Kalsium Oksida (CaO), %	53,90
3	Magnesium Oksida (MgO), %	0,19

Dari hasil analisis kimia limbah marmer menunjukkan kandungan Kalsium Oksida yang paling besar, diatas 50 %. Dengan kandungan Kalsium Oksida (CaO) yang terdapat pada limbah marmer memungkinkan akan memiliki peranan sebagai penguat (*reinforcement*) dalam campuran aspal (Zulkifli, 2009).

(e) Serbuk Arang Tempurung Kelapa (sebagai bahan pengisi atau *filler*)

merupakan lapisan keras yang terdiri dari *lignin*, *selulosa*, *mektosil*, dan berbagai mineral. Kandungan bahan-bahan tersebut beragam sesuai dengan jenis kelapanya. Struktur yang keras disebabkan oleh *silikat* (SiO₂) yang cukup tinggi kadar nya pada tempurung kelapa. Berat tempurung kelapa sekitar 12% dari berat keseluruhan kelapa (Zulfikar, 2014).

(f) Semen Portland (sebagai bahan pengisi atau *filler*)

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif digunakan sebagai bahan pengikat (*Bonding material*) yang dipakai bersama

batu kerikil, pasir, dan diberi air dan selanjutnya akan mengeras menjadi suatu masa yang padat (Zulfikar, 2014).

(g) Abu Sekam (sebagai bahan pengisi atau *filler*)

Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran dari limbah sekam padi. Abu sekam mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa kimia yang bersifat *pozzolan* yaitu mengandung *silikat* (SiO_2) suatu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton (Puspita 2010 : 2).

(h) Tras (sebagai bahan pengisi atau *filler*)

Tras merupakan batuan gunung api yang telah mengalami perubahan komposisi kimia karena pelapukan dan pengaruh kondisi air bawah tanah. Bahan galian ini berwarna keabu-abuan hingga cream kecoklatan.

Tras merupakan *pozzolan* yang dapat dipakai sebagai bahan ikat tambahan atau sebagai pengganti sebagian semen portland. Bila dipakai sebagai pengganti sebagian semen portland, umumnya berkisar antara 10 sampai 35 persen dari berat semen (Mecky, 2011).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Operasional Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)* dengan panduan *The Asphalt Institute (1997)* yang merupakan dasar dari pembangunan jalan raya dan digunakan oleh Bina Marga. Sedangkan standard – standard pengujian yang digunakan menggunakan standar yang dikeluarkan oleh *The Asphalt Institute (1997) Superpave Series No.1 (SP – 1)* dan metode – metode yang disahkan atau distandarkan oleh Bina Marga. Penelitian ini menggunakan *filler* limbah bata merah untuk campuran beton aspal *AC – WC*.

3.2. Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian yang meliputi pemeriksaan mutu bahan – bahan material, komposisi campuran dan pengujian *filler* beton aspal (*AC – WC*), dilakukan di Laboratorium Struktur dan Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Bendungan Sigura – gura No. 2 Malang.

3.3. Perancangan Penelitian

Perancangan penelitian dibuat untuk menyusun penelitian yang akan dilakukan sehingga dalam pelaksanaan penelitian nantinya dapat terarah sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Perancangan penelitian dibagi menjadi dua yakni :

1. Studi pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk mengkaji hubungan antara variabel – variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori – teori yang ada untuk di rumuskan menjadi hipotesis penelitian.

2. Studi eksperimen

Studi eksperimen dilakukan di laboratorium bertujuan untuk mendapatkan data – data yang diperlukan. Setelah data tersebut di analisa secara statistik, kemudian dipergunakan untuk menguji hipotesis sehingga di dapat kesimpulan akhir.

3.4. Persiapan Penelitian

1. Peralatan Pengujian

a. Peralatan Pengujian Aspal

1) Peralatan Pengujian Penetrasi Aspal

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

Tabel 3. 1 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 °C. Bejana dilengkapi dengan pelat dasar berlubang – lubang, terletak 50 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) Pengukur 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.

2) Peralatan Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

- a) Cawan kuningan (*cleveland cup*).
- b) Termometer.
- c) Nyala Penguji, yaitu nyala api yang dapat diatur dan memberikan nyala dengan memberikan 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.

3) Peralatan Pengujian Titik Lembek Aspal

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

- g) Alat pengarah bola.

4) Peralatan Pengujian Daktilitas Aspal

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

5) Peralatan Pengujian Berat Jenis Aspal

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

6) Peralatan Pengujian Penurunan Berat Minyak dan Aspal

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

c) Cawan.

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

d) Neraca analitik, dengan kapasitas ($200 \pm 0,001$) gram.

b. Peralatan Pengujian Agregat

1) Peralatan Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (Aggregate Impact Value)

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

(1) Berat total mesin tidak lebih dari 60 kg dan tidak kurang dari 40 kg.

Dasar mesin terbuat dari baja dengan diameter 300 mm dan memiliki berat antara 22 sampai 30 kg.

(2) *Cylindrical Steel Cup* memiliki diameter dalam 102 mm dan kedalaman 50 mm. Ketebalan cup tidak kurang dari 5 mm.

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

(4) Alat pengunci palu dapat diatur sedemikian rupa untuk memudahkan penggantian benda uji dan pemasangan *cup*.

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

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

Tabel 3. 2 Ukuran Agregat Standar dan Non Standar yang Dapat Digunakan dengan Dasar Ukuran Saringan dari *British Standard*

	Ukuran lolos	Saringan tertahan	Saringan pemisah
Non – Standar	28,0 mm 19,10 mm	19,10 mm 13,2 mm	5,0 mm 3,35 mm
Standar	13,2 mm	9,5 mm	2,36 mm
Non – Standar	9,5 mm 6,3 mm 5,0 mm 3,35 mm	6,3 mm 5,0 mm 3,35 mm 2,36 mm	1,70 mm 1,18 m 850 μ m 600 μ m
Catatan : Agregat dengan ukuran lebih besar dari 13,2 mm kurang cocok dilakukan <i>Impact Test</i>			

2) Peralatan Pengujian Indeks Kepipihan Agregat (*Flakiness Index*)

- 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 penutup wadah (pan).
- c) Timbangan dengan kapasitas yang sesuai dengan ukuran contoh yang akan diuji dengan ketelitian sampai 1 % dari berat benda yang di uji.
- d) Alat pemisah benda uji dengan ukuran yang sesuai dengan partikel terbesar atau sekop penyodok benda uji yang bersih, baki logam yang digunakan untuk kuatering.
- e) Baki dengan ukuran yang sesuai dapat dimasukkan ke dalam oven untuk memanaskan tanpa menimbulkan kerusakan atau mengubah berat benda uji.
- f) Oven dengan ventilasi dan dapat dikontrol dengan termometer untuk mempertahankan suhu pada $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- g) Alat pengguncang saringan bila diperlukan.

3) Peralatan Pengujian Penentuan Angka Angularitas Agregat (*Angularity Number*)

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

4) Peralatan Pengujian Berat Isi Agregat

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

Tabel 3. 3 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

5) Peralatan Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus, Sedang dan Kasar

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

Tabel 3. 4 Daftar Saringan Yang Digunakan Untuk Analisa

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

- c) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- d) Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- e) Mesin pengguncang saringan.
- f) Talam – talam.

g) Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat – alat lainnya.

6) Peralatan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

- a) Timbangan, berkapasitas 1 Kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
- b) Piknometer dengan kapasitas 500 ml.
- c) Kerucut (*cone*) terpancung berdiameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- d) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 1) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
- e) Saringan no. 4.
- f) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5) °C.
- g) Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1 °C.
- h) Talam.
- i) Bejana tempat air.
- j) Pompa hampa udara (*vacum pump*) atau tungku.
- k) Desikator.

7) Peralatan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Sedang dan Kasar

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

f) Saringan no. 4.

8) Peralatan Pengujian Keausan Agregat

- 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 poros mendatar. Silinder mempunyai lubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56").
- b) Bola – bola baja mempunyai diameter rata – rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing – masing antara 400 gram sampai 440 gram.
- c) Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 1/2") sampai 2,38 mm (no. 8).
- d) Timbangan dengan kapasitas 5000 gram dan dengan ketelitian 1 gram.
- e) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

c. Peralatan Pengujian Campuran Beton Aspal

1) Peralatan Pengujian Campuran Beton Aspal Metode Marshall

- a) Tiga buah cetakan benda uji dari logam berdiameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm lengkap dengan pelat atas dan leher sambung.
- b) Mesin penumbuk manual manual atau otomatis lengkap dengan :
 - (1)Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
 - (2)Landasan pemadat terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenis) berukuran 20,32 x 20,32 x 45,72 cm dilapisi dengan pelat baja berukuran 30,48 x 30,48 x 2,54 cm dan dijangkarkan pada lantai beton di keempat bagian sudutnya.
 - (3)Pemegang cetakan benda uji.

c) Alat pengeluar benda uji.

Untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda dipakai sebuah alat ekstruder berdiameter 10 cm.

d) Alat Marshall lengkap dengan :

(1)Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung.

(2)Cincin penguji (*proving ring*) kapasitas 2500 kg, dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm.

(3)Arloji pengukur pelelehan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya.

e) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu yang memanasi sampai $(200 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

f) Bak perendam (*waterbath*) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai $((20 - 60) \pm 1) ^\circ\text{C}$.

g) Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr.

h) Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas $250 ^\circ\text{C}$ dan $100 ^\circ\text{C}$ dengan ketelitian 1 % dari kapasitas.

i) Perlengkapan lain :

(1)Panci – panci untuk memanaskan agregat, aspal dan campuran aspal.

(2)Sendok pengaduk dan spatula.

(3)Kompor dan pemanas (*hot plate*).

(4)Sarung tangan dari asbes, sarung tangan dari karet dan pelindung pernafasan (*masker*).

(5)Kantong plastik berkapasitas 2 kg.

(6)Kompor elpiji atau minyak tanah.

2) Peralatan Pengujian Campuran Beton Aspal Indeks Perendaman

- a) Tiga buah cetakan benda uji dari logam berdiameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm lengkap dengan pelat atas dan leher sambung.
- b) Mesin penumbuk manual manual atau otomatis lengkap dengan :
 - (1) Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
 - (2) Landasan pemadat terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenis) berukuran 20,32 x 20,32 x 45,72 cm dilapisi dengan pelat baja berukuran 30,48 x 30,48 x 2,54 cm dan dijangkarkan pada lantai beton di keempat bagian sudutnya.
 - (3) Pemegang cetakan benda uji.
- c) Alat pengeluar benda uji.

Untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda dipakai sebuah alat ekstruder berdiameter 10 cm.
- d) Alat Marshall lengkap dengan :
 - (1) Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung.
 - (2) Cincin penguji (*proving ring*) kapasitas 2500 kg, dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm.
 - (3) Arloji pengukur pelelehan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya.
- e) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu yang memanasi sampai $(200 \pm 3) ^\circ\text{C}$.
- f) Bak perendam (*waterbath*) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai $((20 - 60) \pm 1) ^\circ\text{C}$.
- g) Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr.
- h) Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas $250 ^\circ\text{C}$ dan $100 ^\circ\text{C}$ dengan ketelitian 1 % dari kapasitas.

i) Perlengkapan lain :

- (1)Panci – panci untuk memanaskan agregat, aspal dan campuran aspal.
- (2)Sendok pengaduk dan spatula.
- (3)Kompor dan pemanas (*hot plate*).
- (4)Sarung tangan dari asbes, sarung tangan dari karet dan pelindung pernafasan (*masker*).
- (5)Kantong plastik berkapasitas 2 kg.
- (6)Kompor elpiji atau minyak tanah.

2. Bahan – Bahan Material

Untuk keperluan penelitian, baik analisa percobaan maupun pengkajian secara keseluruhan diperlukan bahan :

- a. Agregat halus : Pasir lumajang (Desa Selok Awar – awar, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang)
- b. Agregat Sedang : Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan (PT. Multi Razulka Sakti, Bululawang, Malang)
- c. Agregat kasar : Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan (PT. Multi Razulka Sakti, Bululawang, Malang)
- d. Aspal : Aspal penetrasi 60/70 (PT. Pertamina)
- e. *Filler* : Limbah bata merah Kecamatan Turen, Kabupaten Malang (limbah bata merah pada pembangunan ruang kuliah planologi dan tempat WIFI ITN Malang)

3. Persiapan Benda Uji

a. Persiapan Benda Uji Aspal

1) Persiapan Benda Uji Penetrasi Aspal

- 1) 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.

- 2) Setelah contoh merata, tuangkan ke dalam tempat contoh dan diamkan hingga dingin, tinggi contoh dalam tempat tersebut tidak kurang dari angka penetrasi ditambah 10 mm. Buatlah 2 benda uji (duplo).
- 3) Tutup benda uji agar bebas dari debu dan diamkan pada suhu ruang selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda kecil dan 1,5 sampai 2 jam untuk yang besar.

2) Persiapan Benda Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

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

3) Persiapan Benda Uji Titik Lembek Aspal

- a) Panaskan benda uji perlahan – lahan sambil diaduk terus menerus hingga cair merata.
- b) Pemanasan dan pengadukan dilakukan perlahan – lahan agar gelembung – gelembung udara tidak masuk.
- c) Setelah cair merata tuangkan contoh ke dalam 2 buah cincin. Suhu pemanasan ter tidak melebihi 56 °C di atas titik lembeknya dan untuk aspal tidak melebihi 111 °C di atas titik lembeknya.
- d) Panaskan 2 buah cincin sampai mencapai suhu tuang contoh, dan letakkan kedua cincin di atas pelat kuningan yang telah dilapisi campuran *talk* dan sabun.
- e) Tuangkan contoh. Kemudian tuang contoh ke dalam 2 buah cincin, diamkan pada suhu ± 8 °C di bawah titik lembeknya sekurang – kurangnya 30 menit.
- f) Setelah dingin, ratakan permukaan contoh dalam cincin dengan pisau yang telah dipanaskan.

4) Persiapan Benda Uji Daktilitas Aspal

- a) 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.
- b) Panaskan contoh aspal kira – kira 100 gram sehingga cair dan dapat dituang. Untuk menghindari pemanasan setempat, lakukan dengan hati – hati.
- c) Pemanasan dilakukan sampai suhu antara 80 °C sampai 100 °C di atas titik lembek. Kemudian saring contoh dengan saringan no. 59 dan setelah diaduk, tuanglah dalam cetakan dengan hati – hati dari ujung ke ujung hingga penuh berlebihan.
- d) 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.

5) Persiapan Benda Uji Berat Jenis Aspal

- a) Panaskan contoh bitumen keras sejumlah 50 gram sampai menjadi cair, dan aduklah untuk mencegah pemanasan setempat. Pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit pada suhu 56 °C di atas titik lembek.
- b) Tuangkan contoh tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian.

6) Persiapan Benda Uji Penurunan Berat Minyak dan Aspal

- a) Sebelum dilakukan pemanasan lakukan benda uji pengujian Penetrasi (AASHTO T 49 – 80); Titik lembek (AASHTO T 53 – 89); dan daktilitas (AASHTO T 51 – 801); 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).

b. Persiapan Benda Uji Agregat

1) Persiapan Benda Uji Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (*Aggregate Impact Value*)

- a) Benda uji yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan # 13,2 mm dan tertahan saringan # 9,5 mm pada *British Standard*. Untuk setiap pengujian dibuat 2 kali.
- b) Benda uji harus dalam kondisi kering permukaan. Pengeringan dengan oven dilakukan tidak lebih dari 4 jam dengan suhu 110 °C. Suhu benda uji harus dalam kondisi suhu ruang (25 °C) pada saat dilakukan pengujian. Jumlah benda uji diatur sedemikian rupa sehingga tidak melebihi tinggi *up* (50 mm). Benda uji dimasukkan ke dalam *cup* dengan agak dipadatkan (ditekan dengan tangan).
- c) Sebelum dilakukan dengan pengujian, benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram dan dinyatakan sebagai berat A.

2) Persiapan Benda Uji Persiapan Benda Uji Indeks Kepipihan Agregat (*Flakiness Index*)

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

Tabel 3. 5 Berat Minimum Benda Uji

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

b) Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga berat tetap dengan ketelitian sampai 0,1 %. Pengujian dilakukan pada suhu kamar.

3) Persiapan Benda Uji Penentuan Angka Angularitas Agregat (*Angularity Number*)

a) Pengambilan benda uji dilakukan sesuai dengan cara – cara pemisahan yang berlaku. Jumlah benda uji yang diambil harus sesuai dengan ukuran nominal bahan yaitu setelah dilakukan penyortiran agregat seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. 6 Data Untuk Menentukan Angka Angularitas

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

b) Sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus disiapkan sebagai berikut:

(1)Siapkan benda uji yang telah disortir dengan meliputi tabel di atas.

- (2) Singkirkan seluruh agregat yang tertahan pada saringan ukuran 19,10 mm dan lolos saringan ukuran 5,00 mm (No. 4).
- (3) Timbang agregat untuk setiap fraksi hasil penyortiran seberat ± 4 kg.
- (4) Simpan masing – masing fraksi di atas baki secara terpisah, berikan tanda sesuai ukuran fraksi, kemudian keringkan dalam oven dengan temperatur (110 ± 5) °C selama 24 jam sampai berat agregat menjadi konstan.
- (5) Dinginkan temperatur agregat sampai sesuai temperatur ruangan, kemudian seluruh agregat dicampur sampai merata.

4) Persiapan Benda Uji Berat Isi Agregat

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

5) Persiapan Benda Uji Analisa Saringan Agregat Halus, Sedang dan Kasar

- a) Jumlah benda uji setelah pengeringan tidak kurang dari :
- b) Agregat halus

Tabel 3. 7 Berat minimum benda uji agregat halus

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

c) Agregat kasar

Tabel 3. 8 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

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

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

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

6) Persiapan Benda Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

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

7) Persiapan Benda Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Sedang dan Kasar

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

8) Persiapan Benda Uji Keausan Agregat

- a) 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 $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- b) Pisahkan benda uji ke dalam masing – masing fraksi kemudian digabungkan sesuai dengan daftar berikut.

Tabel 3. 9 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 ± 10	4584 ± 25	3330 ± 25	2500 ± 25

c. Persiapan Benda Uji Campuran Beton Aspal

1) Persiapan Benda Uji Campuran Beton Aspal Metode Marshall

- a) Keringkan agregat dalam oven pada suhu 105 – 110 °C minimum selama 4 jam, kemudian keluarkan dan tunggu sampai beratnya tetap.
- b) Pisahkan agregat ke dalam fraksi – fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan.
- c) Panaskan aspal sampai mencapai tingkat kekentalan (viscositas) yang disyaratkan baik untuk pekerjaan campuran maupun pemadatan seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. 10 Tingkat Kekentalan (Viskositas) Aspal Untuk Aspal Padat Dan Aspal Cair

Alat	Pencampuran			Pemadatan		
	Aspal	Cair	Sat	Padat	Cair	Sat
Kinetik viscosimeter	170 ± 20	170 ± 20	C. ST	280 ± 30	280 ± 30	C. ST
Saybolt furol viscosimeter	85 ± 10	85 ± 10	DET. SF	140 ± 15	140 ± 15	DET. SF

d) Pencampuran dilakukan sebagai berikut :

- (1)Siapkan bahan untuk setiap benda uji yang diperlukan yaitu agregat sebanyak ± 1200 gr sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira – kira ($63,5 \pm 1,27$) mm.
- (2)Panaskan panci pencampur beserta agregat kira – kira 28°C di atas suhu pencampuran untuk aspal padat. Bila menggunakan aspal cair, pemanasan sampai 14°C di atas suhu pencampuran.
- (3)Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan seperti tabel di atas sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut, kemudian aduklah dengan cepat pada suhu sesuai butir di atas sampai agregat terselimuti aspal secara merata.

e) Pemadatan dilakukan sebagai berikut :

- (1)Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara $93,3 - 148,9^{\circ}\text{C}$.
- (2)Letakkan cetakan di atas landasan pematat dan tahan dengan pemegang cetakan.
- (3)Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk – tusuk campuran keras – keras (dengan spatula yang dipanaskan) sebanyak 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya.
- (4)Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak :
 - (a) 75 kali penumbukan untuk lalu lintas berat.
 - (b) 50 kali penumbukan untuk lalu lintas sedang.
 - (c) 35 kali penumbukan untuk lalu lintas ringan.

Dengan tinggi jatuh 457,2 mm selama pemadatan harus diperhatikan agar kedudukan sumbu palu pemadat selalu tegak lurus pada alas cetakan.

- (5) Lepaskan pelat alas berikut leher sambung dari cetakan benda uji, kemudian cetakan yang berisi benda uji di balikkan dan pasang kembali pelat alas berikut leher sambung pada cetakan yang dibalikkan tadi.
- (6) Tumbuklah (dengan jumlah tumbukan yang sama dengan jumlah sebelumnya) terhadap permukaan benda uji yang sudah dibalikkan ini.
- (7) Lepaskan keping alas dan pasanglah alat pengeluar benda uji pada permukaan benda uji.
- (8) Keluarkan benda uji dengan hati – hati dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan biarkan selama kira – kira 24 jam pada suhu ruang.
- (9) Dinginkan dengan kipas angin meja bila diperlukan pendinginan yang lebih cepat.

2) Persiapan Benda Uji Campuran Beton Aspal Indeks Peredaman

- a) Keringkan agregat dalam oven pada suhu 105 – 110 °C minimum selama 4 jam, kemudian keluarkan dan tunggu sampai beratnya tetap.
- b) Pisahkan agregat ke dalam fraksi – fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan.
- c) Panaskan aspal sampai mencapai tingkat kekentalan (viscositas) yang disyaratkan baik untuk pekerjaan campuran maupun pemadatan.
- d) Pencampuran dilakukan sebagai berikut :
 - (1) Siapkan bahan untuk setiap benda uji yang diperlukan yaitu agregat sebanyak ± 1200 gr sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira – kira $(63,5 \pm 1,27)$ mm.

- (2) Panaskan panci pencampur beserta agregat kira – kira 28 °C di atas suhu pencampuran untuk aspal padat. Bila menggunakan aspal cair, pemanasan sampai 14 °C di atas suhu pencampuran.
 - (3) Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan seperti tabel di atas sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut, kemudian aduklah dengan cepat pada suhu sesuai butir di atas sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
- e) Pemadatan dilakukan sebagai berikut :
- (1) Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 93,3 – 148,9 °C.
 - (2) Letakkan cetakan di atas landasan pematat dan tahan dengan pemegang cetakan.
 - (3) Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk – tusuk campuran keras – keras (dengan spatula yang dipanaskan) sebanyak 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya.
 - (4) Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak :
 - (a) 75 kali penumbukan untuk lalu lintas berat.
 - (b) 50 kali penumbukan untuk lalu lintas sedang.
 - (c) 35 kali penumbukan untuk lalu lintas ringan.Dengan tinggi jatuh 457,2 mm selama pemadatan harus diperhatikan agar kedudukan sumbu palu pematat selalu tegak lurus pada alas cetakan.
 - (5) Lepaskan pelat alas berikut leher sambung dari cetakan benda uji, kemudian cetakan yang berisi benda uji di balikkan dan pasang kembali pelat alas berikut leher sambung pada cetakan yang dibalikkan tadi.
 - (6) Tumbuklah (dengan jumlah tumbukan yang sama dengan jumlah sebelumnya) terhadap permukaan benda uji yang sudah dibalikkan ini.

- (7) Lepaskan keping alas dan pasanglah alat pengeluar benda uji pada permukaan benda uji.
- (8) Keluarkan benda uji dengan hati – hati dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan biarkan selama kira – kira 24 jam pada suhu ruang.
- (9) Dinginkan dengan kipas angin meja bila diperlukan pendinginan yang lebih cepat.

3.5. Prosedur Pengujian Penelitian

1. Prosedur Pengujian Aspal

a. Prosedur Pengujian Penetrasi Aspal

- 1) 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 kecil dan 1,5 sampai 2 jam untuk benda uji besar.
- 2) 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.
- 3) Letakkan pemberat 50 gr di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100 \pm 0,1)$ gram.
- 4) Pindahkan tempat air dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.
- 5) Turunkan jarum perlahan – lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer sehingga jarum penunjuk berimpit dengannya.
- 6) Lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan *stopwatch* selama $(5 \pm 0,1)$ detik.
- 7) Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk. Bulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat.
- 8) Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.

- 9) Lakukan pekerjaan 1) sampai dengan 7) di atas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain lebih dari 1 cm.

b. Prosedur Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

- 1) Letakkan cawan di atas nyala pemanas tepat di bawah titik tengah cawan.
- 2) Letakkan nyala penguji dengan poros pada jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
- 3) Pasanglah termometer, nyalakan kompor dan atur pemanasan sehingga kenaikan suhu adalah 15 °C per menit sampai mencapai suhu 56 °C di bawah titik nyala yang diperkirakan untuk selanjutnya kenaikan suhu 5 °C sampai 6 °C per menit.
- 4) Tempatkan penahan angin di depan nyala penguji.
- 5) Nyalakan sumber pemanas dan aturlah pemanas sehingga kenaikan suhu menjadi (15 ± 1) °C per menit sampai benda uji mencapai 56 °C di bawah titik nyala perkiraan.
- 6) Kemudian aturlah kecepatan pemanasan 5 °C sampai 6 °C per menit pada suhu antara 56 °C dan 28 °C di bawah titik nyala perkiraan.
- 7) Nyalakan nyala penguji dan aturlah agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 sampai 4,8 mm.
- 8) Putarlah nyala penguji sehingga melalui permukaan cawan (dari tepi ke tepi cawan) dalam waktu satu detik. Ulangilah pekerjaan tersebut setiap kenaikan 2 °C.
- 9) Lanjutkan pekerjaan 6) sampai 8) sampai terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada termometer dan catat.
- 10) Lanjutkan pekerjaan 9) sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang – kurangnya 5 detik di atas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada termometer dan catat.

c. Prosedur Pengujian Titik Lembek Aspal

- 1) Pasang dan aturlah kedua benda uji di atas dudukan dan letakkan pengarah bola di atasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas.
- 2) 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.
- 3) Letakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini di antara kedua benda uji (\pm berjarak 12,7 mm dari tiap cincin).
- 4) Periksa dan aturlah jarak antara permukaan pelat dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.
- 5) Letakkan bola – bola baja yang bersuhu $5 ^\circ\text{C}$ di atas permukaan bagian tengah masing – masing benda uji yang bersuhu $5 ^\circ\text{C}$ menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola.
- 6) Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi $5 ^\circ\text{C}$ per menit sebagai kecepatan pemanasan rata – rata dari awal dan akhir pekerjaan ini. Untuk 3 menit pertama perbedaan kecepatan tidak boleh melebihi $0,5 ^\circ\text{C}$.

d. Prosedur Pengujian Daktilitas Aspal

- 1) Benda uji didiamkan pada suhu $25 ^\circ\text{C}$ dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari pelat dasar dari sisi cetakannya.
- 2) Pasanglah benda uji pada mesin dan tariklah benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus. Perbedaan kecepatan lebih kurang 5 % masih diijinkan.
- 3) 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 $(25 \pm 9,5) ^\circ\text{C}$.

e. Prosedur Pengujian Berat Jenis Aspal

- 1) Isilah bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang terendam 40 ml. Kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sehingga terendam sekurang – kurangnya 100 ml. Aturilah suhu bak perendam pada 25 °C.
- 2) Bersihkan, keringkan dan timbang piknometer dengan ketelitian 1 mg (A).
- 3) Angkatlah bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
- 4) 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).
- 5) Tuangkan benda uji tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian.
- 6) Biarkan piknometer sampai dingin, waktu tidak kurang dari 40 menit dan timbanglah dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg (C).
- 7) Isilah piknometer (yang telah berisi benda uji) tersebut dengan air suling dan tutuplah tanpa ditekan. Diamkan agar gelembung – gelembung udara keluar.
- 8) Angkatlah bejana dari bak perendam dan letakkan piknometer didalamnya 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).

f. Prosedur Pengujian Penurunan Berat Minyak dan Aspal

- 1) Letakkan benda uji di atas pinggan setelah oven mencapai suhu (163 ± 1) °C.
- 2) Pasanglah termometer padaudukannya sehingga terletak pada jarak 1,9 cm dari pinggir pinggan dengan ujung 6 mm di atas pinggan.
- 3) Ambillah benda uji dari oven setelah 5 jam sampai 5 jam 15 menit.

- 4) Dinginkan benda uji pada suhu ruang kemudian timbanglah dengan ketelitian 0,01 gram (B).
- 5) 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.

2. Prosedur Pengujian Agregat

a. Prosedur Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (*Aggregate Impact Value*)

- 1) Letakkan mesin *impact* agregat pada plat datar, lantai atau balok beton dan atur palu pada penguncinya.
- 2) Letakkan *cup* yang berisi benda uji pada tempatnya. Pastikan posisi *cup* sudah baik dan kuat sehingga tidak bergeser akibat pukulan palu.
- 3) Atur ketinggian palu sedemikian rupa sehingga jarak antara bidang kontak palu dengan permukaan benda uji 380 ± 5 mm.
- 4) Lepaskan pengunci palu dan biarkan palu jatuh bebas ke benda uji. Angkat palu pada posisi semula dan lepaskan kembali (jatuh bebas). Tumbukan dilakukan sebanyak 15 kali dengan tenggang waktu antar tumbukan tidak lebih dari 1 detik.
- 5) Setelah selesai pisahkan benda uji dengan saringan # 2,36 mm *British Standard* dalam 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.

b. Prosedur Pengujian Indeks Kepipihan Agregat (*Flakiness Index*)

- 1) Saring benda uji sesuai dengan ketentuan fraksi agregat pada tabel di bawah.

Tabel 3. 11 Data untuk menentukan indeks kepipihan

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

- 2) Singkirkan seluruh agregat yang tertahan saringan 63,0 mm dan lolos 6,3 mm.
- 3) Timbang agregat yang lolos saringan 63,0 mm dan tertahan 6,3 mm sebagai M_1 .
- 4) 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.
- 5) Simpan agregat pada baki – baki secara terpisah sesuai dengan ukuran fraksinya.
- 6) Catat jumlah seluruh agregat yang persentase per fraksinya lebih besar dari 5 % dan dinyatakan sebagai M_2 .
- 7) Ukur fraksi – fraksi agregat yang memiliki presentase lebih besar dari 5 % dengan menggunakan pengukur kepipihan (*flakiness*) dengan ketentuan :
 - a) Lewatkan dengan tangan setiap butir agregat pada lubang alat kepipihan sesuai dengan ukurannya, seperti pada tabel di atas. Pisahkan setiap butir yang dapat lewat dan tidak dapat lewat untuk setiap fraksi.
 - b) Timbang agregat yang lewat dan tidak lewat untuk masing – masing fraksi.
 - c) Jumlahkan berat total agregat yang lewat dan dinyatakan sebagai M_3 .

c. Prosedur Pengujian Penentuan Angka Angularitas Agregat (*Angularity Number*)

- 1) Timbang berat silinder pengujian dalam keadaan kosong kemudian catat beratnya (W_1).
- 2) Isi silinder dengan air sampai penuh, kemudian timbang dan catatlah berat air dalam silinder (W_2).
- 3) Hitung berat air ($W_3 = W_2 - W_1$)
- 4) Isilah benda uji dengan agregat yang sudah dicampur ke dalam silinder dengan alat sekop secara hati – hati dalam tiga lapis yang sama tebal.
- 5) Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara menjatuhkan tongkat pemadat dari ketinggian 50 mm (5 cm) di atas permukaan agregat sebanyak 100 kali dengan waktu rata – rata 2 tumbukan per detik.
- 6) Ratakan permukaan benda uji dengan tongkat pemadat dengan cara *merolling* sampai betul – betul rata dengan permukaan silinder.
- 7) Timbang dan catatlah berat benda uji agregat di dalam silinder.
- 8) Lakukan langkah (mulai mengisi sampai menimbang) di atas sampai 3 kali kemudian hitung dan catatlah berat rata – rata benda uji agregat dari ketiga percobaan tersebut (M).
- 9) Apabila berat dari salah satu pengujian berbeda (lebih besar dari 25 g) dengan berat rata – rata, maka 3 pengujian tambahan segera dilakukan dengan menggunakan benda uji yang sama, kemudian dari keenam pengujian tersebut dihitung berat rata – rata benda uji (M).

d. Prosedur Pengujian Berat Isi Agregat

- 1) Berat isi lepas (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum 100 mm / 4")
 - a) Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - b) Masukkan benda uji dengan hati – hati agar tidak terjadi pemisahan butir – butir, dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
 - c) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.

- d) Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).
 - e) Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- 2) Berat isi padatkan dengan cara penusukan (untuk agregat dengan butir ukuran maksimum 38,1 mm / 1 ½") :
- a) Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - b) Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
 - c) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - d) Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).
 - e) Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- 3) Berat isi padatkan dengan cara penggoyangan (untuk agregat dengan butir ukuran maksimum 38,1 mm / 1 ½") :
- a) Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - b) Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - c) Padatkan setiap lapis dengan cara menggoyang – goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut :
 - (1)Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisi – sisinya setinggi 5 cm kemudian lepaskan.
 - (2)Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
 - d) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - e) Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).
 - f) Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

e. Prosedur Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus, Sedang dan Kasar

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap.
- 2) Saring benda uji melewati susunan dengan ukuran lubang saringan paling besar ditempatkan paling atas. Guncang susunan saringan tersebut dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

f. Prosedur Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut – turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih dari 0,1 %.
- 2) Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- 3) Buang air perendam hati – hati, jangan ada butiran yang hilang. Tebarkan agregat di atas talam, kering kan di udara panas dengan cara membalik – balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh.
- 4) Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda uji runtuh tetapi dalam keadaan tercetak. Pengeringan dihentikan apabila agregat sudah mencapai keadaan kering permukaan jenuh.
- 5) 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 didalamnya.

Untuk mempercepat proses ini, dapat digunakan pompa hampa udara (*vacum stand*), tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut

terisap. Selain menggunakan pompa hampa udara dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer dalam air.

- 6) Rendam piknometer dalam air dan buat suhu air menjadi suhu standar 25 °C untuk perhitungan.
- 7) Tambahkan air sampai tanda batas.
- 8) Timbang piknometer berisi air dan benda uji samapi ketelitian 0,1 gram (B_t).
- 9) Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu (100 ± 5) °C sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
- 10) Setelah benda uji dingin, timbanglah (B_k).
- 11) Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25 °C (B).

g. Prosedur Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Sedang dan Kasar

- 1) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.
- 2) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 110 °C sampai berat tetap.
- 3) Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 samapi 3 jam, kemudian timbang sampai ketelitian 0,3 gram (B_k).
- 4) Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.
- 5) 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.
- 6) Timbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j).
- 7) Timbang benda uji di dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya dalam air (B_a). Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar (25 °C).

h. Prosedur Pengujian Keausan Agregat

- 1) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles dan mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500 ± 1 putaran.
- 2) Setelah selesai putaran, benda uji dikeluarkan, di saring dengan saringan 4,75 mm (No. 4) dan 1,7 mm (No. 12). Butiran yang lebih besar dari 1,7 mm (tertahan di kedua saringan tersebut) dicuci bersih, dikeringkan dalam oven dengan suhu $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat menjadi tetap. Kemudian timbang dengan ketelitian 5 gram.

3. Prosedur Pengujian Campuran Beton Aspal

a. Prosedur Pengujian Campuran Beton Aspal Metode Marshall

- 1) Rendamlah benda uji dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap $(60 \pm 1) ^\circ\text{C}$ untuk benda uji yang menggunakan aspal padat. Untuk benda uji yang menggunakan aspal cair, masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$.
- 2) Keluarkan benda uji dalam bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendam atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.
- 3) Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan seluruhnya pada mesin penguji.
- 4) Pasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukannya (di atas salah satu batang penuntun) dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- 5) Naikkan kepala penekan (beserta benda ujinya) hingga menyentuh alas cincin penguji, sebelum pembebanan diberikan.
- 6) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan

menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan stabilitas. Catat pembebanan maksimum (stabilitas = *stabilty*) yang dicapai, koreksilah bebannya dengan menggunakan faktor perkalian yang didapat pada tabel bila benda uji tebalnya kurang atau lebih dari 63,5 mm.

- 7) Catat nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

b. Prosedur Pengujian Campuran Beton Aspal Indeks Perendaman

- 1) Rendamlah benda uji dalam bak perendam (*water bath*) selama 24 jam dengan suhu tetap (60 ± 1) °C untuk benda uji yang menggunakan aspal padat.
- 2) Keluarkan benda uji dalam bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendam atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.
- 3) Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan seluruhnya pada mesin penguji.
- 4) Pasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukannya (di atas salah satu batang penuntun) dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- 5) Naikkan kepala penekan (beserta benda ujinya) hingga menyentuh alas cincin penguji, sebelum pembebanan diberikan.
- 6) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan stabilitas. Catat pembebanan maksimum (stabilitas = *stabilty*) yang dicapai, koreksilah bebannya dengan menggunakan faktor perkalian yang didapat pada tabel bila benda uji tebalnya kurang atau lebih dari 63,5 mm.
- 7) Catat nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

3.6. Populasi dan Sampel

Seluruh benda uji yang akan di teliti dalam penelitian ini dapat disebut populasi, sedangkan benda uji yang mewakili sebagian dari anggota populasi disebut sampel.

Uji Kadar Aspal Optimum

benda uji pada penelitian ini dibagi dalam 5 kelompok yaitu :

1. kadar aspal 5%
2. kadar aspal 5,5%
3. kadar aspal 6%
4. kadar aspal 6,5%
5. kadar aspal 7%

Masing – masing kadar aspal mempunyai 3 benda uji.

3.7. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari hasil pengujian terhadap aspal, agregat, campuran antara aspal dan agregat untuk perkerasaan *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC – WC) dengan memvariasikan kadar aspal dengan nilai 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% untuk mendapatkan kadar aspal optimum. Berdasarkan persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan dan dilakukan pengujian terhadap nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, *Marshall quotient* dan indeks perendaman terhadap seluruh benda uji dengan menggunakan alat *marshall*. Pengambilan data pada alat *marshall* dilakukan dengan mencatat besarnya gaya yang dapat menghancurkan benda uji tersebut.

3.8. Teknik Analisa Data

Dari hasil penelitian tersebut, kemudian dianalisa dengan menggunakan Interval Kepercayaan dan uji F sehingga dapat memberikan gambaran ada tidaknya perbedaan antara perlakuan setiap benda uji.

1. Uji F

Uji F dikenal dengan Uji serentak atau uji Model/Uji Anova, yaitu uji untuk melihat bagaimanakah pengaruh semua variabel bebasnya secara bersama-sama terhadap variabel terikatnya. Atau untuk menguji apakah model regresi yang kita buat baik/signifikan atau tidak baik/non signifikan, jika model signifikan maka model bisa digunakan untuk prediksi/peramalan, sebaliknya jika non/tidak signifikan maka model regresi tidak bisa digunakan untuk peramalan.

Uji F dapat dilakukan dengan membandingkan F hitung dengan F Tabel dalam Excel, jika F hitung > dari F tabel, (H_0 di tolak H_a diterima).

- a. Jumlah kuadrat – kuadrat semua nilai pengamatan :

$$\sum Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_g^2$$

- b. Jumlah kuadrat – kuadrat (R_y) untuk rata – rata :

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

- c. Jumlah kuadrat – kuadrat (P_y) antar perlakuan :

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

- d. jumlah kuadrat – kuadrat (E_y) dalam eksperimen :

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

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

Contoh hasil uji F stabilitas filler abu batu pada beton aspal AC – WC dengan rendaman 30 menit (Microsoft excel 2010).

Anova: Single Factor

SUMMARY					
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>	
0.05	4	3414.079	853.5197	1750.08	
0.06	4	3815.51	953.8775	437.5802	
0.06	4	3984.808	996.2021	126.2944	
0.07	4	3879.61	969.9026	818.7353	
0.07	5	4215.84	843.1679	6690.639	

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	84968.27	4	21242.07	9.398982	0.000417	3.006917
Within Groups	36160.63	16	2260.039			
Total	121128.9	20				

Keterangan :

- a. Groups persentase = Kadar aspal yang di uji pada penelitian
- b. Count = Jumlah sampel yang diuji pada setiap persentase kadar aspal dalam penelitian
- c. Sum = Jumlah hasil stabilitas pada masing – masing persentase kadar aspal dalam penelitian
- d. Average = Rata – rata nilai stabilitas pada masing – masing persentase kadar aspal dalam penelitian
- e. Variance = Variasi
- f. Source of variation = Sumber Variasi
- g. SS (sum of square) = Jumlah kuadrat
- h. df (degrees of freedom) = Derajat bebas
- i. MS (mean squared deviation) = rata – rata kuadrat

- j. $F (F_{Hitung})$ = Perbandingan antara kuadrat tengah antar perlakuan dengan kuadrat tengah dalam perlakuan
- k. P-value (nilai p) = Ukuran probabilitas kekuatan dari bukti untuk menolak atau menerima H_0
- l. F crit (F_{Tabel}) = Nilai pembanding analisis varians
- m. Between Groups = Antar perlakuan
- n. Within Groups = Dalam perlakuan
- o. Total = Jumlah

2. Uji T

Uji t dikenal dengan uji parsial, yaitu untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel bebasnya secara sendiri-sendiri terhadap variabel terikatnya. Uji ini dapat dilakukan dengan membandingkan t hitung dengan t tabel atau dengan melihat kolom signifikansi pada masing-masing t hitung.

3. 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. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil – hasil penyelidikan terhadap fakta – fakta empirik yang dikumpulkan.

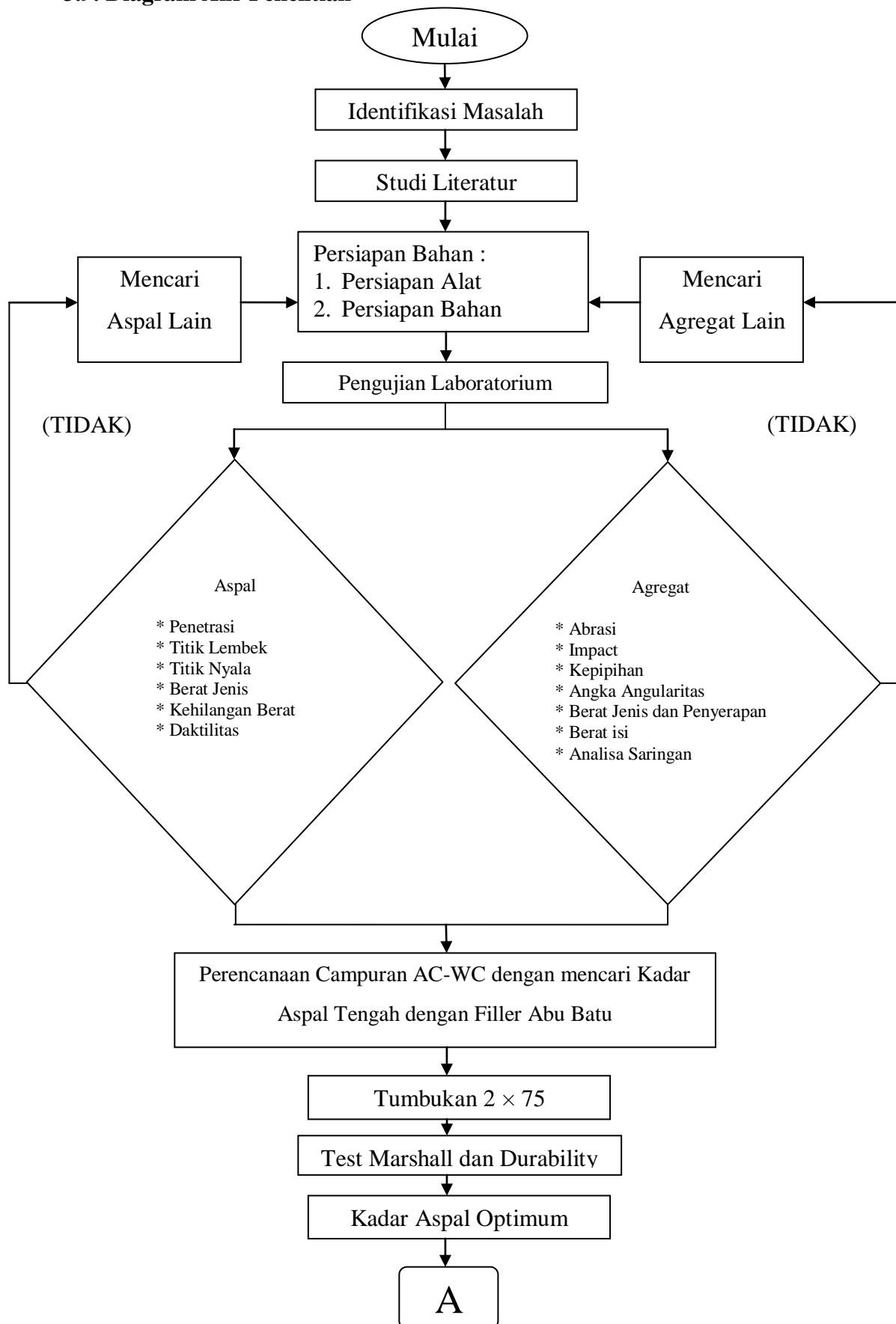
Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

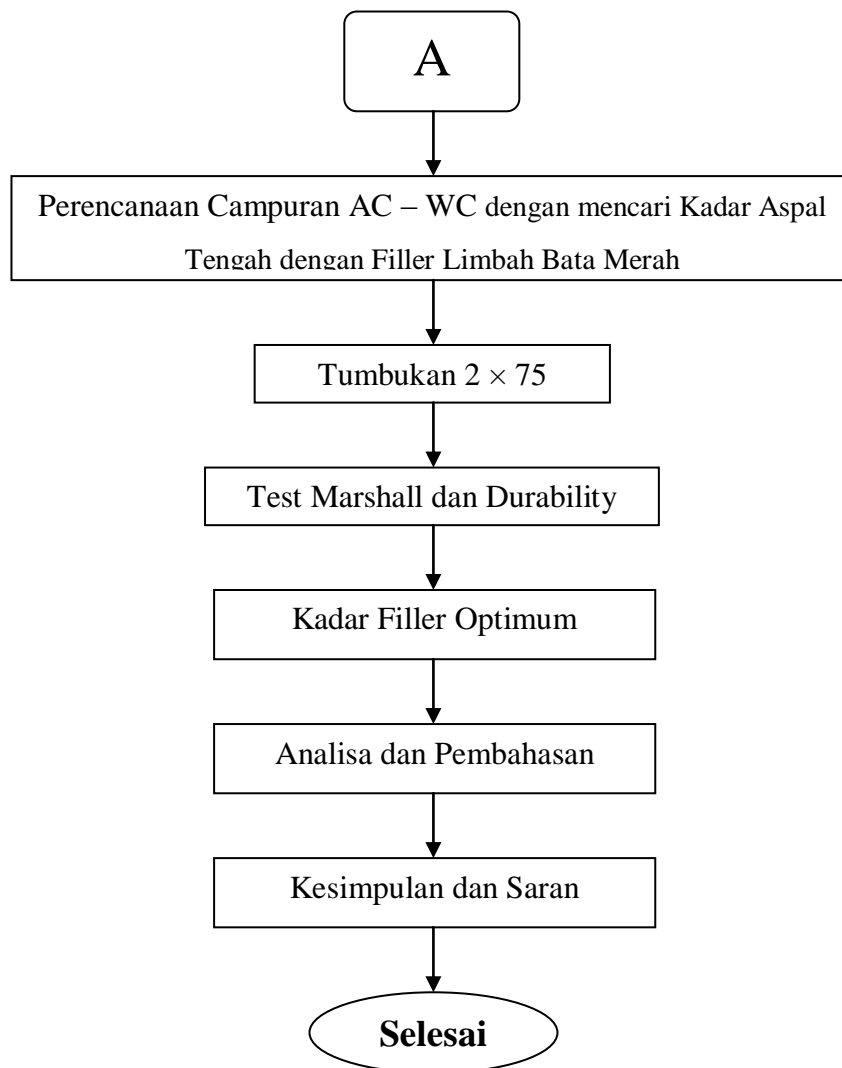
- a. Memberikan tujuan yang tegas bagi peneliti.
- b. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh, Dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
- c. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak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

Ada dua bentuk hipotesa penelitian yaitu:

- a. Hipotesis nol (H_0) artinya menyatakan tidak adanya hubungan antara dua variable atau lebih, atau yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan antara perlakuan yang satu dengan yang lainnya.
- b. Hipotesis alternatif (H_a) artinya menyatakan adanya hubungan antara dua variable atau lebih, atau yang menyatakan bahwa ada perbedaan antara perlakuan yang satu dengan yang lainnya.

3.9. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT DAN ASPAL

4.1. Hasil Pengujian Agregat

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

a. Maksud

Pengujian ini untuk mengukur kekuatan relatif agregat terhadap beban kejut (*impact*) yang dinyatakan dengan *Aggregate Impact Value* (AIV). Pengujian Agregat terhadap tumbukan (AIV) dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.

b. Hasil pengujian

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

Keterangan :

AIV = *Aggregate Impact Value* (%)

A = Berat Awal benda uji (gr)

B = Berat lolos saringan # 2,36 mm (gr). (saringan pemisah setelah proses selesai)

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (*Aggregate Impact Value*) Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan Terhadap Tumbukan

			I	II
(A)	Berat benda uji	gram	500,0	500,0
(B)	Berat benda uji setelah tes dan lewat saringan # 2,36 mm BS	gram	40,1	44,4
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS	gram	458,4	454,6
	<i>Aggregate Impact Value</i> (AIV)	(%)	8,02	8,88
	Rata-rata <i>Aggregate Impact Value</i>	(%)	8,45	

Kesimpulan :

Hasil perhitungan rata – rata agregat terhadap tumbukan (*Aggregate Impact Value*) dari Agregat kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan didapatkan nilai sebesar 8,45 % sedangkan persyaratan nilai agregat terhadap tumbukan (*Aggregate Impact Value*) maksimum 30 % menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 113), maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

2. Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (*Flakiness Indeks*) (BS 812 : Part 1 : 1975)

a. Maksud

Pengujian ini untuk menyeragamkan cara memperoleh indeks kepipihan atau persentase berat agregat kasar atau pipih yang masih dapat digunakan (sebagai bahan pengerasan jalan raya). Pengujian indeks kepipihan dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2.

b. Hasil Pengujian

$$\text{Indeks Kepipihan (\%)} = \frac{M3F \times 100}{M2}$$

Keterangan :

M2 = jumlah fraksi yang mempunyai persentase berat tertahan lebih besar dari 5 % terhadap berat total (gr)

M3F = jumlah berat partikel agregat yang lolos pada alat kepipihan (gr)

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (*Flakiness Indeks*) Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

Analisa saringan		Berat kering oven = 3500 gram
Saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Persentase tertahan (%)
63		
50		
37,5		
28		
20		
10	1845,4	53 %
7	883,3	25,2 %
4	474,6	14 %
Berat benda uji	M1	3500 gram
Total berat tertahan di atas 5 %	M2	3203,3 gram
Total berat lolos pada tes <i>flakiness</i> dari M2	M3 F	296,7 gram
Flakiness Index	$\frac{M3F \times 100}{M2}$	9,26 %

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian indeks kepipihan (*Flakiness Index*) Agregat kasar 10 – 10 Dusun Dampol. Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan didapatkan nilai sebesar 9,26 % sedangkan persyaratan nilai indeks kepipihan (*Flakiness Index*) maksimum 10 % menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 113), maka

agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

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

a. Maksud

Pengujian ini adalah untuk menyeragamkan cara memperoleh angka angularitas agregat kasar yang masih dapat digunakan (sebagai bahan pengerasan jalan raya). Angka angularitas ditentukan dari proporsi rongga dalam sebuah sampel agregat yang sesudah kompaksi. Angularitas atau adanya bagian – bagian yang tersudut pada partikel suatu agregat merupakan bagian yang penting karena hal ini mempengaruhi kemudahan saling mengunci (*interlocking*) antar partikel. Pengujian angka angularitas dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3.

b. Hasil Pengujian

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

Keterangan :

M = Berat agregat dalam silinder (gr)

C = Berat air diisi penuh dalam silinder (gr)

G_a = *Specific gravity* dari agregat

Tabel 4.3. Hasil Penentuan Angka Angularitas (*Angularity Number*) Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

Uraian	Berat (gram)
Berat silinder kosong	3550
Berat silinder + air penuh	6580
Berat air	3030
Percobaan I	
Berat silinder + agregat	8590
Berat agregat 1	5040
Percobaan II	
Berat silinder + agregat	8410
Berat agregat 2	4860
Percobaan III	
Berat silinder + agregat 3	8500
Berat agregat 3	4950

$$\text{Angka angularitas} = 67 - \frac{100 M}{C \cdot Ga} = 67 - \frac{100 (5040 + 4860 + 4950) : 3}{3030 \times 2.73} = 7,14$$

Kesimpulan :

Hasil perhitungan angka angularitas (*angularity number*) dari Agregat kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan didapatkan nilai sebesar 7,14 sedangkan persyaratan angka angularitas berkisar 0 – 12 menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 113), maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

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

a. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat halus, sedang dan kasar pada campuran. Berat isi adalah perbandingan antara berat dan isi. Pengujian berat isi agregat dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4, tabel 4.5, dan tabel 4.6.

b. Hasil Pengujian

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

Keterangan :

V = Isi wadah (dm³)

W³ = berat benda uji (kg)

Laporan berat isi agregat dengan satuan kg/dm³

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus 0 – 5 Desa Selok Awar – awar, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang

Uraian	berat (gram)		
	I		
Berat silinder kosong W1	3550		
Berat silinder + air penuh W2	6580		
Berat air C = W2 - W1	3030		
Agregat lepas			
Berat silinder + agregat W3	8180	8200	8240
Berat agregat 1 W4 = W3 - W1	4630	4650	4690
Agregat padat dengan tusukan			
Berat silinder + agregat 2 W5	8560	8570	8600
Berat agregat 2 W6 = W5 - W1	5010	5020	5050
Agregat padat dengan goyangan			
Berat silinder + agregat 3 W7	8470	8450	8540
Berat agregat 3 W8 = W7 - W1	4920	4900	4990

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	W _{4.6.8} = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
Berat isi agregat lepas	1,53	1,53	1,55
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1,65	1,66	1,67
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1,62	1,62	1,65
Rata – rata berat isi	1,61		

Kesimpulan :

Dari pengujian berat isi agregat halus 0 – 5 didapat nilai rata – rata berat isi pada saat pengujian sebesar 1,61 gram/cm³.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Sedang 5 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

Uraian	berat (gram)		
	I		
Berat silinder kosong W1	7870		
Berat silinder + air penuh W2	17860		
Berat air C = W2 - W1	9990		
Agregat lepas			
Berat silinder + agregat W3	22240	22080	22190
Berat agregat 1 W4 = W3 - W1	14370	14210	14320
Agregat padat dengan tusukan			
Berat silinder + agregat 2 W5	23670	23880	23850
Berat agregat 2 W6 = W5 - W1	15800	16010	15980
Agregat padat dengan goyangan			
Berat silinder + agregat 3 W7	24200	23850	23650
Berat agregat 3 W8 = W7 - W1	16330	15980	15780

$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8}$ = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder
Berat isi agregat lepas	1,44 1,42 1,43
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1,58 1,60 1,60
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1,63 1,60 1,58
Rata – rata berat isi	1,54

Kesimpulan :

Dari pengujian berat isi agregat sedang 5 – 10 didapat nilai rata – rata berat isi pada saat pengujian sebesar 1,54 gram/cm³.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

Uraian	berat (gram)		
	I		
Berat silinder kosong W1	7870		
Berat silinder + air penuh W2	17860		
Berat air C = W2 - W1	9990		
Agregat lepas			
Berat silinder + agregat W3	22030	21840	22000
Berat agregat W4 = W3 - W1	14160	13970	14130
Agregat padat dengan tusukan			
Berat silinder + agregat W5	23450	23300	23520
Berat agregat 2 W6 = W5 - W1	15580	15430	15650
Agregat padat dengan goyangan			
Berat silinder + agregat 3 W7	23900	23420	23680
Berat agregat 3 W8 = W7 - W1	16030	15550	15810

$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8}$ = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
	Berat isi agregat lepas	1,42	1,40
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1,56	1,54	1,57
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1,60	1,56	1,58
Rata – rata berat isi	1,52		

Kesimpulan :

Dari pengujian berat isi agregat kasar 10 – 10 didapat nilai rata – rata berat isi pada saat pengujian sebesar 1,52 gram/cm³.

5. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar, Sedang dan Halus

(AASHTO T-27-82) (ASTM C-136-46)

a. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus, sedang dan kasar dengan menggunakan saringan. Pemeriksaan analisa saringan ini dilakukan di Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.7. tabel 4.8. dan tabel 4.9.

b. Hasil Pengujian

Persentase berat benda uji yang tertahan dan lolos dihitung berdasarkan masing – masing saringan terhadap berat total benda uji.

Tabel 4.7. Analisa Saringan Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Persentase	
			Tertahan	Lolos
25 mm (1")	0,0	0,00	0,00	100,00
19 mm (3/4")	23,7	23,70	0,12	99,88
12,5 mm (1/2")	4530,0	4553,70	22,85	77,15
9,5 mm (3/8")	11710,0	16263,70	81,61	18,39
4,75 mm (No. 4)	3510,0	19773,70	99,22	0,78
2,36 mm (No. 8)	86,6	19860,30	99,66	0,34
2 mm (No. 10)	10,3	19870,60	99,71	0,29
1,18 mm (No. 16)	6,9	19877,50	99,74	0,26
0,71 mm (No. 25)	3,5	19881,00	99,76	0,24
0,6 mm (No. 30)	2,5	19883,50	99,77	0,23
0,425 mm (No. 40)	1,5	19885,00	99,78	0,22
0,28 mm (No. 50)	2,6	19887,60	99,79	0,21
0,15 mm (No. 100)	10,3	19897,90	99,85	0,15
0,075 mm (No. 200)	5,0	19902,94	99,87	0,13
p a n	25,8	19928,74	100,00	0,00
Total berat	19928,74			

Tabel 4.8. Analisa Saringan Agregat Sedang 5 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			Tertahan	Lolos
25 mm (1")	0,0	0,00	0,00	100,00
19 mm (3/4")	0,0	0,00	0,00	100,00
12,5 mm (1/2")	0,0	0,00	0,00	100,00
9,5 mm (3/8")	187,3	187,30	1,87	98,13
4,75 mm (No. 4)	7610,0	7797,30	77,74	22,26
2,36 mm (No. 8)	1814,0	9611,30	95,83	4,17
2 mm (No. 10)	139,0	9750,30	97,22	2,78
1,18 mm (No. 16)	96,8	9847,10	98,18	1,82
0,71 mm (No. 25)	21,7	9868,80	98,40	1,60
0,6 mm (No. 30)	4,6	9873,40	98,44	1,56
0,425 mm (No. 40)	7,2	9880,60	98,51	1,49
0,28 mm (No. 50)	5,1	9885,70	98,57	1,43
0,15 mm (No. 100)	30,7	9916,40	98,87	1,13
0,075 mm (No. 200)	103,2	10019,60	99,90	0,10
p a n	10,0	10029,60	100,00	0,00
Total berat	10029,60			

Tabel 4.9. Analisa Saringan Agregat Halus 0 – 5 Desa Selok Awar – awar, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			Tertahan	Lolos
25 mm (1")	0,0	0,00	0,00	100,00
19 mm (3/4")	0,0	0,00	0,00	100,00
12,5 mm (1/2")	4,7	4,70	0,24	99,76
9,5 mm (3/8")	7,4	12,10	0,61	99,39
4,75 mm (No. 4)	58,5	70,60	3,54	96,46
2,36 mm (No. 8)	182,2	252,80	12,66	87,34
2 mm (No. 10)	184,9	437,70	21,92	78,08
1,18 mm (No. 16)	600,8	1038,50	52,02	47,98
0,71 mm (No. 25)	479,6	1518,10	76,04	23,96
0,6 mm (No. 30)	81,9	1600,00	80,14	19,86
0,425 mm (No. 40)	73,5	1673,50	83,82	16,18
0,28 mm (No. 50)	76,0	1749,50	87,63	12,37
0,15 mm (No. 100)	214,4	1963,90	98,37	1,63
0,075 mm (No. 200)	30,6	1994,50	99,90	0,10
p a n	2,0	199,50	100,00	0,00
Total berat	1996,50			

Kesimpulan :

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

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

a. Maksud

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

- 1) 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.
- 2) Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antar berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 3) 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) Penyerapan (absorpsi) ialah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

b. Hasil Pengujian

- 1) Berat jenis (*bulk specific gravity*)
- 2) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)
- 3) Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
- 4) Penyerapan (absorpsi)

Keterangan :

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 4.10. Berat Jenis Penyerapan Agregat Halus 0 – 5 Desa Selok Awar – awar, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	496,90	496,90	496,90
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25 °C	B	665,90	663,50	664,70
Berat piknometer + contoh + air (25 °C)	B _t	981,10	979,70	980,40
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2,69	2,70	2,70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2,71	2,72	2,71
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,69	2,70	2,70
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	0,62 %	0,62 %	0,62 %

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus 0 – 5 Desa Selok Awar – awar, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang didapat berat jenis sebesar 2,70 dan penyerapan sebesar 0,62 % sedangkan persyaratan nilai berat jenis minimum 2,5 dan nilai maksimum penyerapan sebesar 3 % menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 113), maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

7. Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Sedang (AASHTO T-84-81)

a. Maksud

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

- 1) 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.
- 2) Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antar berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 3) 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) Penyerapan (absorpsi) ialah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

b. Hasil Pengujian

- 1) Berat jenis (*bulk specific gravity*)
- 2) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)
- 3) Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
- 4) Penyerapan (absorpsi)

Keterangan :

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 4.11. Berat Jenis Penyerapan Agregat Sedang 5 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	2920	2930	2925
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	3000	3000	3000
Berat contoh di dalam air	B	1887,2	1888,4	1887,8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2,62	2,64	2,63
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2,70	2,70	2,70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,83	2,81	2,82
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	2,74 %	2,39 %	2,56 %

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat Sedang 5 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan didapat berat jenis sebesar 2,63 dan penyerapan sebesar 2,56 % sedangkan persyaratan nilai berat jenis minimum 2,5 dan nilai maksimum penyerapan sebesar 3 % menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 113), maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

8. Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (AASHTO T-84-81)

a. Maksud

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

- 1) 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.

- 2) Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antar berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 3) 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) Penyerapan (absorpsi) ialah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

b. Hasil Pengujian

- 1) Berat jenis (*bulk specific gravity*)
- 2) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)
- 3) Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
- 4) Penyerapan (absorpsi)

Keterangan :

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 4.12. Berat Jenis Penyerapan Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	4950	4930	4940
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B	3193,6	3186	3189,8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2,74	2,72	2,73
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2,77	2,76	2,76
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,82	2,83	2,82
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	1,01 %	1,42 %	1,21 %

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan didapat berat jenis sebesar 2,73 dan penyerapan sebesar 1,21 % sedangkan persyaratan nilai berat jenis minimum 2,5 dan nilai maksimum penyerapan sebesar 3 % menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 113), maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

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

a. Maksud

Pengujian ini untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm (1 ½”) terhadap keausan menggunakan alat abrasi Los Angeles.

b. Hasil Pengujian

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

Keterangan :

a = Berat benda uji semula (gram)

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

Keausan dilaporkan sebagai bilangan bulat dalam persen.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Keausan Agregat Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 10 mm)	
Saringan		I	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2.5")		
63,50 mm (2.5")	50,80 mm (2")		
50,80 mm (2")	37,50 mm (1.5")		
37,50 mm (1.5")	25,40 mm (1")		
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")		
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")		
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	2500	
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")	2500	
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)		
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)		
Jumlah berat		5000	
Berat tertahan saringan no 12			4180

a	Berat benda uji semula	5000	Gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	4101,5	Gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100\%$	17,97	%

Kesimpulan :

Hasil pengujian keausan agregat dengan mesin Abrasi Los Angeles Agregat Kasar 10 – 10 Dusun Dampol, Desa Benerwojo, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan didapatkan nilai sebesar 17,97 % sedangkan persyaratan nilai keausan agregat maksimum 40 % menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 113), maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

4.2. Hasil Pengujian Aspal

1. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal (AASHTO T-49-80) (ASTM D-5-71)

a. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu, beban tertentu, dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pemeriksaan penetrasi aspal dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

b. Hasil pengujian

Nilai penetrasi dinyatakan sebagai rata – rata dari sekurang – kurangnya 3 pembacaan dengan ketentuan bahwa hasil – hasil pembacaan tidak melampaui ketentuan.

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Sebelum Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	67	69	70	71	73
Benda uji II	65	67	69	71	73
Rata-rata	69,50				

Tabel 4.15. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Setelah Kehilangan Berat

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	60	63	63	67	67
Benda uji II	61	63	65	65	67
Rata-rata	64,10				

Kesimpulan :

- 1) Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina sebelum kehilangan berat didapatkan nilai rata – rata sebesar 69,50 sedangkan persyaratan nilai penetrasi aspal untuk aspal penetrasi 60/70 sebelum kehilangan berat minimum sebesar 60 (0,1 mm) dan maksimum 79 (0,1 mm) menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 116), maka aspal ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

- 2) Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina setelah kehilangan berat didapatkan nilai rata – rata sebesar 64,10 (92,23 % dari penetrasi aspal sebelum kehilangan berat) sedangkan persyaratan nilai penetrasi aspal untuk aspal penetrasi 60/70 setelah kehilangan berat minimum sebesar 75 % dari hasil penetrasi aspal sebelum kehilangan berat menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 116), maka aspal ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

2. Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal (AASTO T-48-81) (ASTM D-92-52)

a. Maksud

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

penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

b. Hasil Pengujian

Hasil rata – rata pemeriksaan ganda (duplo) dilaporkan sebagai titik nyala benda uji sebagai berikut:

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
56	10.43 WIB	264	
51	10.44 WIB	269	
46	10.44 WIB	274	
41	10.44 WIB	279	
36	10.44 WIB	284	
31	10.44 WIB	289	
26	10.45 WIB	294	
21	10.45 WIB	299	302 nyala
16	10.46 WIB	304	304 bakar
11			
6			
1			

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina didapatkan nilai titik nyala sebesar 302 °C dan titik bakar sebesar 304 °C sedangkan persyaratan nilai titik nyala aspal penetrasi 60/70 minimum sebesar 200 °C menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 116), maka aspal ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

3. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter (AASTO T-53-89)

a. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30 °C sampai 200 °C. Yang dimaksudkan dengan titik lembek adalah 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. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

b. Hasil Pengujian

Suhu pada saat setiap bola menyentuh pelat dasar dilaporkan, suhu titik lembek bahan bersangkutan dari hasil pengetaman rata – rata dilaporkan dan dibulatkan sampai 0,5 °C terdekat untuk tiap percobaan ganda (duplo).

**Tabel 4.17. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Penetrasi 60/70 PT.
Pertamina 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		12.30	12.30		
5		12.33	12.33		
10		12.37	12.37		
15		12.40	12.40		
20		12.42	12.42		
25		12.44	12.44		
30		12.45	12.45		
35		12.47	12.47		
40		12.49	12.49		
45		12.51	12.51	12.51 (49 °C)	12.51 (49 °C)

Tabel 4.18. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina 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		18.30	18.30		
5		18.38	18.38		
10		18.42	18.42		
15		18.45	18.45		
20		18.47	18.47		
25		18.49	18.49		
30		18.50	18.50		
35		18.52	18.52		
40		18.55	18.55		
45		18.56	18.56		
50		18.58	18.58		
55		18.59	18.59	18.59 (56 °C)	18.59 (57 °C)

Kesimpulan :

- 1) Hasil pengujian Titik Lembek aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina sebelum kehilangan berat didapatkan nilai sebesar 49 °C pada benda uji I dan 49 °C pada benda uji II sedangkan persyaratan nilai Titik Lembek aspal penetrasi 60/70 sebelum kehilangan berat minimum sebesar 48 °C dan maksimum 58 °C menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 116), maka aspal ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.
- 2) Hasil pengujian Titik Lembek aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina setelah kehilangan berat didapatkan nilai sebesar 56 °C pada benda uji I dan 57 °C pada benda uji II.

4. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal (AASTO T – 51 – 81)

a. Maksud

Maksud dari pemeriksaan ini adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Fungsi dari pemeriksaan ini untuk

mengetahui sifat getas dari aspal tersebut. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

b. Hasil Pengujian

Hasil rata – rata dua benda uji normal diamati sebagai hasil nilai pemeriksaan 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 itu maka berat jenis air harus disesuaikan dengan berat jenis benda uji dengan menambah methyi alhokol atau sodium klorida. Apabila pemeriksaan normal tidak berhasil setelah dilakukan 3 kali. maka dilaporkan bahwa pengujian daktilitas bitumen tersebut gagal.

Tabel 4.19. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Sebelum Kehilangan Berat

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

Tabel 4.20. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina Setelah Kehilangan Berat

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

Kesimpulan :

- 1) Hasil pengujian daktilitas aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina sebelum kehilangan berat didapatkan nilai > 100 cm sedangkan persyaratan nilai daktilitas aspal penetrasi 60/70 sebelum kehilangan berat minimum sebesar 100 cm menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 116), maka aspal ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

2) Hasil pengujian daktilitas aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina setelah kehilangan berat didapatkan nilai > 100 cm sedangkan persyaratan nilai daktilitas aspal penetrasi 60/70 setelah kehilangan berat minimum 75 % dari hasil nilai daktilitas sebelum kehilangan berat menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 116), maka aspal ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

5. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Keras dan Ter (AASHTO T-226-79)

a. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dan ter dengan piknometer. Fungsi dari pengujian ini untuk mengetahui kemurnian aspal atau ter adalah perbandingan antara berat aspal atau ter dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

b. Hasil Pengujian

Berat Jenis Dihitung dengan Rumus :

$$BJ = \frac{(C - A)}{(B - A) - (DC)}$$

Keterangan :

A = berat pinometer (dengan penutup) (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram)

Tabel 4.21. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	65,9	65,9
Berat piknometer	28,8	28,8
Berat air (= isi piknometer)	37,1	37,1
Berat piknometer + contoh	50,6	53,3
Berat piknometer	28,8	28,8
Berat contoh	21,8	24,5
Berat pikno + air + contoh	66,3	66,5
Berat piknometer + contoh	50,6	53,3
Berat air	16	13,2
Isi bitumen	21,4	23,9
Berat Jenis : $\frac{\text{Berat contoh}}{\text{Berat air sebanyak isi bitumen}}$	1,02	1,03
Berat jenis = (Syarat : Minimum =1)	1,025	

Kesimpulan :

Hasil pengujian berat jenis aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina didapatkan nilai 1.025 sedangkan persyaratan nilai berat jenis aspal penetrasi 60/70 minimum 1 menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 116), maka aspal ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

6. Hasil Pengujian Penurunan Berat Minyak dan Aspal

(AASHTO T-47-82)

a. Maksud

Maksud pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kadar minyak yang terkandung di dalam aspal. semakin lama aspal terkena panas akan semakin turun kadar minyaknya. aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. pemeriksaan penurunan kadar minyak ini dilakukan di Institut Teknologi Nasional Malang.

b. Hasil Pengujian

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

Keterangan :

A = berat cawan + contoh sebelum diuji (gram)

B = berat cawan + contoh setelah diuji (gram)

Tabel 4.22. Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina

	Sampel I	Sampel II	Sampel III
Berat cawan + aspal keras	69,6	69,4	69,7
Berat cawan kosong	13,2	13,1	13
Berat aspal keras	56,4	56,3	56,7
Berat sebelum pemanasan	69,6	69,4	69,7
Berat sesudah pemanasan	69,4	69,3	69,6
Kehilangan berat	0,2	0,1	0,1
Kehilangan berat dlm %	0,287	0,144	0,143
Rata-rata (%)	0,192		

Kesimpulan :

Hasil pengujian Kehilangan Berat Minyak dan aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina didapatkan nilai rata – rata 0,192 % sedangkan persyaratan nilai Kehilangan Berat Minyak dan aspal penetrasi 60/70 maksimum 0,4 % menurut Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 (Silvia Sukirman, 116), maka aspal ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

4.3. Perencanaan Komposisi Campuran

1. Perhitungan Prosentase Agregat Dengan Metode Grafis.

Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan prosentase agregat yang lolos pada masing – masing saringan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan metode grafik 4.1. berikut cara menentukan proporsi masing – masing fraksi agregat.

- a. Proporsi dari agregat 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 vertical tersebut dengan tepi atas. Pada grafik 4.1., jarak dari tepi atas ke garis gradasi fraksi agregat sedang adalah a , yang sama panjang dengan jarak dari garis gradasi fraksi agregat kasar ke tepi bawah.

- b. Proporsi dari agregat halus. ditentukan dengan menarik agregat vertical sehingga jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat halus = jarak dari tepi atas ke garis gradasi agregat kasar ditambah dengan jarak dari tepi bawah ke garis gradasi agregat sedang. Pada grafik 4.1., jarak dari tepi atas ke garis gradasi fraksi agregat halus adalah x , yang sama panjang dengan jarak dari garis gradasi fraksi agregat kasar ke tepi bawah. C , ditambah dengan jarak dari tepi bawah ke garis gradasi fraksi agregat sedang. b . jadi $x = b + c$

- c. Nilai proporsi agregat halus ditunjukkan oleh besarnya persen lolos yang diperoleh dari perpotongan garis vertical 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.

d. Tabel 4.23 Gradasi Agregat

ukuran saringan		CA 10/10	MA 5/10	FA 0/5	FF	CA 10/10	MA 5/10	FA 0/5	FF	total	spek
		% lolos	% lolos	% lolos	% lolos	16.83	35.06	41.61	6.50		
3/4"	19 mm	100.00	100.00	100.00	100.00	16.83	35.06	41.61	6.50	100.00	100 – 100
1/2"	12,5 mm	77.24	100.00	99.76	100.00	13.00	35.06	41.51	6.50	96.07	90 – 100
3/8"	9,5 mm	18.41	98.13	99.39	100.00	3.10	34.41	41.36	6.50	85.36	MAX 90
No.8	2,36 mm	0.34	4.17	87.34	100.00	0.06	1.46	36.34	6.50	44.36	25 – 58
No.200	0,075 mm	0.13	0.10	0.10	100.00	0.02	0.03	0.04	6.50	6.60	4 – 10

Contoh Perhitungan :

$$CA = 18 - ((18 / 100) \times 6,5) = 16,83 \%$$

$$MA = 37,5 - ((37,5 / 100) \times 6,5) = 35,06 \%$$

$$FA = 44,5 - ((44,5 / 100) \times 6,5) = 41,61 \%$$

Hasil dari plot grafik diagram diagonal didapat nilai agregat kasar (CA) 16,83 % agregat sedang (MA) 35,06 %, agregat halus (FA) 41,61 % dan filler (FF) 6,50 %.

2. Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal

Variasi kadar aspal berdasarkan Depkimpraswil 2002 dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan :

P = kadar aspal tengah/ideal persen terhadap campuran

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

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

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

K = konstanta (0,5 – 1,0).

Berdasarkan rumus di atas. pada penelitian campuran *Asphalt Concrete* ini didapat nilai aspal tengah.

$$P = 0,035 (16,83 \% + 35,06 \%) + 0,045 (41,61 \%) + 0,18 (6,50 \%) + 0,75 = 5,61\%$$

Kadar aspal yang diperoleh dibulatkan menjadi 6 %. Jika kadar aspal tengah a % maka digunakan variasi (a - 1) %, (a - 0,5 %), a %, (a + 1) % untuk mencari kadar aspal optimum dengan aspal tengah 6 % dibuat benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yaitu : 5 %, 5,5 %, 6 %, 6,5 %, 7 %,

3. Perhitungan Berat Agregat

Tabel 4.24. Perhitungan Berat Agregat Beton Aspal AC – WC Setiap Variasi Kadar Aspal Penetrasi 60/70 PT. Pertamina

Persentase Aspal (%)	Mix Design AC – WC (gram)				
	5	5,5	6	6,5	7
CA 10/10	191,9	190,9	189,8	188,8	187,8
MA 5/10	399,7	397,6	395,5	393,4	391,3
FA 0/5	474,3	471,8	469,3	466,8	464,3
FF	74,1	73,7	73,3	72,9	72,5
Aspal	60	66	72	78	84
Total	1200	1200	1200	1200	1200

Contoh Perhitungan pada kadar aspal 5% :

Aspal	= 5 % x 1200	= 60 gram
Total Agregat	= 1200 - 60	= 1140 gram
CA	= 16,83 % x 1140	= 191,9 gram
MA	= 35,06 % x 1140	= 399,7 gram
FA	= 41,61 % x 1140	= 474,3 gram
FF	= 6,50 % x 1140	= 74,1 gram
Total		= 1200 gram

4.4. Marshall Test

1. Hasil Pengujian

Hasil *marshall test* didapatkan nilai - nilai sebagai berikut :

- Stabilitas (Kg)
- Flow* (mm)
- Marshall quotient* (Kg/mm)
- Indeks 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, selanjutnya dibuat grafik - grafik hubungan antara lain :

- a. Porsentase Aspal (%) terhadap stabilitas (Kg)
- b. Porsentase Aspal (%) terhadap *flow* (mm)
- c. Porsentase Aspal (%) terhadap VIM (%)
- d. Porsentase Aspal (%) terhadap VMA (%)
- e. Porsentase Aspal (%) terhadap VFA (%)
- f. Porsentase Aspal (%) terhadap *Marshall quotient* (Kg/mm)
- g. Porsentase Aspal (%) terhadap Indeks perendaman (%)

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

1. Data Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian marshall dihitung menggunakan software Microsoft Excel 2007 dan hasilnya ditabelkan. Data – data ditampilkan dalam tabel hasil uji *test marshall* sebagai berikut.

Kadar aspal = 6 %

Nomor benda uji = 1

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,73

Berat Jenis Agregat Sedang = 2,63

Berat Jenis Agregat Halus = 2,70

Berat Jenis Aspal = 1,03

- a. Diameter (cm)= 10,16 cm
- b. Tinggi 1 (cm) = 6,40 cm
- c. Tinggi 2 (cm) = 6,29 cm
- d. Tinggi 3 (cm) = 6,28 cm
- e. Tinggi 4 (cm) = 6,29 cm

$$\begin{aligned}
 \text{f. Tinggi Rata - rata} &= \frac{b + c + d + e}{4} \\
 &= \frac{6,40 + 6,29 + 6,28 + 6,29}{4} \\
 &= 6,315 \text{ cm} \\
 &= 63,15 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{g. \% aspal terhadap agregat} &= \frac{((\% \text{ aspal terhadap campuran} \times 12) \times 100)}{(1200 - (\% \text{ aspal terhadap campuran} \times 12))} \\
 &= \frac{((6 \times 12) \times 100)}{(1200 - (6 \times 12))} \\
 &= 6,38 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{h. \% aspal terhadap campuran} &= 6,00 \% \\
 \text{i. Berat sampel (gram)} &= 1150,0 \text{ gram} \\
 \text{j. Berat SSD (gram)} &= 1159,2 \text{ gram} \\
 \text{k. Berat dalam air (gram)} &= 667,6 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{l. Isi (gram)} &= j - k \\
 &= 1159,2 - 667,6 \\
 &= 491,60 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{m. Berat Isi} &= i / l \\
 &= 1150,0 / 491,60 \\
 &= 2,339
 \end{aligned}$$

n. BJ maksimum teoritis

$$\begin{aligned}
 &= \frac{100}{\frac{\% agregat}{BJ agregat} + \frac{\% aspal}{BJ aspal}} \\
 &= \frac{100}{\left(\frac{\% Agregat}{BJ agregat}\right) + \left(\frac{\% aspal}{BJ aspal}\right)} \\
 &= \frac{100}{\left(\frac{18,00 \times \left(\frac{100 - 6,00}{100}\right)}{2,73} + \frac{37,50 \times \left(\frac{100 - 6,00}{100}\right)}{2,63} + \frac{44,50 \times \left(\frac{100 - 6,00}{100}\right)}{2,70}\right) + \left(\frac{6,00}{1,03}\right)} \\
 &= 2,441
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{o. } (h * m) / \text{bj aspal} &= \frac{6,00 \times 2,339}{1,03} \\
 &= 13,693
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{p. } ((100 - h) * m) / \text{bj agregat} &= \frac{(100 - 6,00) \times m}{2,68} \\
 &= 82,135
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{q. Jumlah kandungan rongga (\%)} &= 100 - \text{o} - \text{p} \\
 &= 100 - 13,693 - 82,135 \\
 &= 4,172 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{r. \% rongga terhadap agregat VMA} &= 100 - \text{p} \\
 &= 100 - 78,815 \\
 &= 17,865
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{s. \% rongga terisi aspal VFA} &= \frac{100 \times \text{o}}{r} \\
 &= \frac{100 \times 13,693}{17,865} \\
 &= 76,649
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{t. \% rongga dalam campuran VIM} &= 100 - \left(100 \times \frac{m}{n}\right) \\
 &= 100 - \left(100 \times \frac{2,339}{2,441}\right) \\
 &= 4,155
 \end{aligned}$$

$$\text{u. Pembacaan Arloji Stabilitas} = 82,00$$

$$\begin{aligned}
 \text{v. lbf} &= u \times 29,4 \\
 &= 82,00 \times 29,4 \\
 &= 2410,80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{w. kg} &= v \times 0,44482 \\
 &= 2410,80 \times 0,44482 \\
 &= 1072,37
 \end{aligned}$$

$$\text{x. koreksi (tebal)} = 1,011$$

$$\begin{aligned}
 \text{y. Stabilitas lbf (dengan koreksi)} &= v \times x \\
 &= 2410,80 \times 1,011 \\
 &= 2436,36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{z. Stabilitas kg (dengan koreksi)} &= w \times x \\
 &= 1072,37 \times 1,011 \\
 &= 1083,74
 \end{aligned}$$

$$\text{aa. Flow} = 3,60$$

$$\begin{aligned}
 \text{bb. Marshall Quotient} &= \frac{z}{aa} \\
 &= \frac{1083,74}{3,60} \\
 &= 298,26
 \end{aligned}$$

Tabel 4.25. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,13	10,20	10,13	10,15	10,30
b	Tinggi 1 (cm)	6,50	6,40	6,76	6,88	6,59
c	Tinggi 2 (cm)	6,70	6,40	6,62	6,82	6,55
d	Tinggi 3 (cm)	6,60	6,50	6,72	6,81	6,54
e	Tinggi 4 (cm)	6,70	6,40	6,62	6,82	6,55
f	Tinggi rata-rata (mm)	66,25	64,25	66,80	68,33	65,58
g	% aspal thd agregat	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26
h	% aspal thd campuran	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
I	Berat sampel (gram)	1183,0	1165,6	1162,8	1197,5	1166,0
j	Berat SSD (gram)	1184,7	1165,6	1165,3	1198,9	1166,4
k	Berat dalam air (gram)	676,7	670,4	672,5	683,0	673,3
l	Isi (gram)	508,00	495,20	492,80	515,90	493,10
m	Berat isi	2,329	2,354	2,360	2,321	2,365
n	BJ maksimum teoritis	2,477	2,477	2,477	2,477	2,477
o	(g*1)/bj aspal)	11,360	11,482	11,510	11,323	11,535
p	((100-g)*1)/bj agregat	82,634	83,523	83,728	82,366	83,907
q	Jumlah kandungan rongga (%)	6,006	5,00	4,76	6,31	4,56
r	Pembacaan arloji stabilitas	72,00	70,00	63,00	73,00	65,00
s	Lbf	2116,80	2058,00	1852,20	2146,20	1911,00
t	Kg	941,59	915,44	823,90	954,67	850,05
u	koreksi (tebal)	0,930	0,982	0,915	0,874	0,948

Tabel 4.26. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	17,366	16,477	16,272	17,634	16,093
b	% rongga terisi aspal VFA	65,413	69,684	70,736	64,210	71,678
c	% rongga dlm campuran VIM	5,989	4,978	4,744	6,294	4,540

Tabel 4.27. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1967,71	2021,60	1694,35	1875,06	1810,82
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	875,28	899,25	753,68	834,06	805,49
c	<i>Flow</i>	3,3	5,10	4,40	3,30	4,40
d	<i>Marshall Quotient</i>	265,24	176,32	171,29	252,75	183,07

Tabel 4.28. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,15	10,13	10,20	10,23	10,10
b	Tinggi 1 (cm)	6,69	6,41	6,56	6,71	6,38
c	Tinggi 2 (cm)	6,71	6,50	6,58	6,72	6,42
d	Tinggi 3 (cm)	6,57	6,51	6,63	6,55	6,36
e	Tinggi 4 (cm)	6,71	6,50	6,58	6,72	6,42
f	Tinggi rata-rata (mm)	66,70	64,80	65,88	66,75	63,95
g	% aspal thd agregat	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82
h	% aspal thd campuran	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
I	Berat sampel (gram)	1172,5	1198,7	1197,4	1164,5	1167,8
j	Berat SSD (gram)	1180,1	1206,3	1199,5	1174,3	1174,5
k	Berat dalam air (gram)	680,2	694,6	689,1	674,3	675,6
l	Isi (gram)	499,90	511,70	510,40	500,00	498,90
m	Berat isi	2,345	2,343	2,346	2,329	2,341
n	BJ maksimum teoritis	2,459	2,459	2,459	2,459	2,459
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	12,585	12,570	12,588	12,497	12,560
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	82,789	82,688	82,808	82,208	82,623
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,625	4,74	4,60	5,29	4,82
r	Pembacaan arloji stabilitas	78,00	75,00	77,00	73,00	76,00
s	lbf	2293,20	2205,00	2263,80	2146,20	2234,40
t	kg	1020,06	980,83	1006,98	954,67	993,91
u	koreksi (tebal)	0,917	0,968	0,940	0,916	0,990

Tabel 4.29. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	17,211	17,312	17,192	17,792	17,377
b	% rongga terisi aspal VFA	73,126	72,606	73,223	70,240	72,279
c	% rongga dlm campuran VIM	4,608	4,725	4,586	5,278	4,800

Tabel 4.30. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2103,95	2134,43	2127,06	1966,19	2212,21
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	935,88	949,44	946,16	874,60	984,04
c	<i>Flow</i>	3,5	3,30	3,60	3,40	3,60
d	<i>Marshall Quotient</i>	267,39	287,71	262,82	257,24	273,34

Tabel 4.31. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,16	10,23	10,12	10,12	10,28
b	Tinggi 1 (cm)	6,40	6,50	6,63	6,63	6,55
c	Tinggi 2 (cm)	6,29	6,65	6,57	6,73	6,56
d	Tinggi 3 (cm)	6,28	6,65	6,52	6,64	6,54
e	Tinggi 4 (cm)	6,29	6,65	6,57	6,73	6,56
f	Tinggi rata-rata (mm)	63,15	66,13	65,73	66,83	65,53
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
I	Berat sampel (gram)	1150,0	1141,2	1200,1	1222,3	1185,0
j	Berat SSD (gram)	1159,2	1151,5	1210,7	1230,7	1194,5
k	Berat dalam air (gram)	667,6	663,2	696,7	706,3	687,4
l	Isi (gram)	491,60	488,30	514,00	524,40	507,10
m	Berat isi	2,339	2,337	2,335	2,331	2,337
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	$(g^*l)/bj$ aspal)	13,693	13,681	13,667	13,644	13,679
p	$((100-g^*)/bj)$ agregat	82,135	82,057	81,978	81,838	82,048
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,172	4,26	4,36	4,52	4,27
r	Pembacaan arloji stabilitas	82,00	83,00	80,00	83,00	80,00
s	lbf	2410,80	2440,20	2352,00	2440,20	2352,00
t	kg	1072,37	1085,45	1046,22	1085,45	1046,22
u	koreksi (tebal)	1,011	0,933	0,944	0,914	0,949

Tabel 4.32. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	17,865	17,943	18,022	18,162	17,952
b	% rongga terisi aspal VFA	76,649	76,245	75,835	75,125	76,195
c	% rongga dlm campuran VIM	4,155	4,245	4,338	4,501	4,256

Tabel 4.33. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2436,36	2276,51	2219,33	2230,60	2231,82
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	1083,74	1012,64	987,20	992,21	992,76
c	<i>Flow</i>	3,6	3,50	3,30	3,90	3,40
d	<i>Marshall Quotient</i>	301,04	289,32	299,15	254,41	291,99

Tabel 4.34. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6,5% direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,14	10,21	10,15	10,15	10,14
b	Tinggi 1 (cm)	6,38	6,51	6,67	6,38	6,32
c	Tinggi 2 (cm)	6,38	6,56	6,62	6,44	6,45
d	Tinggi 3 (cm)	6,40	6,60	6,53	6,53	6,42
e	Tinggi 4 (cm)	6,38	6,56	6,62	6,44	6,45
f	Tinggi rata-rata (mm)	63,85	65,58	66,10	64,48	64,10
g	% aspal thd agregat	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95
h	% aspal thd campuran	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
I	Berat sampel (gram)	1163,9	1193,8	1190,6	1164,1	1194,4
j	Berat SSD (gram)	1164,0	1202,3	1198,6	1174,4	1197,1
k	Berat dalam air (gram)	667,1	692,9	689,9	677,7	687,0
l	Isi (gram)	496,90	509,40	508,70	496,70	510,10
m	Berat isi	2,342	2,344	2,340	2,344	2,342
n	BJ maksimum teoritis	2,423	2,423	2,423	2,423	2,423
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal	14,854	14,861	14,842	14,862	14,849
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	81,803	81,846	81,739	81,850	81,775
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,343	3,29	3,42	3,29	3,38
r	Pembacaan arloji stabilitas	76,00	75,00	73,00	76,00	77,00
s	Lbf	2234,40	2205,00	2146,20	2234,40	2263,80
t	Kg	993,91	980,83	954,67	993,91	1006,98
u	koreksi (tebal)	0,993	0,948	0,934	0,976	0,986

Tabel 4.35. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	18,197	18,154	18,261	18,150	18,225
b	% rongga terisi aspal VFA	81,629	81,863	81,277	81,888	81,472
c	% rongga dlm campuran VIM	3,326	3,276	3,402	3,270	3,360

Tabel 4.36. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2217,97	2089,40	2003,67	2181,83	2232,55
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	986,60	929,41	891,27	970,52	993,08
c	<i>Flow</i>	3,5	3,40	3,50	3,60	3,80
d	<i>Marshall Quotient</i>	281,89	273,36	254,65	269,59	261,34

Tabel 4.37. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 7% direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,17	10,14	10,19	10,14	10,09
b	Tinggi 1 (cm)	5,93	6,26	6,47	6,50	6,79
c	Tinggi 2 (cm)	6,04	6,16	6,52	6,54	6,85
d	Tinggi 3 (cm)	6,08	6,28	6,52	6,53	6,75
e	Tinggi 4 (cm)	6,04	6,16	6,52	6,54	6,85
f	Tinggi rata-rata (mm)	60,23	62,15	65,08	65,28	68,10
g	% aspal thd agregat	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53
h	% aspal thd campuran	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
I	Berat sampel (gram)	1118,8	1150,3	1199,9	1200,2	1192,1
j	Berat SSD (gram)	1128,1	1159,2	1208,0	1211,8	1200,7
k	Berat dalam air (gram)	647,3	663,9	694,5	697,6	694,4
l	Isi (gram)	480,80	495,30	513,50	514,20	506,30
m	Berat isi	2,327	2,322	2,337	2,334	2,355
n	BJ maksimum teoritis	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	15,891	15,861	15,958	15,940	16,080
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	80,832	80,675	81,171	81,081	81,790
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,276	3,46	2,87	2,98	2,13
r	Pembacaan arloji stabilitas	62,00	69,00	60,00	71,00	66,00
s	lbf	1822,80	2028,60	1764,00	2087,40	1940,40
t	kg	810,82	902,36	784,66	928,52	863,13
u	koreksi (tebal)	1,086	1,036	0,961	0,956	0,880

Tabel 4.38. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	19,168	19,325	18,829	18,919	18,210
b	% rongga terisi aspal VFA	82,906	82,072	84,752	84,254	88,302
c	% rongga dlm campuran VIM	3,260	3,448	2,854	2,962	2,113

Tabel 4.39. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 7 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1979,46	2101,85	1694,82	1994,54	1706,97
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	880,50	934,95	753,89	887,21	759,29
c	<i>Flow</i>	3,4	4,60	3,50	4,80	3,10
d	<i>Marshall Quotient</i>	258,97	203,25	215,40	184,84	244,93

Tabel 4.40. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,14	10,18	10,14	10,16	10,14
b	Tinggi 1 (cm)	6,54	6,49	6,49	6,42	6,57
c	Tinggi 2 (cm)	6,42	6,57	6,41	6,49	6,49
d	Tinggi 3 (cm)	6,43	6,60	6,50	6,54	6,49
e	Tinggi 4 (cm)	6,52	6,54	6,49	6,42	6,41
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,76	65,50	64,71	64,68	64,90
g	% aspal thd agregat	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26
h	% aspal thd campuran	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
I	Berat sampel (gram)	1182,4	1185,4	1187,7	1195,5	1185,7
j	Berat SSD (gram)	1193,9	1198,0	1200,6	1210,1	1200,5
k	Berat dalam air (gram)	689,9	686,4	688,4	697,5	690,5
l	Isi (gram)	504,00	511,60	512,20	512,60	510,00
m	Berat isi	2,346	2,317	2,319	2,332	2,325
n	BJ maksimum teoritis	2,477	2,477	2,477	2,477	2,477
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal	11,444	11,303	11,311	11,377	11,341
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	83,247	82,219	82,282	82,758	82,498
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5,309	6,48	6,41	5,87	6,16
r	Pembacaan arloji stabilitas	57,00	57,00	59,00	61,00	62,00
s	lbf	1675,80	1675,80	1734,60	1793,40	1822,80
t	kg	745,43	745,43	771,58	797,74	810,82
u	koreksi (tebal)	0,969	0,950	0,970	0,971	0,965

Tabel 4.41. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	16,753	17,781	17,718	17,242	17,502
b	% rongga terisi aspal VFA	68,312	63,565	63,840	65,981	64,797
c	% rongga dlm campuran VIM	5,291	6,462	6,390	5,849	6,144

Tabel 4.42. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1623,81	1591,28	1683,05	1741,86	1759,69
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	722,30	707,83	748,65	774,81	782,74
c	<i>Flow</i>	5,7	5,20	5,70	4,90	5,50
d	<i>Marshall Quotient</i>	126,72	136,12	131,34	158,13	142,32

Tabel 4.43. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,13	10,19	10,18	10,10	10,27
b	Tinggi 1 (cm)	6,38	6,34	6,42	6,37	6,34
c	Tinggi 2 (cm)	6,46	6,36	6,44	6,21	6,36
d	Tinggi 3 (cm)	6,54	6,35	6,53	6,27	6,35
e	Tinggi 4 (cm)	6,46	6,32	6,52	6,43	6,32
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,60	63,41	64,76	63,18	63,41
g	% aspal thd agregat	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82
h	% aspal thd campuran	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
I	Berat sampel (gram)	1179,3	1162,2	1187,6	1170,1	1162,2
j	Berat SSD (gram)	1193,4	1178,9	1199,9	1198,2	1178,9
k	Berat dalam air (gram)	691,6	683,7	695,1	699,3	686,7
l	Isi (gram)	501,80	495,20	504,80	498,90	492,20
m	Berat isi	2,350	2,347	2,353	2,345	2,361
n	BJ maksimum teoritis	2,459	2,459	2,459	2,459	2,459
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	12,611	12,593	12,624	12,585	12,670
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	82,954	82,841	83,042	82,786	83,346
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,435	4,57	4,33	4,63	3,98
r	Pembacaan arloji stabilitas	67,00	70,00	72,00	69,00	71,00
s	lbf	1969,80	2058,00	2116,80	2028,60	2087,40
t	kg	876,21	915,44	941,59	902,36	928,52
u	koreksi (tebal)	0,973	1,004	0,969	1,010	1,004

Tabel 4.44. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	17,046	17,159	16,958	17,214	16,654
b	% rongga terisi aspal VFA	73,980	73,392	74,440	73,106	76,078
c	% rongga dlm campuran VIM	4,418	4,549	4,317	4,612	3,967

Tabel 4.45. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1917,04	2065,99	2051,13	2048,81	2095,51
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	852,74	919,00	912,38	911,35	932,12
c	<i>Flow</i>	4,9	4,60	4,60	4,80	4,50
d	<i>Marshall Quotient</i>	174,03	199,78	198,34	189,86	207,14

Tabel 4.46. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,17	10,19	10,23	10,23	10,19
b	Tinggi 1 (cm)	6,30	6,40	6,31	6,01	6,34
c	Tinggi 2 (cm)	6,22	6,29	6,34	6,30	6,21
d	Tinggi 3 (cm)	6,30	6,30	6,42	6,22	6,35
e	Tinggi 4 (cm)	6,35	6,40	6,38	6,30	6,29
f	Tinggi rata-rata (mm)	62,93	63,48	63,63	62,08	62,95
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
I	Berat sampel (gram)	1171,6	1187,6	1172,8	1179,1	1189,1
j	Berat SSD (gram)	1178,3	1194,7	1183,2	1183,6	1203,4
k	Berat dalam air (gram)	679,5	689,6	685,1	680,4	695,3
l	Isi (gram)	498,80	505,10	498,10	503,20	508,10
m	Berat isi	2,349	2,351	2,355	2,343	2,340
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal	13,749	13,763	13,783	13,716	13,699
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	82,470	82,553	82,670	82,272	82,169
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,781	3,68	3,55	4,01	4,13
r	Pembacaan arloji stabilitas	70,00	74,00	76,00	75,00	79,00
s	lbf	2058,00	2175,60	2234,40	2205,00	2322,60
t	kg	915,44	967,75	993,91	980,83	1033,14
u	koreksi (tebal)	1,016	1,002	0,998	1,038	1,016

Tabel 4.47. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	17,530	17,447	17,330	17,728	17,831
b	% rongga terisi aspal VFA	78,431	78,887	79,531	77,370	76,830
c	% rongga dlm campuran VIM	3,764	3,666	3,530	3,995	4,114

Tabel 4.48. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2091,64	2180,57	2230,90	2288,84	2359,09
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	930,40	969,96	992,35	1018,12	1049,37
c	<i>Flow</i>	4,6	4,10	4,20	3,80	4,10
d	<i>Marshall Quotient</i>	202,26	236,58	236,27	267,93	255,94

Tabel 4.49. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6,5% direndam dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,14	10,22	10,28	10,21	10,15
b	Tinggi 1 (cm)	6,37	6,29	6,27	6,37	6,29
c	Tinggi 2 (cm)	6,32	6,31	6,34	6,32	6,31
d	Tinggi 3 (cm)	6,36	6,38	6,40	6,36	6,38
e	Tinggi 4 (cm)	6,40	6,38	6,30	6,40	6,38
f	Tinggi rata-rata (mm)	63,48	63,27	63,37	63,48	63,27
g	% aspal thd agregat	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95
h	% aspal thd campuran	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
I	Berat sampel (gram)	1195,4	1197,9	1179,0	1192,7	1179,7
j	Berat SSD (gram)	1194,7	1193,8	1190,0	1190,0	1180,0
k	Berat dalam air (gram)	687,2	685,8	688,2	681,2	678,3
l	Isi (gram)	507,50	508,00	501,80	508,80	501,70
m	Berat isi	2,355	2,358	2,350	2,344	2,351
n	BJ maksimum teoritis	2,423	2,423	2,423	2,423	2,423
o	(g*1)/bj aspal)	14,937	14,954	14,900	14,865	14,911
p	((100-g)*1)/bj agregat	82,263	82,353	82,056	81,867	82,121
q	Jumlah kandungan rongga (%)	2,800	2,69	3,04	3,27	2,97
r	Pembacaan arloji stabilitas	73,00	71,00	65,00	70,00	69,00
s	lbf	2146,20	2087,40	1911,00	2058,00	2028,60
t	kg	954,67	928,52	850,05	915,44	902,36
u	koreksi (tebal)	1,002	1,008	1,005	1,002	1,008

Tabel 4.50. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	17,737	17,647	17,944	18,133	17,879
b	% rongga terisi aspal VFA	84,212	84,739	83,031	81,979	83,400
c	% rongga dlm campuran VIM	2,783	2,676	3,028	3,251	2,951

Tabel 4.51. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2150,64	2103,30	1920,67	2062,26	2044,05
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	956,65	935,59	854,35	917,33	909,24
c	<i>Flow</i>	4,4	5,10	3,90	4,20	4,15
d	<i>Marshall Quotient</i>	217,42	183,45	219,06	218,41	219,09

Tabel 4.52. Data Umum Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 7 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,23	10,14	10,13	10,14	10,19
b	Tinggi 1 (cm)	6,47	6,40	6,26	6,40	6,47
c	Tinggi 2 (cm)	6,51	6,41	6,33	6,41	6,51
d	Tinggi 3 (cm)	6,46	6,42	6,39	6,42	6,46
e	Tinggi 4 (cm)	6,49	6,41	6,26	6,41	6,49
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,80	64,10	63,27	64,10	64,80
g	% aspal thd agregat	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53
h	% aspal thd campuran	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
I	Berat sampel (gram)	1189,7	1187,1	1168,0	1187,1	1189,7
j	Berat SSD (gram)	1199,0	1192,0	1179,3	1199,0	1199,0
k	Berat dalam air (gram)	692,5	687,5	683,6	690,6	691,9
l	Isi (gram)	506,50	504,50	495,70	508,40	507,10
m	Berat isi	2,349	2,353	2,356	2,335	2,346
n	BJ maksimum teoritis	2,405	2,405	2,405	2,405	2,405
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal	16,041	16,069	16,092	15,946	16,022
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	81,593	81,738	81,850	81,111	81,497
q	Jumlah kandungan rongga (%)	2,366	2,19	2,06	2,94	2,48
r	Pembacaan arloji stabilitas	60,00	58,00	61,00	55,00	57,00
s	lbf	1764,00	1705,20	1793,40	1617,00	1675,80
t	kg	784,66	758,51	797,74	719,27	745,43
u	koreksi (tebal)	0,968	0,986	1,008	0,986	0,968

Tabel 4.53. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 7 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	% rongga thd agregat VMA	18,407	18,262	18,150	18,889	18,503
b	% rongga terisi aspal VFA	87,147	87,992	88,660	84,419	86,590
c	% rongga dlm campuran VIM	2,349	2,176	2,041	2,926	2,464

Tabel 4.54. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Abu Batu Kadar Aspal 7 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1707,54	1681,66	1807,06	1594,68	1622,16
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	759,55	748,04	803,82	709,35	721,57
c	<i>Flow</i>	5,6	5,50	3,50	6,80	5,10
d	<i>Marshall Quotient</i>	135,63	136,01	229,66	104,32	141,48

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 stastik.

Dibawah ini adalah contoh perhitungan Interval Kepercayaan untuk data stabilitas pada variasi Kadar aspal 5 %.

**Tabel 4.55. Data Pengujian Stabilitas kadar aspal 5 % Beton Aspal AC – WC
Filler Abu Batu**

No	Stabilitas (kg)
1	875,28
2	899,25
3	753,68
4	834,06
5	805,49

Dari data stabilitas pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Stabilitas}}{n} \\
 &= \frac{875,28 + 899,25 + 753,68 + 834,06 + 805,49}{5} \\
 &= 833,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{(875,28 - 833,55)^2 + \text{sampai} + (805,49 - 833,55)^2}{5-1}} \\
 &= 57,4983
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} (1 + (1 - 0,05)) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$t_{0,975} = 2,776 \text{ (tabel student)}$$

Keterangan :

X = Nilai rata – rata

s = Standart deviasi

P = Persentil

T_{0,975} = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 833,55 - \left(2,776 \times \frac{57,4983}{\sqrt{5}} \right) < \mu < 833,55 + \left(2,776 \times \frac{57,4983}{\sqrt{5}} \right) \\
 &= 762,1701 < \mu < 904,9343
 \end{aligned}$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk stabilitas di atas, maka data stabilitas pada variasi kadar aspal 5 % yang tidak memenuhi syarat berjumlah 1 buah. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.56. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Variasi Kadar Aspal 5 % setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan

No	Stabilitas (kg)
1	875,28
2	899,25
3	834,06
4	805,49


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

Tabel 4.57. Interval Kepercayaan Data Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	833,55	57,4983	0,975	4	2,776	762,1700	< μ <	904,9343
Kadar Aspal 5,5 %	938,02	39,81359	0,975	4	2,776	888,5950	< μ <	987,4494
Kadar Aspal 6 %	1013,71	40,33989	0,975	4	2,776	946,5594	< μ <	1055,688
Kadar Aspal 6,5 %	954,17	43,01917	0,975	4	2,776	900,7690	< μ <	1007,583
Kadar Aspal 7 %	843,16	81,79633	0,975	4	2,776	741,6206	< μ <	944,7152

Tabel 4.58. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Stabilitas (kg)	875,279	935,8802	1083,74	986,5976	880,5021
	899,2486	949,4354	1012,636	929,4086	934,9458
	753,6824	946,1584	987,2007	891,2706	753,8889
	834,0636	874,6015	992,2149	970,5211	887,2104
	805,4875	984,0358	992,7563	993,0831	759,2926
	853,5197	953,8775	996,2021	969,9026	843,1679


 = Data yang dihapus (*sortir*)

Tabel 4.59. Interval Kepercayaan Data Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	4,1	0,78421	0,975	4	2,776	3,1264	< μ <	5,0735
Kadar Aspal 5,5 %	3,48	0,13038	0,975	4	2,776	3,3181	< μ <	3,6418
Kadar Aspal 6 %	3,54	0,2302	0,975	4	2,776	3,2541	< μ <	3,8258
Kadar Aspal 6,5 %	3,56	0,15165	0,975	4	2,776	3,37172	< μ <	3,7482
Kadar Aspal 7 %	3,88	0,76615	0,975	4	2,776	2,9288	< μ <	4,8311

Tabel 4.60. Data Pengujian Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

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


 = Data yang dihapus (*sortir*)

Tabel 4.61. Interval Kepercayaan Data VIM Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	5,30927	0,78307	0,975	4	2,776	4,33710	$< \mu <$	6,2814
Kadar Aspal 5,5 %	4,79948	0,28125	0,975	4	2,776	4,45032	$< \mu <$	5,1486
Kadar Aspal 6 %	4,29911	0,13013	0,975	4	2,776	4,13755	$< \mu <$	4,4606
Kadar Aspal 6,5 %	3,32672	0,05605	0,975	4	2,776	3,25713	$< \mu <$	3,3963
Kadar Aspal 7 %	2,92741	0,51252	0,975	4	2,776	2,29113	$< \mu <$	3,5637

Tabel 4.62. Data Pengujian VIM Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VIM (%)	5,9893	4,6080	4,1547	3,3258	3,2597
	4,9778	4,7253	4,2454	3,2755	3,4477
	4,7444	4,5862	4,3381	3,4020	2,8542
	6,2943	5,2778	4,5008	3,2703	2,9621
	4,5404	4,7999	4,2564	3,3597	2,1131

 = Data yang dihapus (*sortir*)

Tabel 4.63. Interval Kepercayaan Data VMA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	16,7684	0,6883	0,975	4	2,776	15,9138	$< \mu <$	17,6229
Kadar Aspal 5,5 %	17,3768	0,2441	0,975	4	2,776	17,0737	$< \mu <$	17,6798
Kadar Aspal 6 %	17,989	0,1115	0,975	4	2,776	17,8505	$< \mu <$	18,1274
Kadar Aspal 6,5 %	18,1973	0,0474	0,975	4	2,776	18,1384	$< \mu <$	18,2562
Kadar Aspal 7 %	18,8902	0,4282	0,975	4	2,776	18,3585	$< \mu <$	19,4218

Tabel 4.64. Data Pengujian VMA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
VMA (%)	17,36619	17,21062	17,86525	18,19659	19,16786
	16,47709	17,31247	17,94293	18,15402	19,32502
	16,27194	17,19177	18,02238	18,26109	18,82904
	17,63424	17,79194	18,16179	18,14959	18,91928
	16,0926	17,3772	17,95243	18,22525	18,20988

 = Data yang dihapus (*sortir*)

Tabel 4.65. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	209,732	45,3758	0,975	4	2,776	153,399	< μ <	266,065
Kadar Aspal 5,5 %	269,700	11,6783	0,975	4	2,776	255,202	< μ <	284,198
Kadar Aspal 6 %	287,183	18,9519	0,975	4	2,776	263,655	< μ <	310,711
Kadar Aspal 6,5 %	268,163	10,5654	0,975	4	2,776	255,046	< μ <	281,279
Kadar Aspal 7 %	221,477	30,2813	0,975	4	2,776	183,883	< μ <	259,070

Tabel 4.66. Data Pengujian Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
Marshall Quotient	265,2361	267,3943	301,0389	281,885	258,9712
	176,3233	287,7077	289,3247	273,3555	203,2491
	171,2915	262,8218	299,1517	254,6487	215,3968
	252,7465	257,2357	254,4141	269,5892	184,8355
	183,0653	273,3433	291,9871	261,3377	244,9331

 = Data yang dihapus (*sortir*)

Tabel 4.67. Interval Kepercayaan Data VFA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	63,8899	64,759	0,975	4	2,776	-16,507	$< \mu <$	144,287
Kadar Aspal 5,5 %	72,2949	1,2115	0,975	4	2,776	70,790	$< \mu <$	73,799
Kadar Aspal 6 %	77,5070	6,4242	0,975	4	2,776	69,531	$< \mu <$	85,482
Kadar Aspal 6,5 %	82,3994	2,1671	0,975	4	2,776	79,709	$< \mu <$	85,089
Kadar Aspal 7 %	84,4574	2,3981	0,975	4	2,776	81,480	$< \mu <$	87,434

Tabel 4.68. Data Pengujian VFA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
VFA	65,41277	73,12604	76,6486	83,47573	82,90648
	69,68424	72,60639	88,34446	84,60806	82,07237
	70,73612	73,22289	71,2219	80,41126	84,75212
	64,20952	70,24009	75,12488	83,74566	84,25413
	71,67761	72,27931	76,19541	79,75657	88,30225

██████████ = Data Dihapus (*sortir*)

Tabel 4.69. Interval Kepercayaan Data Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	747.2691	32.39452	0,975	4	2,776	707.0524	$< \mu <$	787.4857
Kadar Aspal 5,5 %	905.5181	30.64426	0,975	4	2,776	867.4743	$< \mu <$	943.5618
Kadar Aspal 6 %	992.0407	45.42431	0,975	4	2,776	935.6480	$< \mu <$	1048.433
Kadar Aspal 6,5 %	914.6316	38.32371	0,975	4	2,776	867.0540	$< \mu <$	962.2091
Kadar Aspal 7 %	748.4636	36.88002	0,975	4	2,776	702.6783	$< \mu <$	794.2488

Tabel 4.70. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Stabilitas (kg)	722.302	852.7388	930.4043	956.6477	759.5483
	707.8327	918.9953	969.9592	935.5904	748.0366
	748.6541	912.3815	992.349	854.3507	803.8171
	774.8134	911.3511	1018.123	917.3334	709.3451
	782.7434	932.1238	1049.369	909.2358	721.5709

 = Data Dihapus (sortir)

Tabel 4.71. Interval Kepercayaan Data Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	5.4	0.34641	0,975	4	2,776	4.96994	< μ <	5.830056
Kadar Aspal 5,5 %	4.68	0.164317	0,975	4	2,776	4.47600	< μ <	4.883993
Kadar Aspal 6 %	4.16	0.288097	0,975	4	2,776	3.8023	< μ <	4.51766
Kadar Aspal 6,5 %	4.35	0.455522	0,975	4	2,776	3.78448	< μ <	4.91551
Kadar Aspal 7 %	5.3	1.189538	0,975	4	2,776	3.8232	< μ <	6.7767

Tabel 4.72. Data Pengujian Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Flow (mm)	5.7	4.9	4.6	4.4	5.6
	5.2	4.6	4.1	5.1	5.5
	5.7	4.6	4.2	3.9	3.5
	4.9	4.8	3.8	4.2	6.8
	5.5	4.5	4.1	4.15	5.1

 = Data Dihapus (Sortir)

Tabel 4.73. Interval Kepercayaan Data VIM Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	6.027091	0.476255	0,975	4	2,776	5.43583	< μ <	6.61834
Kadar Aspal 5,5 %	4.372652	0.254114	0,975	4	2,776	4.05717	< μ <	4.68812
Kadar Aspal 6 %	3.81394	0.238627	0,975	4	2,776	3.517692	< μ <	4.110183
Kadar Aspal 6,5 %	2.937777	0.222868	0,975	4	2,776	2.66109	< μ <	3.21445
Kadar Aspal 7 %	2.391359	0.339994	0,975	4	2,776	1.96926	< μ <	2.813449

Tabel 4.74. Data Pengujian VIM Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
VIM (%)	5.291297	4.418061	3.764011	2.783325	2.348835
	6.461502	4.548572	3.666483	2.675897	2.17597
	6.389797	4.317384	3.530059	3.027921	2.041226
	5.848556	4.612455	3.994834	3.250735	2.92639
	6.144301	3.966787	4.114314	2.951006	2.464376

 = Data Dihapus (Sortir)

Tabel 4.75. Interval Kepercayaan Data VMA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	17.3993	0.4186	0,975	4	2,776	16.8796	< μ <	17.9190
Kadar Aspal 5,5 %	17.0063	0.22054	0,975	4	2,776	16.7325	< μ <	17.2801
Kadar Aspal 6 %	17.5731	0.20449	0,975	4	2,776	17.3193	< μ <	17.8270
Kadar Aspal 6,5 %	17.8681	0.18858	0,975	4	2,776	17.63406	< μ <	18.102
Kadar Aspal 7 %	18.44231	0.284085	0,975	4	2,776	18.0896	< μ <	18.7949

Tabel 4.76. Data Pengujian VMA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
VMA (%)	16.75261	17.04576	17.5304	17.73749	18.40678
	17.7812	17.15903	17.44682	17.64659	18.26234
	17.71818	16.95839	17.32991	17.94447	18.14975
	17.24244	17.21448	17.7282	18.13301	18.88936
	17.50239	16.65411	17.83059	17.87938	18.50332

 = Data Dihapus (Sortir)

Tabel 4.77. Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	138.925	12.190	0,975	4	2,776	123.79	< μ <	154.059
Kadar Aspal 5,5 %	193.831	12.656	0,975	4	2,776	178.118	< μ <	209.543
Kadar Aspal 6 %	239.79	24.918	0,975	4	2,776	208.861	< μ <	270.731
Kadar Aspal 6,5 %	211.48	15.688	0,975	4	2,776	192.010	< μ <	230.964
Kadar Aspal 7 %	149.42	47.186	0,975	4	2,776	90.8404	< μ <	208.005

Tabel 4.78. Data Pengujian Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Marshall Quotient (kg/mm)	126.7197	174.0283	202.2618	217.4199	135.6336
	136.1217	199.7816	236.5754	183.4491	136.0067
	131.3428	198.3438	236.2736	219.0643	229.662
	158.1252	189.8648	267.927	218.4127	104.3155
	142.317	207.1386	255.9435	219.093	141.4845

 = Data dihapus (sortir)

Tabel 4.79. Interval Kepercayaan Data VFA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	63.889	64.759	0,975	4	2,776	-16.507	< μ <	144.28
Kadar Aspal 5,5 %	74.199	1.1705	0,975	4	2,776	72.745	< μ <	75.652
Kadar Aspal 6 %	78.209	1.1025	0,975	4	2,776	76.841	< μ <	79.578
Kadar Aspal 6,5 %	83.472	1.07026	0,975	4	2,776	82.143	< μ <	84.801
Kadar Aspal 7 %	86.961	1.6267	0,975	4	2,776	84.942	< μ <	88.981

Tabel 4.80. Data Pengujian VFA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
VFA (%)	68.31207	73.98028	78.43113	84.21209	87.14739
	63.56519	73.39158	78.88671	84.73943	87.99214
	63.84021	74.43978	79.53135	83.03135	88.65992
	65.98094	73.10625	77.37001	81.97922	84.41871
	64.79678	76.07757	76.82999	83.39969	86.59012

 = Data Dihapus (sortir)

1. Perhitungan Indeks Perendaman (IP)

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

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

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada table berikut ini:

Tabel 4.81. Data Indeks Perendaman Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (30 menit)	Stabilitas (24 jam)	Indeks Perendaman (%)	Syarat
5	853,520	747,269	87,55	> 90%
5,5	953,877	918,713	96,31	
6	996,202	993,477	99,73	
6,5	969,903	929,702	95,86	
7	843,168	734,625	87,13	

2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

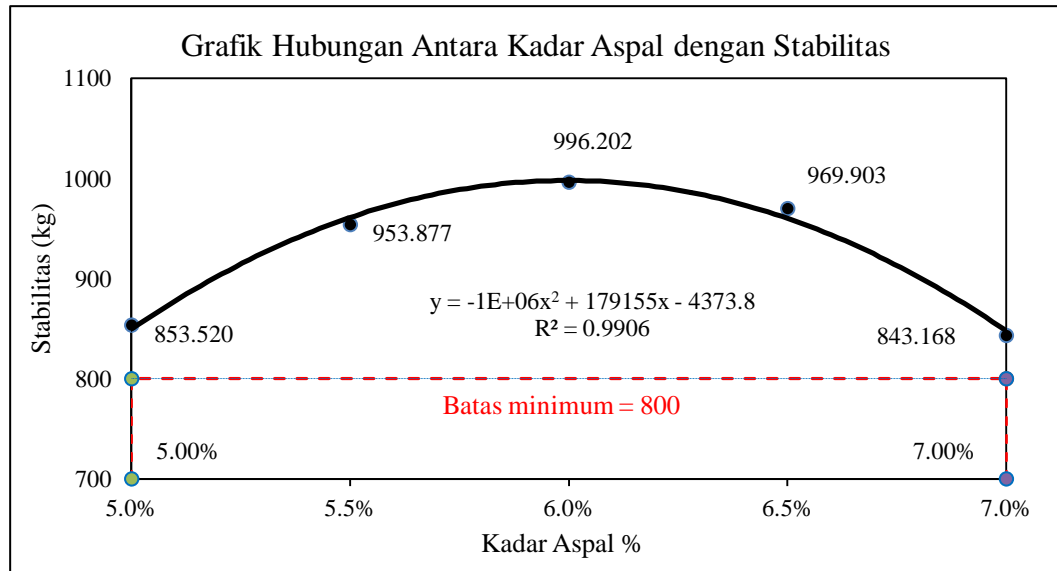
a. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel 2010

Berdasarkan dari tabel 4.56. sampai 4.81. diatas dapat diplotkan data dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara lain :

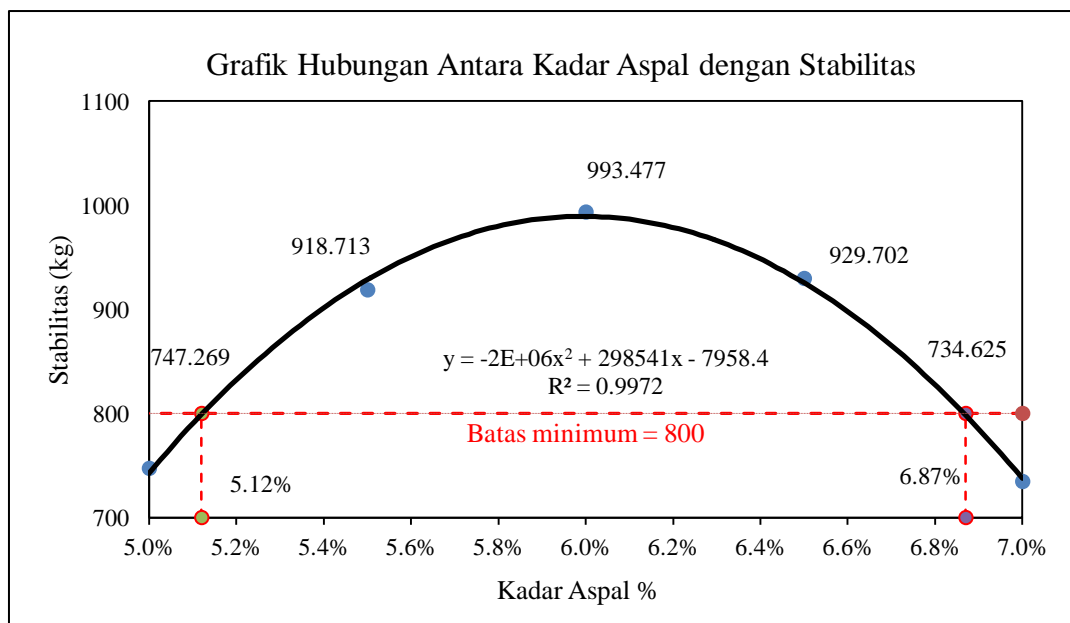
- Antara kadar aspal dengan stabilitas
- Antara kadar aspal dengan *flow*
- Antara kadar aspal dengan VIM
- Antara kadar aspal dengan VMA
- Antara kadar aspal dengan VFA
- Antar kadar aspal dengan *Marshall Quotient*
- Antara kadar aspal dengan Indeks Perendeman

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

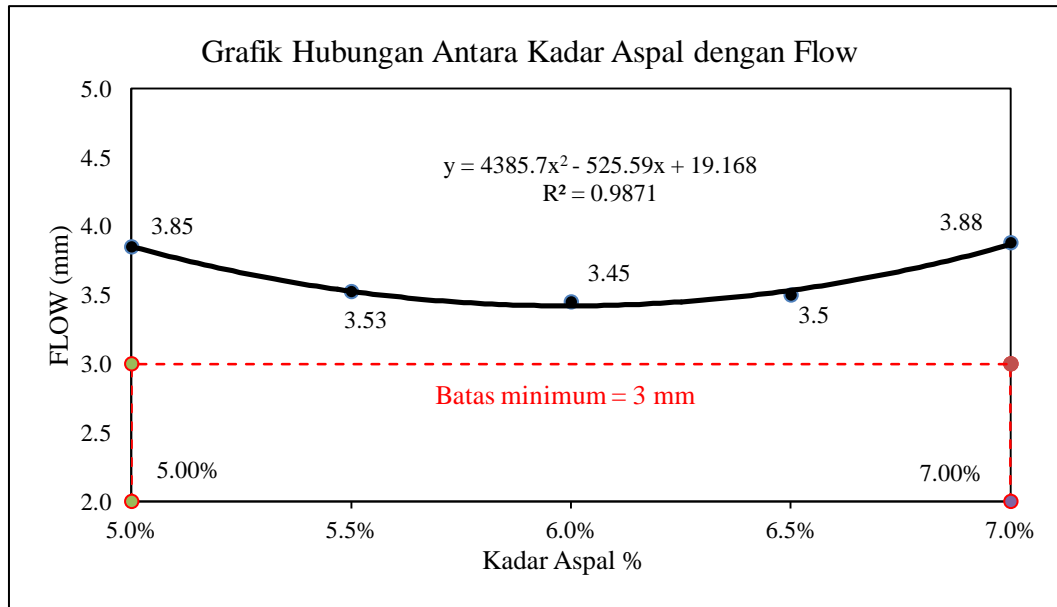
Grafik 4.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)



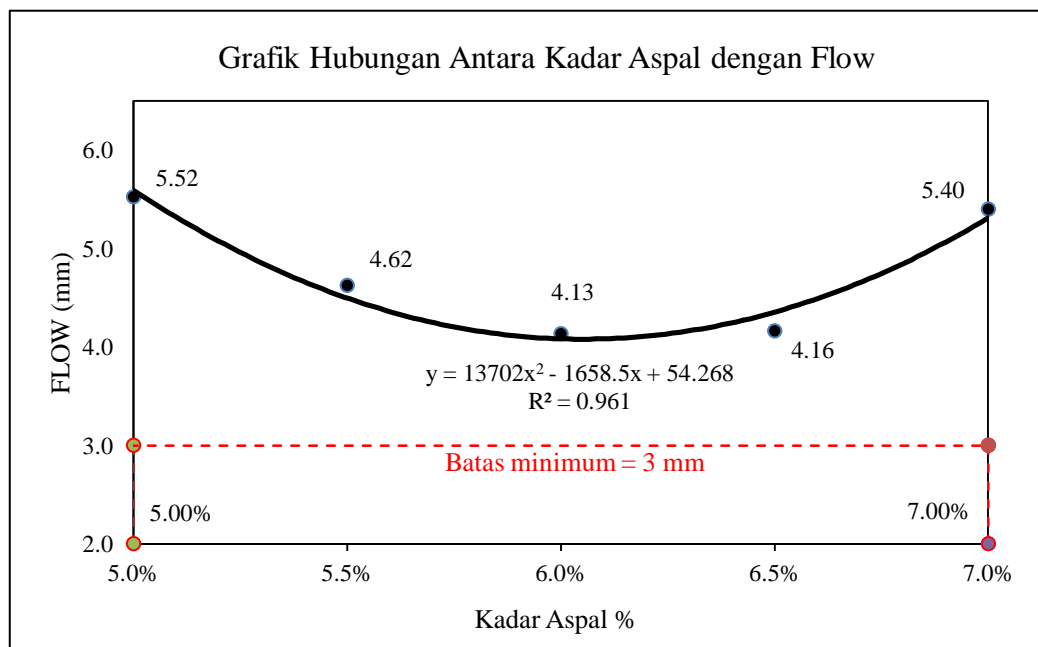
Grafik 4.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)



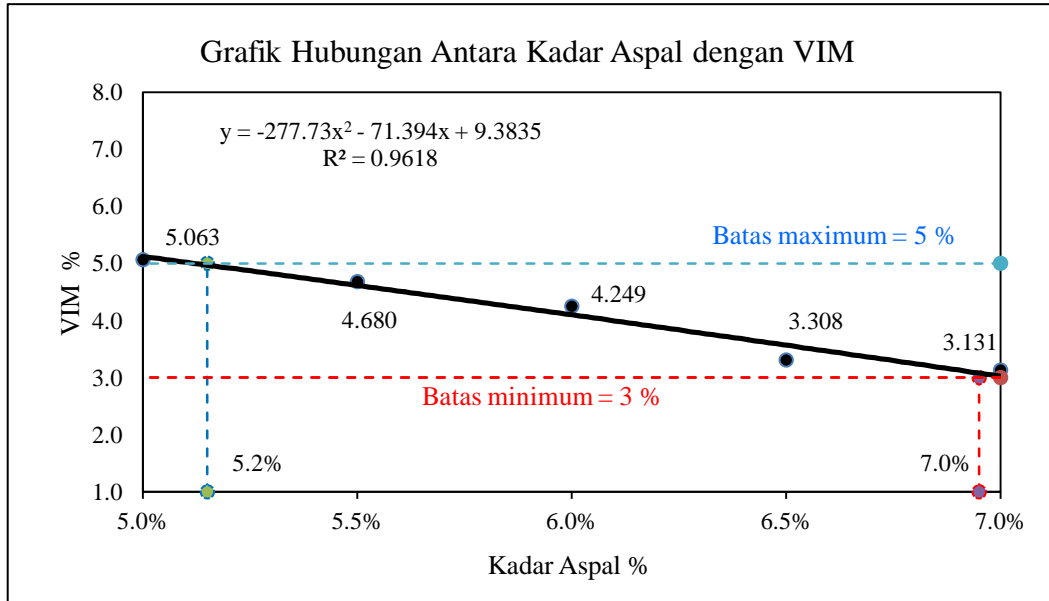
Grafik 4.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)



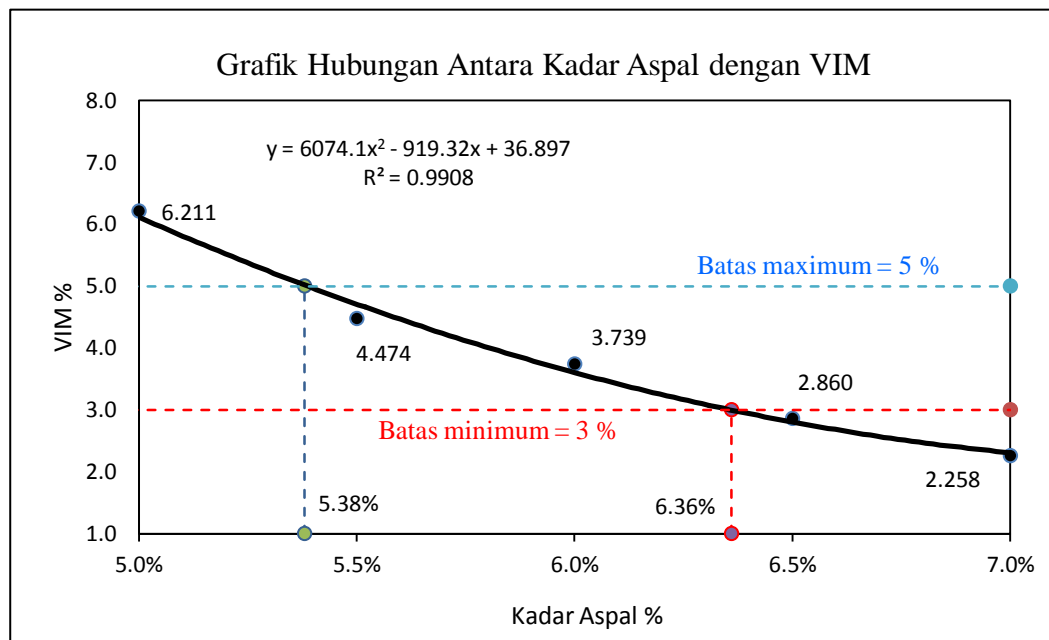
Grafik 4.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)



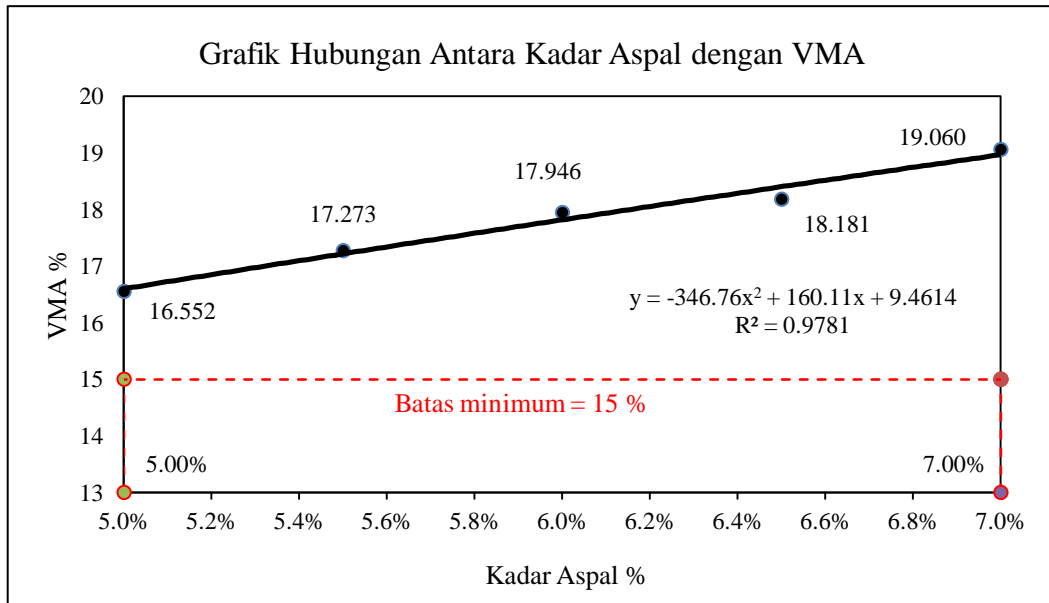
Grafik 4.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)



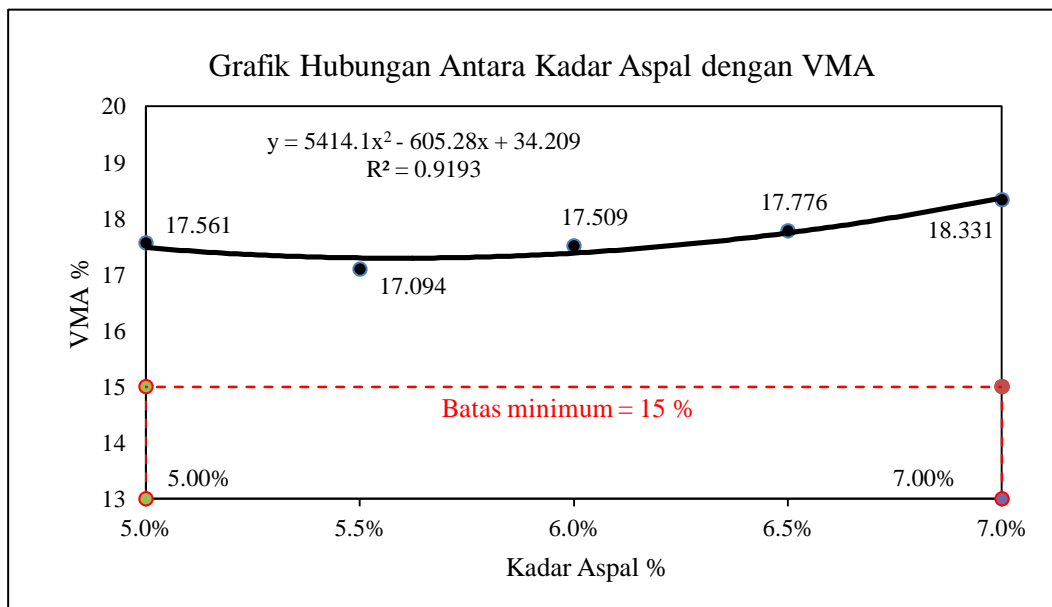
Grafik 4.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)



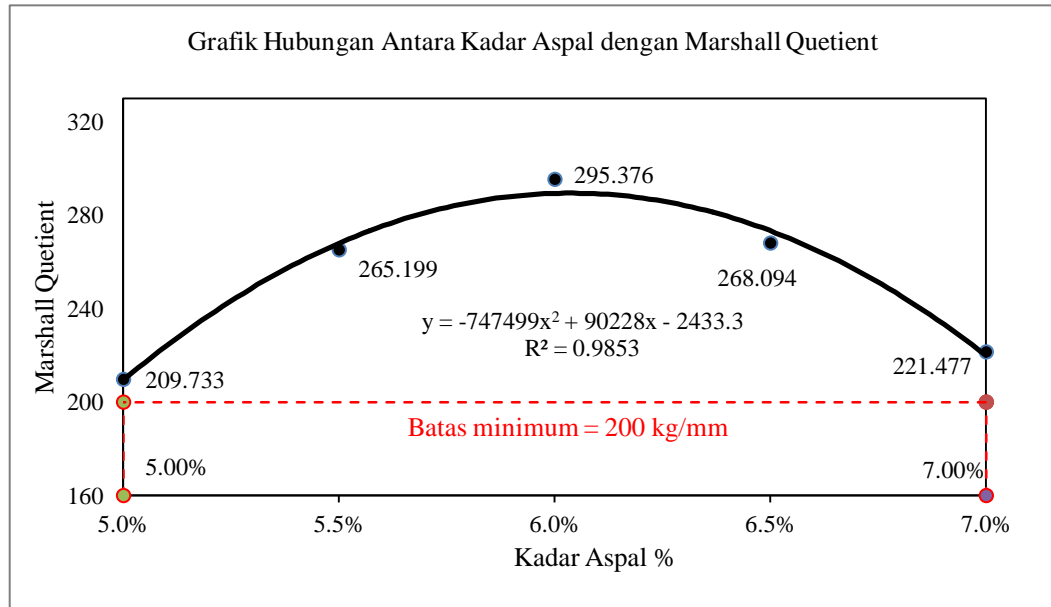
Grafik 4.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)



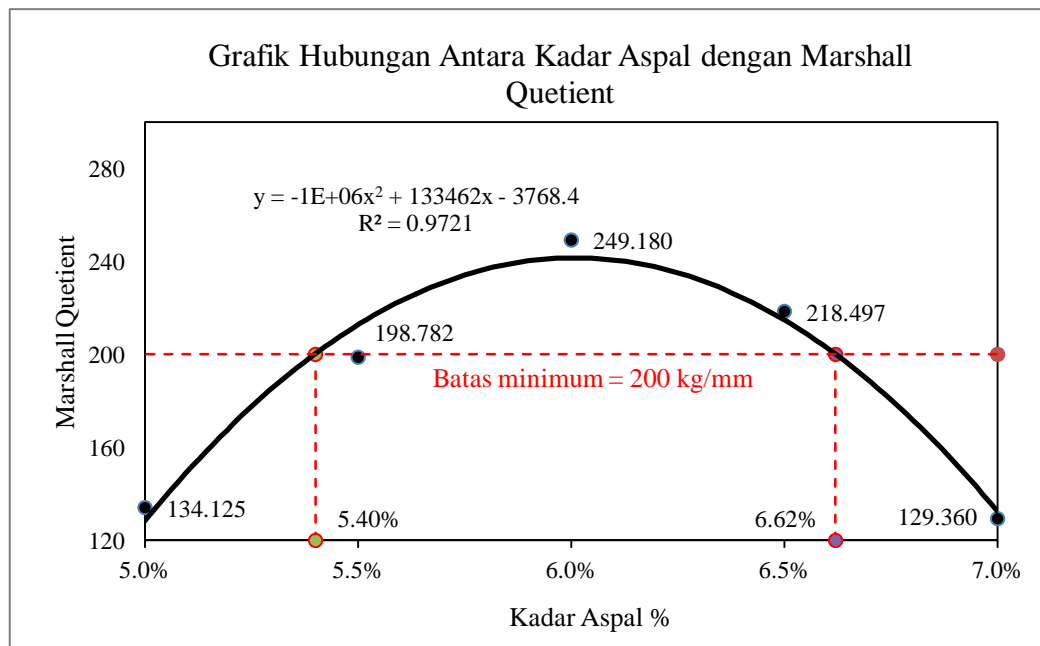
Grafik 4.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)



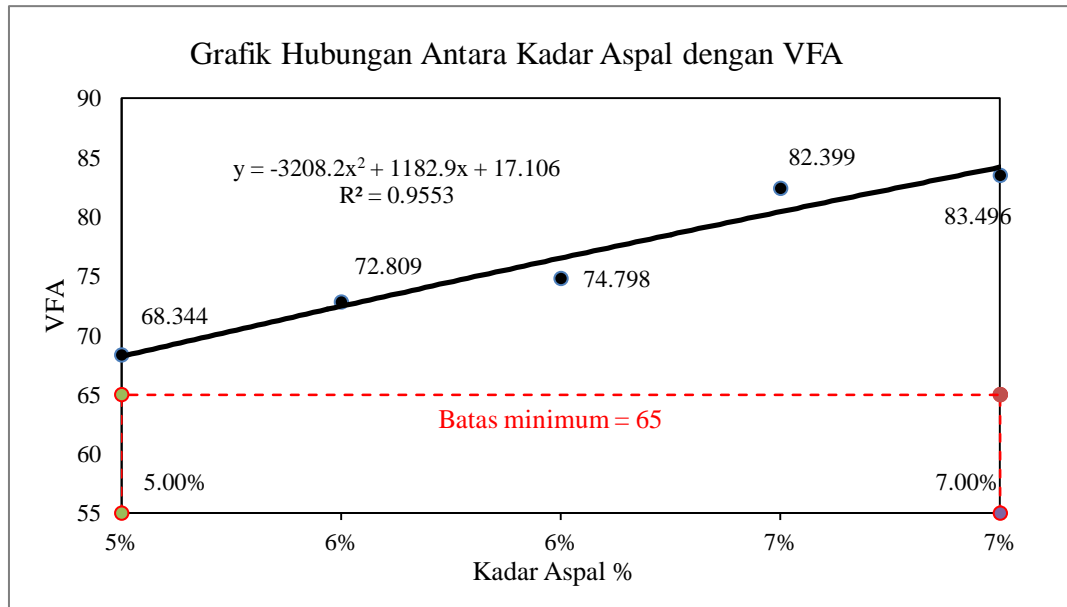
Grafik 4.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)



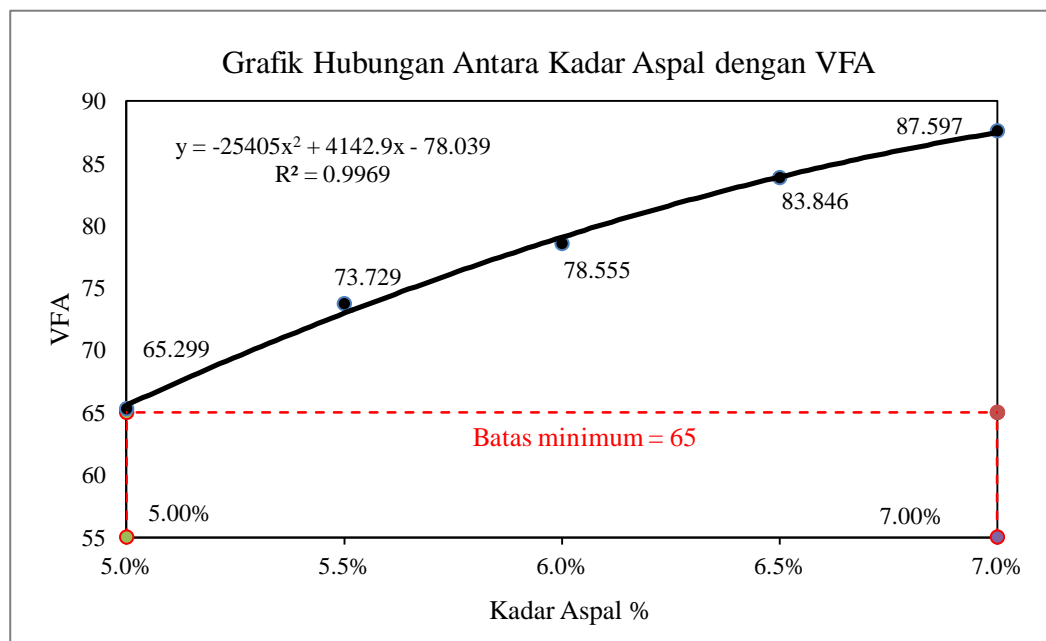
Grafik 4.11. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)



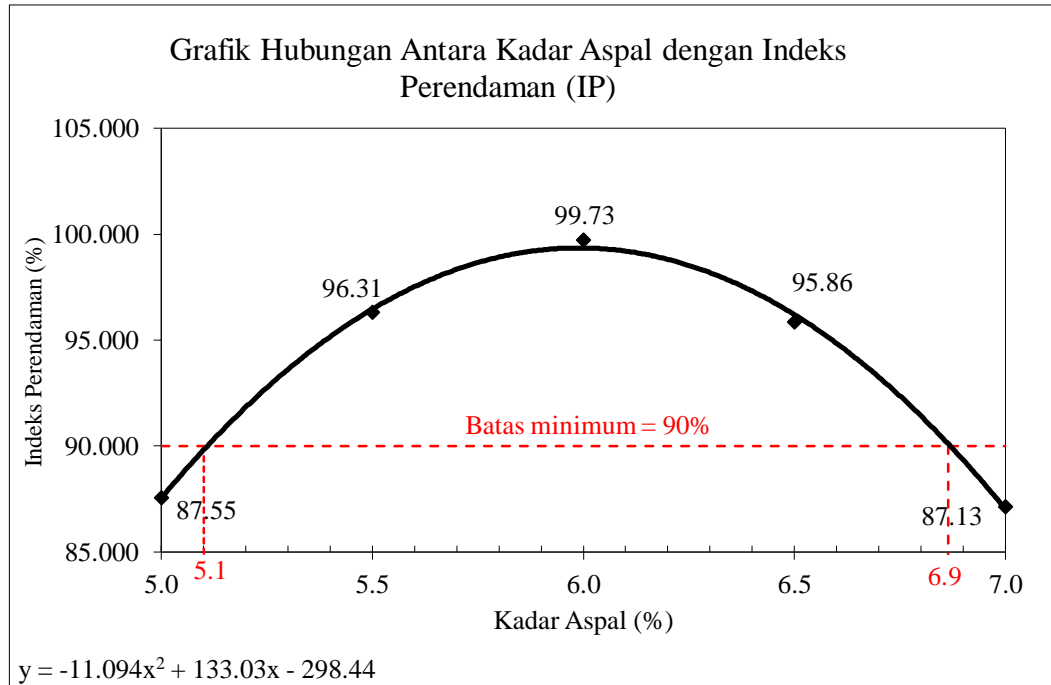
Grafik 4.12. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 30 menit)



Grafik 4.13. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu (Perendaman 24 jam)



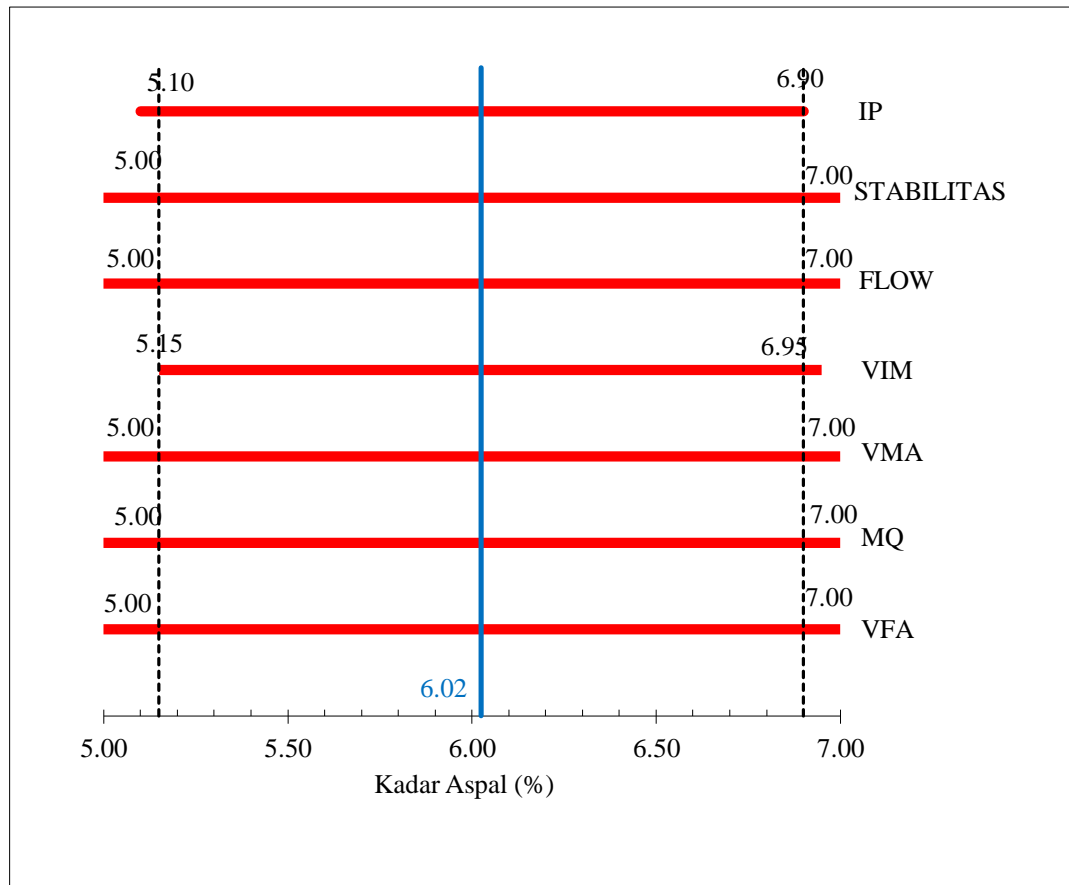
Grafik 4.14. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP) Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu



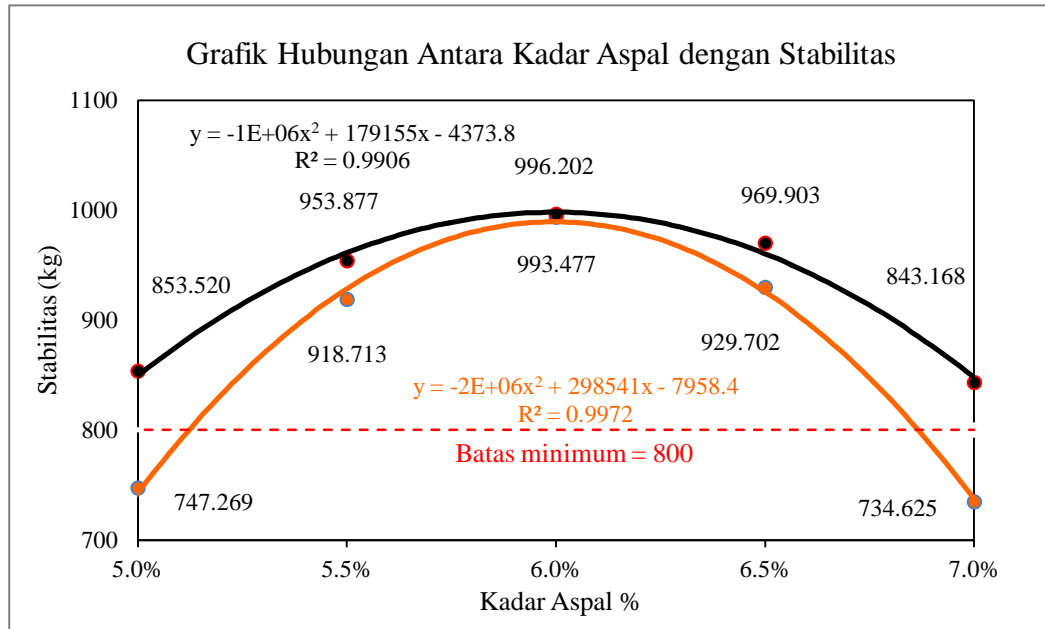
b. Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik diatas. diperoleh Kadar Aspal Optimum sebagai berikut :

**Grafik 4.15. Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum Beton Aspal
AC – WC Filler Abu Batu**



Grafik 4.16. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	4	3414.079	853.5197	1750.08
0.06	4	3815.51	953.8775	437.5802
0.06	4	3984.808	996.2021	126.2944
0.07	4	3879.61	969.9026	818.7353
0.07	5	4215.84	843.1679	6690.639

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	84968.27	4	21242.07	9.398982	0.000417	3.006917
Within Groups	36160.63	16	2260.039			
Total	121128.9	20				

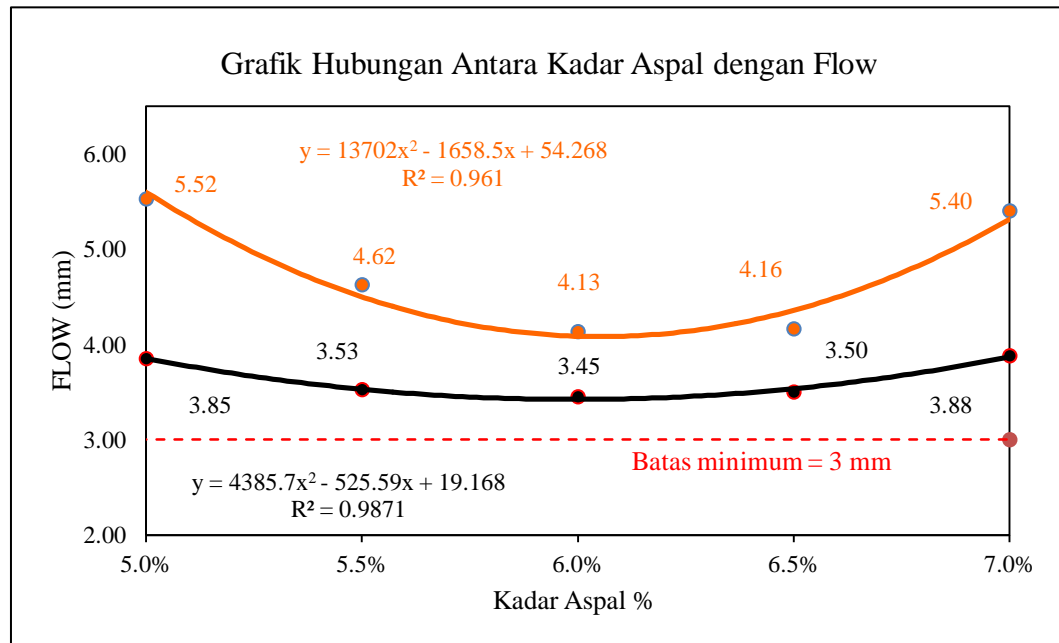
Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari Stabilitas Beton Aspal AC – WC *Filler* Abu Batu Pada Rendaman 24 Jam

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0.1	5	3736.346	747.2691	1049.405	
0.1	4	3674.852	918.7129	91.40518	
0.1	3	2980.431	993.4769	580.8805	
0.1	4	3718.807	929.7018	444.1978	
0.1	4	2938.501	734.6252	536.8427	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	211946.1	4	52986.51	92.66922	2.18E-10	3.055568
Within Groups	8576.718	15	571.7812			
Total	220522.8	19				

Dari uji hipotesis stabilitas beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 9,399$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,007$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis stabilitas beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 92,669$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,055$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 4.17. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari Flow Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	4	15.4	3.85	0.403333
0.06	4	14.1	3.525	0.009167
0.06	4	13.8	3.45	0.016667
0.07	4	14	3.5	0.006667
0.07	5	19.4	3.88	0.587

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	0.736881	4	0.18422	0.806326	0.538991	3.006917
Within Groups	3.6555	16	0.228469			
Total	4.392381	20				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari *Flow* Beton Aspal AC – WC *Filler* Abu Batu Pada Rendaman 24 Jam

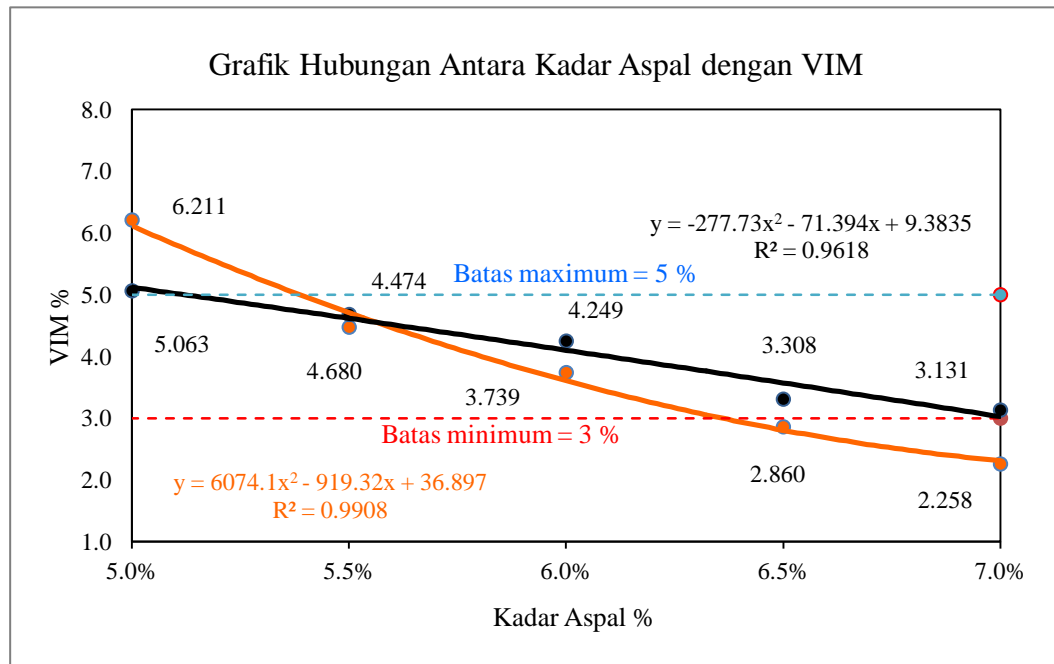
Anova: Single Factor

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0.1	4	22.1	5.525	0.055833	
0.1	4	18.5	4.625	0.015833	
0.1	3	12.4	4.133333	0.003333	
0.1	4	16.65	4.1625	0.042292	
0.1	3	16.2	5.4	0.07	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	6.247153	4	1.561788	41.55888	2.76E-07	3.179117
Within Groups	0.488542	13	0.03758			
Total	6.735694	17				

Dari uji hipotesis *Flow* beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 0,806$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 3,007$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak. Dan uji hipotesis *Flow* beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 41,559$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,179$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 4.18. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VIM Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	4	20.25205	5.063011	0.41332
0.055	4	18.71962	4.679905	0.010137
0.06	4	16.99477	4.248693	0.005631
0.065	4	13.23153	3.307884	0.001823
0.07	4	12.52389	3.130973	0.074012

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	11.40514	4	2.851285	28.23486	7.95E-07	3.055568
Within Groups	1.514768	15	0.100985			
Total	12.91991	19				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VIM Beton Aspal AC – WC *Filler* Abu Batu Pada Rendaman 24 Jam

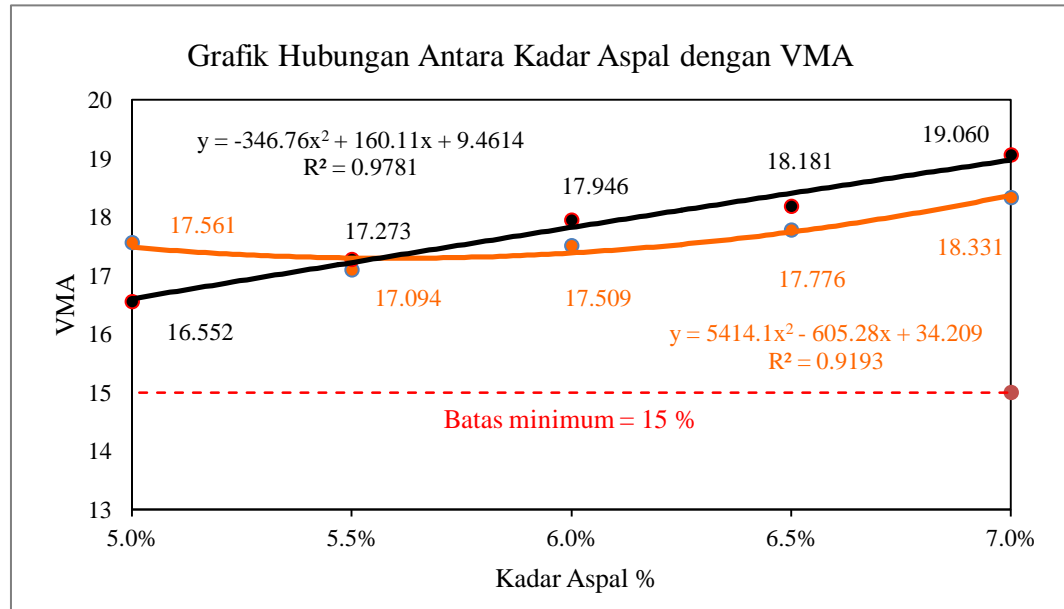
Anova: Single Factor

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0.05	4	24.84416	6.211039	0.076845	
0.055	4	17.89647	4.474118	0.017463	
0.06	4	14.95539	3.738846	0.03833	
0.065	4	11.43815	2.859537	0.025417	
0.07	4	9.030406	2.257602	0.034854	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	37.90472	4	9.47618	245.6129	1.79E-13	3.055568
Within Groups	0.578727	15	0.038582			
Total	38.48345	19				

Dari uji hipotesis VIM beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 28,235$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,055$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis VIM beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 245,613$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,055$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 4.19. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VMA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	4	66.20782	16.55195	0.319336
0.06	4	69.09206	17.27301	0.007635
0.06	4	71.783	17.94575	0.004135
0.07	4	72.72546	18.18136	0.001305
0.07	4	76.2412	19.0603	0.051672

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	14.36136	4	3.590339	46.73899	2.7E-08	3.055568
Within Groups	1.152252	15	0.076817			
Total	15.51361	19				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VMA Beton Aspal AC – WC *Filler* Abu Batu Pada Rendaman 24 Jam

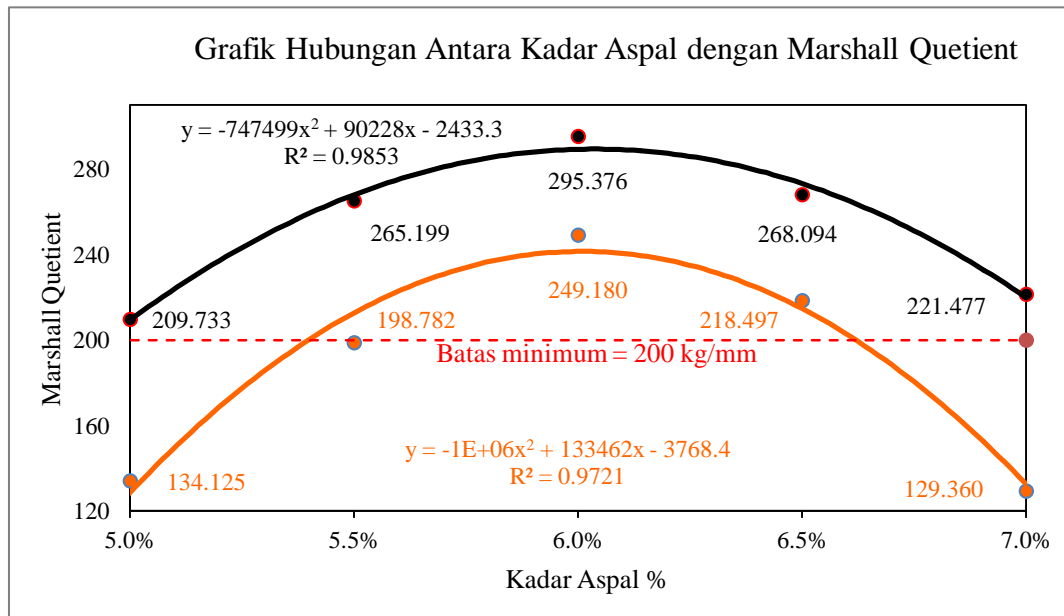
Anova: Single Factor

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0.05	4	70.24421	17.56105	0.059371	
0.055	4	68.37766	17.09442	0.013153	
0.06	4	70.03534	17.50884	0.028149	
0.065	4	71.20793	17.80198	0.018199	
0.07	4	73.32219	18.33055	0.024333	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	3.289279	4	0.82232	28.71115	7.12E-07	3.055568
Within Groups	0.429617	15	0.028641			
Total	3.718896	19				

Dari uji hipotesis VMA beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 46,739$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,055$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis VMA beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 28,711$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,055$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 4.20. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari *Marshall Quotient* Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0.05	5	1048.663	209.7325	2058.97	
0.06	4	1060.795	265.1988	46.73782	
0.06	4	1181.502	295.3756	31.47593	
0.07	3	804.2823	268.0941	37.78339	
0.07	5	1107.386	221.4771	916.9571	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	22210.24	4	5552.561	7.27375	0.001547	3.006917
Within Groups	12213.92	16	763.3698			
Total	34424.16	20				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari *Marshall Quetient* Beton Aspal AC – WC
Filler Abu Batu Pada Rendaman 24 Jam

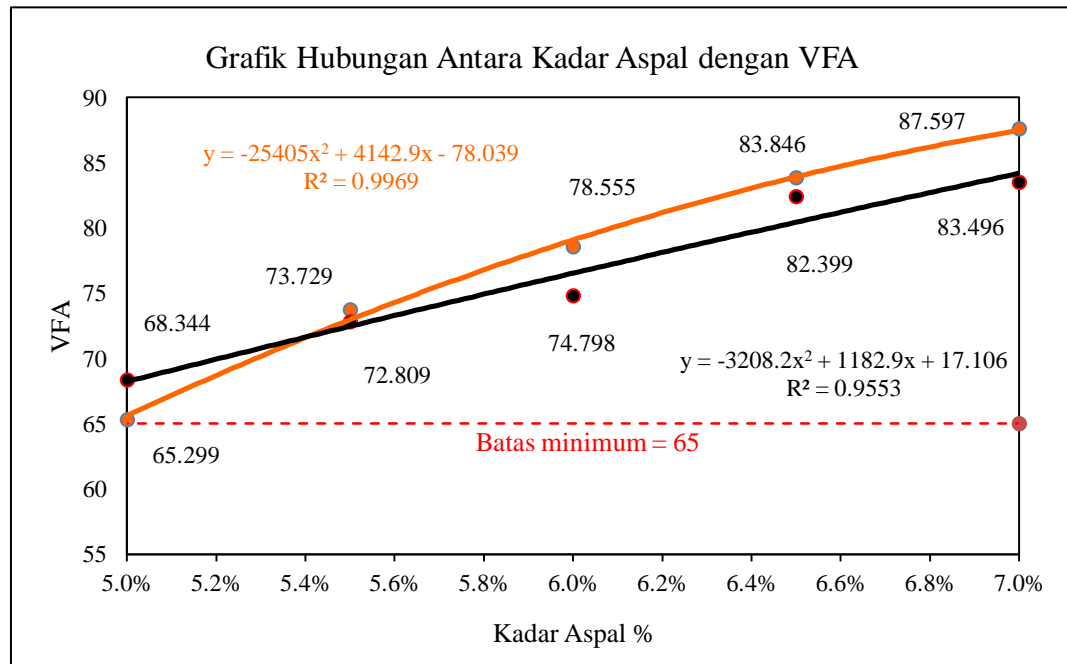
Anova: Single Factor

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0.05	4	536.5011	134.1253	44.55835	
0.055	4	795.1288	198.7822	50.18021	
0.06	4	996.7195	249.1799	240.8821	
0.065	4	873.9899	218.4975	0.614717	
0.07	4	517.4402	129.3601	285.9231	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	44440.95	4	11110.24	89.28783	2.84E-10	3.055568
Within Groups	1866.475	15	124.4317			
Total	46307.42	19				

Dari uji hipotesis *Marshall Quetient* beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 7,274$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,007$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis *Marshall Quetient* beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 89,288$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,055$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 4.21. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VFA Beton Aspal AC – WC Filler Abu Batu Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	5	341.7203	68.34405	11.07937
0.06	4	291.2346	72.80866	0.197819
0.06	4	299.1908	74.7977	6.090946
0.07	5	411.9973	82.39946	4.696586
0.07	4	333.9851	83.49628	1.508947

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	767.4235	4	191.8559	37.70711	3.05E-08	2.964708
Within Groups	86.49696	17	5.088056			
Total	853.9205	21				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VFA Beton Aspal AC – WC *Filler* Abu Batu Pada Rendaman 24 Jam

Anova: Single Factor

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0.05	5	326.4952	65.29904	3.73251	
0.055	4	294.9179	73.72947	0.356675	
0.06	4	314.2192	78.5548	0.827615	
0.065	4	335.3826	83.84564	0.598358	
0.07	4	350.3896	87.59739	0.833964	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	1372.764	4	343.191	241.0486	4.47E-14	3.006917
Within Groups	22.77987	16	1.423742			
Total	1395.544	20				

Dari uji hipotesis VFA beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 37,707$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,965$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis VFA beton aspal ac – wc *filler* abu batu perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 241,049$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,007$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Perhitungan Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) Menggunakan *Filler* Limbah Bata Merah

1. Data Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian marshall dihitung menggunakan software Microsoft Excel 2007 dan hasilnya ditabelkan. Data – data ditampilkan dalam tabel hasil uji *test marshall* sebagai berikut.

Kadar aspal = 6 %

Nomor benda uji = 1

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,73

Berat Jenis Agregat Sedang = 2,63

Berat Jenis Agregat Halus = 2,70

Berat Jenis Aspal = 1,03

a. Diameter (cm)= 10,16 cm

b. Tinggi 1 (cm) = 6,53 cm

c. Tinggi 2 (cm) = 6,61 cm

d. Tinggi 3 (cm) = 6,72 cm

e. Tinggi 4 (cm) = 6,61 cm

f. Tinggi Rata – rata = $\frac{b + c + d + e}{4}$
= $\frac{6,53 + 6,61 + 6,72 + 6,61}{4}$
= 6,618 cm
= 66,18 mm

$$\begin{aligned}
 \text{g. \% aspal terhadap agregat} &= \frac{((\% \text{ aspal terhadap campuran} \times 12) \times 100)}{(1200 - (\% \text{ aspal terhadap campuran} \times 12))} \\
 &= \frac{(6 \times 12) \times 100}{(1200 - (6 \times 12))} \\
 &= 6,38 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{h. \% aspal terhadap campuran} &= 6,00 \% \\
 \text{i. Berat sampel (gram)} &= 1179,9 \text{ gram} \\
 \text{j. Berat SSD (gram)} &= 1189,8 \text{ gram} \\
 \text{k. Berat dalam air (gram)} &= 686,8 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{l. Isi (gram)} &= j - k \\
 &= 1189,8 - 686,8 \\
 &= 503,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{m. Berat Isi} &= i / l \\
 &= 1179,9 / 503,00 \\
 &= 2,346
 \end{aligned}$$

n. BJ maksimum teoritis

$$\begin{aligned}
 &= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{BJ \text{ aspal}}} \\
 &= \frac{100}{\left(\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ agregat}}\right) + \left(\frac{\% \text{ aspal}}{BJ \text{ aspal}}\right)} \\
 &= \frac{100}{\left(\frac{18,00 \times \left(\frac{100 - 6,00}{100}\right)}{2,73} + \frac{37,50 \times \left(\frac{100 - 6,00}{100}\right)}{2,63} + \frac{44,50 \times \left(\frac{100 - 6,00}{100}\right)}{2,70}\right) + \left(\frac{6,00}{1,03}\right)} \\
 &= 2,441
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{o. } (h * m) / \text{bj aspal} &= \frac{6,00 \times 2,346}{1,03} \\ &= 13,731 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{p. } ((100 - h) * m) / \text{bj agregat} &= \frac{(100 - 6,00) \times m}{2,68} \\ &= 82,360 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{q. Jumlah kandungan rongga (\%)} &= 100 - o - p \\ &= 100 - 13,731 - 82,360 \\ &= 3,91 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{r. \% rongga terhadap agregat VMA} &= 100 - p \\ &= 100 - 82,360 \\ &= 17,640 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{s. \% rongga terisi aspal VFA} &= \frac{100 \times o}{r} \\ &= \frac{100 \times 13,731}{17,640} \\ &= 77,842 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{t. \% rongga dalam campuran VIM} &= 100 - \left(100 \times \frac{m}{n}\right) \\ &= 100 - \left(100 \times \frac{2,346}{2,441}\right) \\ &= 3,891 \end{aligned}$$

$$\text{u. Pembacaan Arloji Stabilitas} = 87,00$$

$$\begin{aligned} \text{v. lbf} &= u \times 29,4 \\ &= 87,00 \times 29,4 \\ &= 2557,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w. \text{ kg} &= v \times 0,44482 \\ &= 2557,80 \times 0,44482 \\ &= 1137,76\end{aligned}$$

$$x. \text{ koreksi (tebal)} = 0,932$$

$$\begin{aligned}y. \text{ Stabilitas lbf (dengan koreksi)} &= v \times x \\ &= 2557,80 \times 0,932 \\ &= 2382,80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}z. \text{ Stabilitas kg (dengan koreksi)} &= w \times x \\ &= 1137,76 \times 0,932 \\ &= 1059,92\end{aligned}$$

$$aa. \text{ Flow} = 4,40$$

$$\begin{aligned}bb. \text{ Marshall Quotient} &= \frac{z}{aa} \\ &= \frac{1059,92}{4,40} \\ &= 240,89\end{aligned}$$

Tabel 5.1. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,13	10,20	10,12
b	Tinggi 1 (cm)	6,41	6,56	6,58
c	Tinggi 2 (cm)	6,58	6,51	6,51
d	Tinggi 3 (cm)	6,55	6,53	6,54
e	Tinggi 4 (cm)	6,58	6,51	6,51
f	Tinggi rata-rata (mm)	65,30	65,28	65,35
g	% aspal thd agregat	5,26	5,26	5,26
h	% aspal thd campuran	5,00	5,00	5,00
i	Berat sampel (gram)	1185,2	1192,6	1193,6
j	Berat SSD (gram)	1188,1	1208,5	1199,6
k	Berat dalam air (gram)	680,4	698,1	690,9
l	Isi (gram)	507,70	510,40	508,70
m	Berat isi	2,334	2,337	2,346
n	BJ maksimum teoritis	2,477	2,477	2,477
o	(g*1)/bj aspal)	11,388	11,398	11,446
p	((100-g)*1)/bj agregat	82,836	82,913	83,259
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5,776	5,69	5,295
r	Pembacaan arloji stabilitas	69,00	70,00	71,00
s	lbf	2028,60	2058,00	2087,40
t	kg	902,36	915,44	928,52
u	koreksi (tebal)	1,0	0,956	0,954

Tabel 5.2. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	17,164	17,087	16,741
b	% rongga terisi aspal VFA	66,347	66,705	68,371
c	% rongga dlm campuran VIM	5,759	5,672	5,278

Tabel 5.3. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1937	1966,45	1990,40
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	861,62	874,71	885,37
c	<i>Flow</i>	5,1	5,30	5,20
d	<i>Marshall Quotient</i>	168,95	165,04	170,26

Tabel 5.4. Data Umum Campuran AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,14	10,13	10,10
b	Tinggi 1 (cm)	6,53	6,33	6,42
c	Tinggi 2 (cm)	6,45	6,32	6,47
d	Tinggi 3 (cm)	6,45	6,31	6,49
e	Tinggi 4 (cm)	6,45	6,32	6,47
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,70	63,20	64,63
g	% aspal thd agregat	5,82	5,82	5,82
h	% aspal thd campuran	5,50	5,50	5,50
i	Berat sampel (gram)	1160,5	1156,5	1188,6
j	Berat SSD (gram)	1170,8	1165,8	1198,6
k	Berat dalam air (gram)	678,1	673,2	690,9
l	Isi (gram)	492,70	492,60	507,70
m	Berat isi	2,355	2,348	2,341
n	BJ maksimum teoritis	2,459	2,459	2,459
o	$(g \cdot I) / b_j$ aspal)	12,639	12,598	12,562
p	$((100 - g) \cdot I) / b_j$ agregat	83,140	82,870	82,637
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,222	4,53	4,80
r	Pembacaan arloji stabilitas	81,00	83,00	80,00
s	lbf	2381,40	2440,20	2352,00
t	kg	1059,29	1085,45	1046,22
u	koreksi (tebal)	0,971	1,009	0,973

Tabel 5.5. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	16,860	17,130	17,363
b	% rongga terisi aspal VFA	74,960	73,541	72,350
c	% rongga dlm campuran VIM	4,205	4,515	4,784

Tabel 5.6. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2311,40	2462,95	2287,47
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	1028,16	1095,57	1017,51
c	<i>Flow</i>	4,90	4,8	4,70
d	<i>Marshall Quotient</i>	209,83	228,24	216,49

Tabel 5.7. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,16	10,13	10,22
b	Tinggi 1 (cm)	6,53	6,46	6,60
c	Tinggi 2 (cm)	6,61	6,36	6,49
d	Tinggi 3 (cm)	6,72	6,33	6,51
e	Tinggi 4 (cm)	6,61	6,36	6,49
f	Tinggi rata-rata (mm)	66,18	63,78	65,23
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1179,9	1171,2	1196,9
j	Berat SSD (gram)	1189,8	1184,1	1214,3
k	Berat dalam air (gram)	686,8	684,7	703,2
l	Isi (gram)	503,00	499,4	511,10
m	Berat isi	2,346	2,345	2,342
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441
o	(g*1)/bj aspal)	13,731	13,728	13,708
p	((100-g)*1)/bj agregat	82,360	82,342	82,223
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,91	3,930	4,07
r	Pembacaan arloji stabilitas	87,00	86,00	88,00
s	lbf	2557,80	2528,40	2587,20
t	kg	1137,76	1124,68	1150,84
u	koreksi (tebal)	0,932	0,995	0,957

Tabel 5.8. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	17,640	17,658	17,777
b	% rongga terisi aspal VFA	77,842	77,746	77,112
c	% rongga dlm campuran VIM	3,891	3,912	4,052

Tabel 5.9. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2382,80	2514,69	2475,52
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	1059,92	1118,58	1101,16
c	<i>Flow</i>	4,4	4,50	4,50
d	<i>Marshall Quotient</i>	240,89	248,57	244,70

Tabel 5.10. Data Umum Campuran AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,14	10,21	10,14
b	Tinggi 1 (cm)	6,59	6,63	6,38
c	Tinggi 2 (cm)	6,66	6,60	6,28
d	Tinggi 3 (cm)	6,69	6,57	6,28
e	Tinggi 4 (cm)	6,66	6,60	6,28
f	Tinggi rata-rata (mm)	66,47	66,00	63,13
g	% aspal thd agregat	6,95	6,95	6,95
h	% aspal thd campuran	6,50	6,50	6,50
i	Berat sampel (gram)	1167,2	1199,6	1174,4
j	Berat SSD (gram)	1170,2	1201,6	1179,4
k	Berat dalam air (gram)	673,1	691,1	678,5
l	Isi (gram)	497,10	510,50	500,90
m	Berat isi	2,348	2,350	2,345
n	BJ maksimum teoritis	2,423	2,423	2,423
o	$(g \cdot I) / b_j$ aspal	14,890	14,902	14,868
p	$((100 - g) \cdot I) / b_j$ agregat	82,002	82,066	81,882
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,108	3,03	3,250
r	Pembacaan arloji stabilitas	84,00	85,00	86,00
s	Lbf	2469,60	2499,00	2528,40
t	Kg	1098,53	1111,61	1124,68
u	koreksi (tebal)	0,924	0,936	1,011

Tabel 5.11. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	17,998	17,934	18,118
b	% rongga terisi aspal VFA	82,732	83,093	82,064
c	% rongga dlm campuran VIM	3,091	3,015	3,233

Tabel 5.12. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2281,30	2339,72	2556,28
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	1014,77	1040,75	1137,08
c	<i>Flow</i>	4,70	4,60	4,50
d	<i>Marshall Quotient</i>	215,91	226,25	252,69

Tabel 5.13. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,17	10,23	10,09
b	Tinggi 1 (cm)	6,44	6,41	6,40
c	Tinggi 2 (cm)	6,52	6,47	6,50
d	Tinggi 3 (cm)	6,32	6,42	6,41
e	Tinggi 4 (cm)	6,52	6,47	6,50
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,27	64,33	64,37
g	% aspal thd agregat	7,53	7,53	7,53
h	% aspal thd campuran	7,00	7,00	7,00
i	Berat sampel (gram)	1172,1	1163,7	1163,6
j	Berat SSD (gram)	1180,1	1174,7	1175,6
k	Berat dalam air (gram)	677,9	680,9	677,6
l	Isi (gram)	502,20	493,80	498,00
m	Berat isi	2,334	2,357	2,337
n	BJ maksimum teoritis	2,405	2,405	2,405
o	(g*1)/bj aspal	15,939	16,094	15,957
p	((100-g)*1)/bj agregat	81,074	81,863	81,165
q	Jumlah kandungan rongga (%)	2,987	2,04	2,88
r	Pembacaan arloji stabilitas	75,00	77,00	76,00
s	lbf	2205,00	2263,80	2234,40
t	kg	980,83	1006,98	993,91
u	koreksi (tebal)	0,982	0,980	0,979

Tabel 5.14. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	18,926	18,137	18,835
b	% rongga terisi aspal VFA	84,220	88,734	84,721
c	% rongga dlm campuran VIM	2,970	2,026	2,861

Tabel 5.15. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam *Water Bath* Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2165,05	2218,87	2188,12
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	963,06	987,00	973,32
c	<i>Flow</i>	5,20	4,60	5,30
d	<i>Marshall Quotient</i>	185,20	214,56	183,65

Tabel 5.16. Data Umum Campuran AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 242 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,17	10,21	10,14
b	Tinggi 1 (cm)	6,53	6,85	6,45
c	Tinggi 2 (cm)	6,45	6,82	6,55
d	Tinggi 3 (cm)	6,42	6,73	6,56
e	Tinggi 4 (cm)	6,46	6,80	6,60
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,63	67,98	65,40
g	% aspal thd agregat	5,26	5,26	5,26
h	% aspal thd campuran	5,00	5,00	5,00
i	Berat sampel (gram)	1193,2	1227,3	1185,1
j	Berat SSD (gram)	1192,7	1242,2	1191,0
k	Berat dalam air (gram)	682,5	717,2	685,1
l	Isi (gram)	510,20	525,00	505,90
m	Berat isi	2,339	2,338	2,343
n	BJ maksimum teoritis	2,477	2,477	2,477
o	(g*1)/bj aspal	11,408	11,403	11,427
p	((100-g)*1)/bj agregat	82,987	82,952	83,124
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5,605	5,64	5,45
r	Pembacaan arloji stabilitas	62,00	61,00	64,00
s	lbf	1822,80	1793,40	1881,60
t	kg	810,82	797,74	836,97
u	koreksi (tebal)	1,0	0,883	0,952

Tabel 5.17. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	17,013	17,048	16,876
b	% rongga terisi aspal VFA	67,056	66,891	67,713
c	% rongga dlm campuran VIM	5,588	5,627	5,432

Tabel 5.18. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1773	1583,68	1791,68
b	Stabilitas kg (dg koreksi) 24 Jam	788,57	704,45	796,98
c	<i>Flow</i>	4,4	4,30	4,70
d	<i>Marshall Quotient</i>	179,22	163,83	169,57

Tabel 5.19. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,21	10,16	10,29
b	Tinggi 1 (cm)	6,50	6,45	6,34
c	Tinggi 2 (cm)	6,48	6,44	6,30
d	Tinggi 3 (cm)	6,54	6,36	6,30
e	Tinggi 4 (cm)	6,57	6,43	6,41
f	Tinggi rata-rata (mm)	65,23	64,18	63,36
g	% aspal thd agregat	5,82	5,82	5,82
h	% aspal thd campuran	5,50	5,50	5,50
i	Berat sampel (gram)	1189,5	1178,1	1182,1
j	Berat SSD (gram)	1206,1	1192,6	1199,1
k	Berat dalam air (gram)	698,9	689,9	695,5
l	Isi (gram)	507,20	502,70	503,60
m	Berat isi	2,345	2,344	2,347
n	BJ maksimum teoritis	2,459	2,459	2,459
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal	12,584	12,575	12,595
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	82,781	82,721	82,854
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,635	4,70	4,55
r	Pembacaan arloji stabilitas	74,00	75,00	73,00
s	Lbf	2175,60	2205,00	2146,20
t	Kg	967,75	980,83	954,67
u	koreksi (tebal)	0,957	0,984	1,005

Tabel 5.20. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	17,219	17,279	17,146
b	% rongga terisi aspal VFA	73,083	72,779	73,459
c	% rongga dlm campuran VIM	4,618	4,686	4,534

Tabel 5.21. Data Perhitungan Marshall Test Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 5,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		5,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2081,68	2170,28	2157,28
b	Stabilitas kg (dg koreksi) 24 Jam	925,97	965,39	959,60
c	Flow	3,90	4,10	4,20
d	Marshall Quotient	237,43	235,46	228,48

Tabel 5.22. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,14	10,20	10,13
b	Tinggi 1 (cm)	6,88	6,36	6,36
c	Tinggi 2 (cm)	6,79	6,34	6,37
d	Tinggi 3 (cm)	6,88	6,40	6,34
e	Tinggi 4 (cm)	6,91	6,45	6,44
f	Tinggi rata-rata (mm)	68,65	63,88	63,75
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1252,1	1178,9	1192,0
j	Berat SSD (gram)	1263,9	1185,4	1201,8
k	Berat dalam air (gram)	730,9	683,5	697,2
l	Isi (gram)	533,00	501,9	504,6
m	Berat isi	2,349	2,349	2,362
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441
o	(g*I)/bj aspal	13,751	13,750	13,828
p	((100-g)*I)/bj agregat	82,481	82,471	82,941
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,77	3,780	3,231
r	Pembacaan arloji stabilitas	81,00	82,00	79,00
s	Lbf	2381,40	2410,80	2322,60
t	Kg	1059,29	1072,37	1033,14
u	koreksi (tebal)	0,865	0,992	0,995

Tabel 5.23. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	17,519	17,529	17,059
b	% rongga terisi aspal VFA	78,492	78,438	81,060
c	% rongga dlm campuran VIM	3,751	3,762	3,214

Tabel 5.24. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2059,92	2391,52	2311,50
b	Stabilitas kg (dg koreksi) 24 Jam	916,29	1063,80	1028,20
c	<i>Flow</i>	3,6	3,50	4,30
d	<i>Marshall Quotient</i>	254,53	303,94	239,12

Tabel 5.25. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,19	10,13	10,11
b	Tinggi 1 (cm)	6,22	6,16	6,35
c	Tinggi 2 (cm)	6,27	6,20	6,34
d	Tinggi 3 (cm)	6,28	6,20	6,48
e	Tinggi 4 (cm)	6,29	6,12	6,46
f	Tinggi rata-rata (mm)	62,55	61,87	63,88
g	% aspal thd agregat	6,95	6,95	6,95
h	% aspal thd campuran	6,50	6,50	6,50
i	Berat sampel (gram)	1186,8	1185,2	1187,3
j	Berat SSD (gram)	1194,2	1191,5	1199,3
k	Berat dalam air (gram)	689,2	686,9	694,2
l	Isi (gram)	505,00	504,60	505,10
m	Berat isi	2,350	2,349	2,351
n	BJ maksimum teoritis	2,423	2,423	2,423
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal	14,903	14,895	14,906
p	$((100 - g) \cdot l) / b_j$ agregat	82,075	82,029	82,093
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,022	3,08	3,00
r	Pembacaan arloji stabilitas	70,00	74,00	73,00
s	Lbf	2058,00	2175,60	2146,20
t	Kg	915,44	967,75	954,67
u	koreksi (tebal)	1,026	1,043	0,992

Tabel 5.26. Data Perhitungan Density Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam Water Bath Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	17,925	17,971	17,907
b	% rongga terisi aspal VFA	83,141	82,884	83,245
c	% rongga dlm campuran VIM	3,005	3,059	2,983

Tabel 5.27. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 6,5 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		6,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2111,32	2269,90	2128,58
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	939,16	1009,70	946,83
c	<i>Flow</i>	4,10	4,00	3,90
d	<i>Marshall Quotient</i>	229,06	252,42	242,78

Tabel 5.28. Data Umum Campuran AC – WC Filler Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	10,17	10,13	10,17
b	Tinggi 1 (cm)	6,07	6,21	6,12
c	Tinggi 2 (cm)	6,13	6,27	6,11
d	Tinggi 3 (cm)	6,02	6,32	6,05
e	Tinggi 4 (cm)	6,05	6,29	6,03
f	Tinggi rata-rata (mm)	60,72	62,67	60,93
g	% aspal thd agregat	7,53	7,53	7,53
h	% aspal thd campuran	7,00	7,00	7,00
i	Berat sampel (gram)	1182,2	1176,0	1147,1
j	Berat SSD (gram)	1194,3	1180,8	1152,7
k	Berat dalam air (gram)	690,6	679,1	668,2
l	Isi (gram)	503,70	501,70	484,50
m	Berat isi	2,347	2,344	2,368
n	BJ maksimum teoritis	2,405	2,405	2,405
o	(g*I)/bj aspal	16,029	16,008	16,169
p	((100-g)*I)/bj agregat	81,530	81,425	82,244
q	Jumlah kandungan rongga (%)	2,442	2,57	1,59
r	Pembacaan arloji stabilitas	61,00	62,00	64,00
s	lbf	1793,40	1822,80	1881,60
t	kg	797,74	810,82	836,97
u	koreksi (tebal)	1,073	1,023	1,067

Tabel 5.29. Data Perhitungan *Density* Campuran AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	% rongga thd agregat VMA	18,470	18,575	17,756
b	% rongga terisi aspal VFA	86,779	86,182	91,061
c	% rongga dlm campuran VIM	2,425	2,550	1,570

Tabel 5.30. Data Perhitungan *Marshall Test* Campuran AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Kadar Aspal 7 % direndam dalam *Water Bath* Selama 24 Jam Pada Suhu 60 °C

Kadar Aspal		7 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1924,33	1864,61	2008,35
b	Stabilitas kg (dg koreksi)	855,98	829,42	893,35
c	<i>Flow</i>	4,50	4,70	3,70
d	<i>Marshall Quotient</i>	190,22	176,47	241,45

5.2. Pengujian Interval Kepercayaan

Data – data penelitian yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (*Sudjana, 1982*). Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95 %. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diizinkan hanyalah sebesar 5 %, sedangkan sisanya (95 %) adalah data – data yang dapat dipercaya. Data – data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data – data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Dibawah ini adalah contoh perhitungan Interval Kepercayaan untuk data stabilitas pada variasi Kadar Aspal *Filler* Limbah Bata Merah 5 %.

**Tabel 5.31. Data Pengujian Stabilitas pada Variasi Kadar Aspal 5 % Beton
Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah**

No	Stabilitas (kg)
1	861,62
2	874,71
3	885,37

Dari data stabilitas pada tabel di atas kemudian dicari nilai:

$$\begin{aligned} X &= \frac{\text{Jumlah Stabilitas}}{n} \\ &= \frac{861,62+874,71+885,37}{3} \\ &= 873,90 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{(861,62-873,90)^2+(874,71-873,90)^2+(885,37-873,90)^2}{3-1}} \\ &= 11,895 \end{aligned}$$

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

$$dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{0,975} = 4,303 \text{ (tabel student)}$$

Dimana :

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

$$s = \text{Standart deviasi}$$

$$P = \text{Persentil}$$

$$T_{0,975} = \text{nilai t pada persentil } 0,975$$

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned} &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\ &= 873,90 - \left(4,303 x \frac{11,895}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 873,90 + \left(4,303 x \frac{11,895}{\sqrt{3}} \right) \\ &= 844.3518919 < \mu < 903.45414 \end{aligned}$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk stabilitas di atas, maka data stabilitas pada variasi Kadar Aspal Filler Limbah Bata Merah 5 % yang tidak memenuhi syarat berjumlah 0 buah. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel.

Tabel 5.32. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Variasi Kadar Aspal 5 % setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan

No	Stabilitas (kg)
1	861,62
2	874,71
3	885,37

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

Tabel 5.33. Interval Kepercayaan Data Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	873.903	11.8949	0,975	2	4,303	844.351	$< \mu <$	903.454
Kadar Aspal 5,5 %	1047.08	42.3283	0,975	2	4,303	941.922	$< \mu <$	1152.23
Kadar Aspal 6 %	1093.22	30.1297	0,975	2	4,303	1018.36	$< \mu <$	1168.07
Kadar Aspal 6,5 %	1064.20	64.4414	0,975	2	4,303	904.108	$< \mu <$	1224.29
Kadar Aspal 7 %	974.457	12.0107	0,975	2	4,303	944.619	$< \mu <$	1004.29

Tabel 5.34. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Stabilitas (kg)	861,62	1028,16	1059,92	1014,77	963,06
	874,71	1095,57	1118,58	1040,75	987,00
	885,37	1017,51	1101,16	1137,08	973,32

**Tabel 5.35. Interval Kepercayaan Data *Flow* Beton Aspal AC – WC Filler
Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	5.2	0,1	0,975	2	4,303	4.9515	< μ <	5.44843
Kadar Aspal 5,5 %	4.8	0,1	0,975	2	4,303	4.5515	< μ <	5.0484
Kadar Aspal 6 %	4.466	0,0577	0,975	2	4,303	4.3232	< μ <	4.6101
Kadar Aspal 6,5 %	4.6	0,1	0,975	2	4,303	4.3515	< μ <	4.84843
Kadar Aspal 7 %	5.03333	0,3786	0,975	2	4,303	4.0927	< μ <	5.97388

Tabel 5.36. Data Pengujian *Flow* Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
<i>Flow</i> (mm)	5,10	4,90	4,40	4,70	5,20
	5,30	4,80	4,50	4,60	4,60
	5,20	4,70	4,50	4,50	5,30

**Tabel 5.37. Interval Kepercayaan Data VIM Beton Aspal AC – WC Filler
Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	5.5694	0.2565	0,975	2	4,303	4.9321	< μ <	6.2068
Kadar Aspal 5,5 %	4.5012	0.2898	0,975	2	4,303	3.7810	< μ <	5.2214
Kadar Aspal 6 %	3.9519	0.0871	0,975	2	4,303	3.7353	< μ <	4.1684
Kadar Aspal 6,5 %	3.1128	0.1104	0,975	2	4,303	2.838	< μ <	3.3873
Kadar Aspal 7 %	2.6189	0.5161	0,975	2	4,303	1.3367	< μ <	3.9012

Tabel 5.38. Data Pengujian VIM Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VIM (%)	5,759	4,205	3,891	3,091	2,970
	5,672	4,515	3,912	3,015	2,026
	5,278	4,784	4,052	3,233	2,861

Tabel 5.39. Interval Kepercayaan Data VMA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	16.9971	0.22551	0,975	2	4,303	16.4369	< μ <	17.5573
Kadar Aspal 5,5 %	17.1179	0.2515	0,975	2	4,303	16.4929	< μ <	17.7429
Kadar Aspal 6 %	17.6914	0.07469	0,975	2	4,303	17.5058	< μ <	17.877
Kadar Aspal 6,5 %	18.0163	0.09349	0,975	2	4,303	17.7840	< μ <	18.248
Kadar Aspal 7 %	18.6325	0.43126	0,975	2	4,303	17.5611	< μ <	19.7039

Tabel 5.40. Data Pengujian VMA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VMA (%)	17,164	16,860	17,640	17,998	18,926
	17,087	17,130	17,658	17,934	18,137
	16,741	17,363	17,777	18,118	18,835

Tabel 5.41. Interval Kepercayaan Data *Marshall Quotient* Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	s	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	168.0833	2.716335	0,975	2	4,303	161.335	< μ <	174.8316
Kadar Aspal 5,5 %	218.1881	9.323979	0,975	2	4,303	195.024	< μ <	241.3519
Kadar Aspal 6 %	244.722	3.842314	0,975	2	4,303	235.176	< μ <	254.2676
Kadar Aspal 6,5 %	231.6148	18.96629	0,975	2	4,303	184.496	< μ <	278.7334
Kadar Aspal 7 %	194.471	17.41902	0,975	2	4,303	151.1962	< μ <	237.7457

Tabel 5.42. Data Pengujian *Marshall Quotient* Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	168,95	209,83	240,89	215,91	185,20
	165,04	228,24	248,57	226, 25	214,56
	170,26	209,83	244,70	252,69	183,65

Tabel 5.43. Interval Kepercayaan Data VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)

Variasi	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	67.1410	1.0804	0,975	2	4,303	64.4569	< μ <	69.8252
Kadar Aspal 5,5 %	73.6169	1.3069	0,975	2	4,303	70.3700	< μ <	76.8637
Kadar Aspal 6 %	77.5665	0.3969	0,975	2	4,303	76.5802	< μ <	78.5528
Kadar Aspal 6,5 %	82.6295	0.5222	0,975	2	4,303	81.3320	< μ <	83.9269
Kadar Aspal 7 %	85.8915	2.4745	0,975	2	4,303	79.7439	< μ <	92.0391

Tabel 5.44. Data Pengujian VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 30 menit)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VFA (%)	66,347	74,960	17,640	82,732	84,220
	66,705	73,541	17,658	83,093	88,734
	68,371	72,350	17,777	82,064	84,721

Tabel 5.45. Interval Kepercayaan Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	763.3334	51.1539	0,975	2	4,303	636.221	< μ <	890.445
Kadar Aspal 5,5 %	950.3212	21.282	0,975	2	4,303	897.448	< μ <	1003.193
Kadar Aspal 6 %	1002.764	76.971	0,975	2	4,303	811.539	< μ <	1193.987
Kadar Aspal 6,5 %	965.229	38.700	0,975	2	4,303	869.084	< μ <	1061.375
Kadar Aspal 7 %	859.5825	32.121	0,975	2	4,303	779.782	< μ <	939.382

Tabel 5.46. Data Pengujian Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Stabilitas (kg)	788,57	925,97	916,29	939,16	855,98
	704,45	965,39	1063,80	1009,70	829,42
	796,98	959,60	1028,20	946,83	893,35

Tabel 5.47. Interval Kepercayaan *Flow* Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	4.4666	0.2081	0,975	2	4,303	3.9495	< μ <	4.9838
Kadar Aspal 5,5 %	4.0666	0.15275	0,975	2	4,303	3.6871	< μ <	4.4461
Kadar Aspal 6 %	3.8	0.4358	0,975	2	4,303	2.7171	< μ <	4.8828
Kadar Aspal 6,5 %	4	0.1	0,975	2	4,303	3.7515	< μ <	4.2484
Kadar Aspal 7 %	4.3	0.5291	0,975	2	4,303	2.985	< μ <	5.614

Tabel 5.48. Data Pengujian *Flow* Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
<i>Flow</i> (mm)	4,40	3,90	3,60	4,10	4,50
	4,30	4,10	4,10	4,00	4,70
	4,70	4,20	4,20	3,90	3,70

Tabel 5.49. Interval Kepercayaan VIM Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	5.54875	0.10340	0,975	2	4,303	5.2918	< μ <	5.8056
Kadar Aspal 5,5 %	4.61254	0.07648	0,975	2	4,303	4.4225	< μ <	4.8025
Kadar Aspal 6 %	3.57573	0.313533	0,975	2	4,303	2.7968	< μ <	4.35466
Kadar Aspal 6,5 %	3.01569	0.03895	0,975	2	4,303	2.91892	< μ <	3.11246
Kadar Aspal 7 %	2.18166	0.53326	0,975	2	4,303	0.8568	< μ <	3.50647

Tabel 5.50. Data Pengujian VIM Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VIM (%)	5,588	4,618	3,751	3,005	61,00
	5,627	4,686	3,762	3,059	62,00
	5,432	4,534	3,214	2,983	64,00

Tabel 5.51. Interval Kepercayaan VMA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	16.97891	0.090893	0,975	2	4,303	16.75310	< μ <	17.2047
Kadar Aspal 5,5 %	17.21455	0.06638	0,975	2	4,303	17.04963	< μ <	17.379
Kadar Aspal 6 %	17.36906	0.268683	0,975	2	4,303	16.7015	< μ <	18.036
Kadar Aspal 6,5 %	17.93412	0.032959	0,975	2	4,303	17.852	< μ <	18.016001
Kadar Aspal 7 %	18.2671	0.445574	0,975	2	4,303	17.16013	< μ <	19.37405

Tabel 5.52. Data Pengujian VMA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VMA (%)	17,013	17,219	17,519	17,925	18,470
	17,048	17,279	17,529	17,971	18,575
	16,876	17,146	17,059	17,907	17,756

Tabel 5.53. Interval Kepercayaan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	170.8721	7.7797	0,975	2	4,303	151.5444	< μ <	190.199
Kadar Aspal 5,5 %	233.7888	4.70433	0,975	2	4,303	222.101	< μ <	245.475
Kadar Aspal 6 %	265.8614	33.866	0,975	2	4,303	181.725	< μ <	349.9975
Kadar Aspal 6,5 %	241.4217	11.739	0,975	2	4,303	212.256	< μ <	270.586
Kadar Aspal 7 %	202.7119	34.24244	0,975	2	4,303	117.642	< μ <	287.7817

Tabel 5.54. Data Pengujian Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
<i>Marshall</i>	179,22	237,43	254,53	229,06	190,22
<i>Quotient</i>	163,83	235,46	303,94	252,42	176,47
<i>(kg/mm)</i>	169,57	228,48	239,12	242,78	241,45

Tabel 5.56. Interval Kepercayaan VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Kadar Aspal 5 %	67.219	0.4345	0,975	2	4,303	66.1402	< μ <	68.2995
Kadar Aspal 5,5 %	73.106	0.3406	0,975	2	4,303	72.2604	< μ <	73.953
Kadar Aspal 6 %	79.329	1.4984	0,975	2	4,303	75.607	< μ <	83.0525
Kadar Aspal 6,5 %	83.089	0.1859	0,975	2	4,303	82.6280	< μ <	83.5519
Kadar Aspal 7 %	88.007	2.6615	0,975	2	4,303	81.3953	< μ <	94.6194

Tabel 5.57. Data Pengujian VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan (Perendaman 24 jam)

	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Marshall	67,056	73,083	78,492	83,141	86,779
Quotient	66,891	72,779	78,438	82,884	86,182
(kg/mm)	67,713	73,459	81,060	83,245	91,061

1. Perhitungan Indeks Perendaman (IP)

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

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

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada table berikut ini:

Tabel 5.58. Data Indeks Perendaman Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (30 menit)	Stabilitas (24 jam)	Indeks Perendaman (%)	Syarat
5	873,90	763,33	87,35	> 90 %
5,5	1047,08	950,32	90,76	
6	1093,22	1002,76	91,73	
6,5	1064,20	965,23	90,70	
7	974,46	859,58	88,21	

2. Cara Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

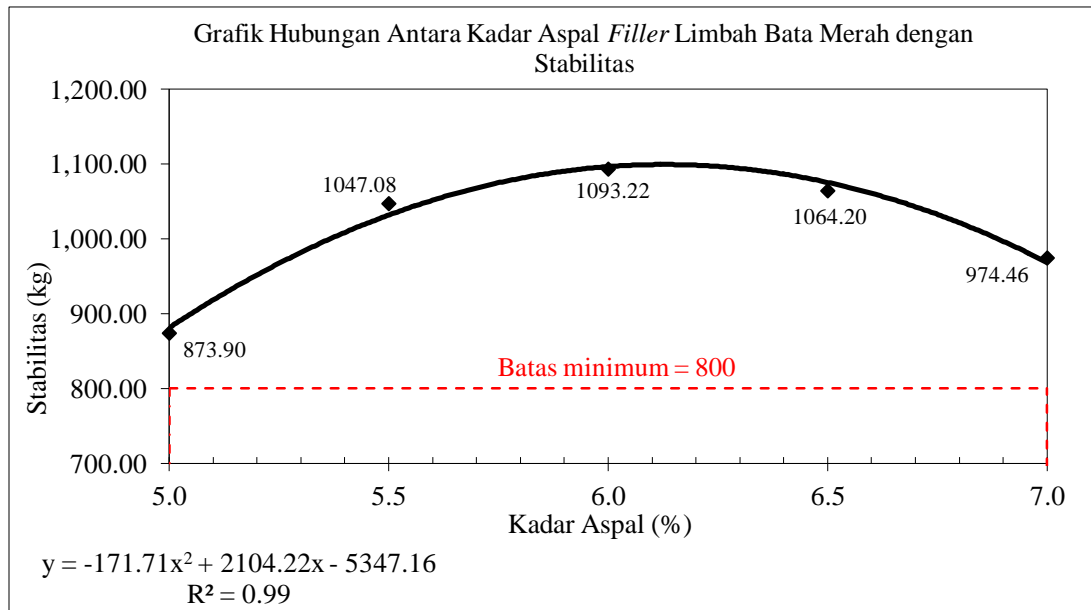
a. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel 2007

Berdasarkan dari tabel 5.31. sampai 5.58. diatas dapat diplotkan data dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara lain:

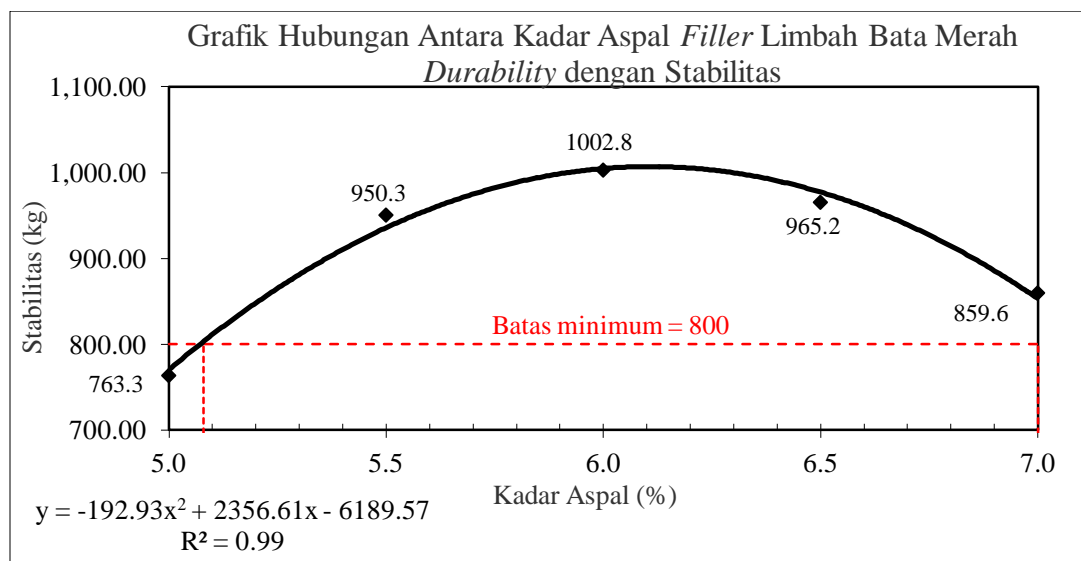
- a. Antara kadar aspal dengan stabilitas
- b. Antara kadar aspal dengan *flow*
- c. Antara kadar aspal dengan VIM
- d. Antara kadar aspal dengan VMA
- e. Antara kadar aspal dengan VFA
- f.* Antar kadar aspal dengan *Marshall Quotient*
- g. Antara kadar aspal dengan Indeks Perendeman

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

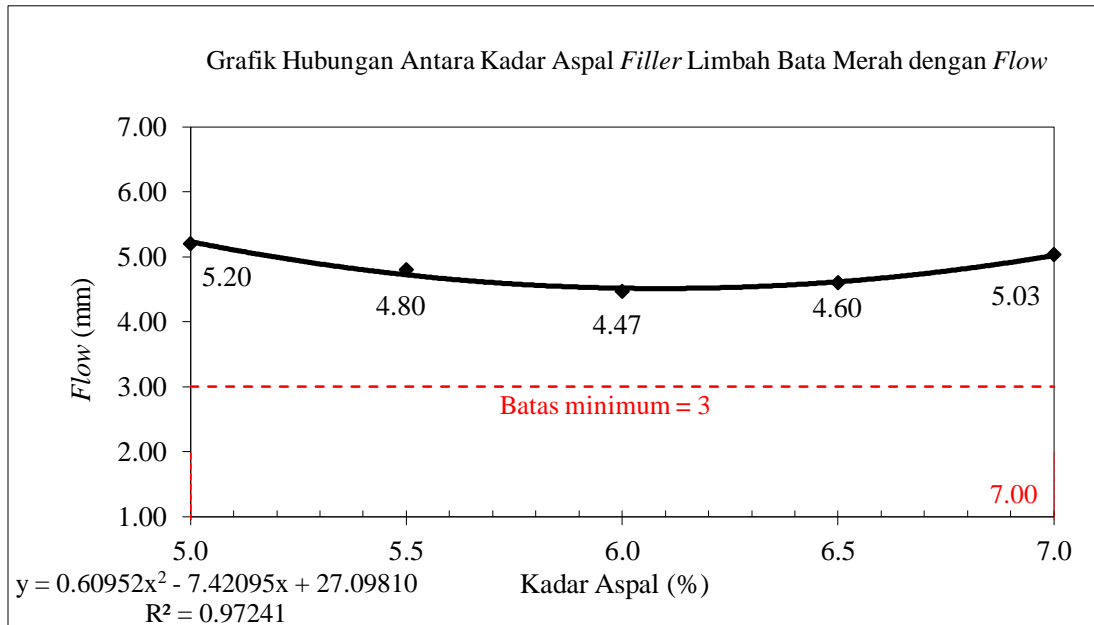
Grafik 5.1. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)



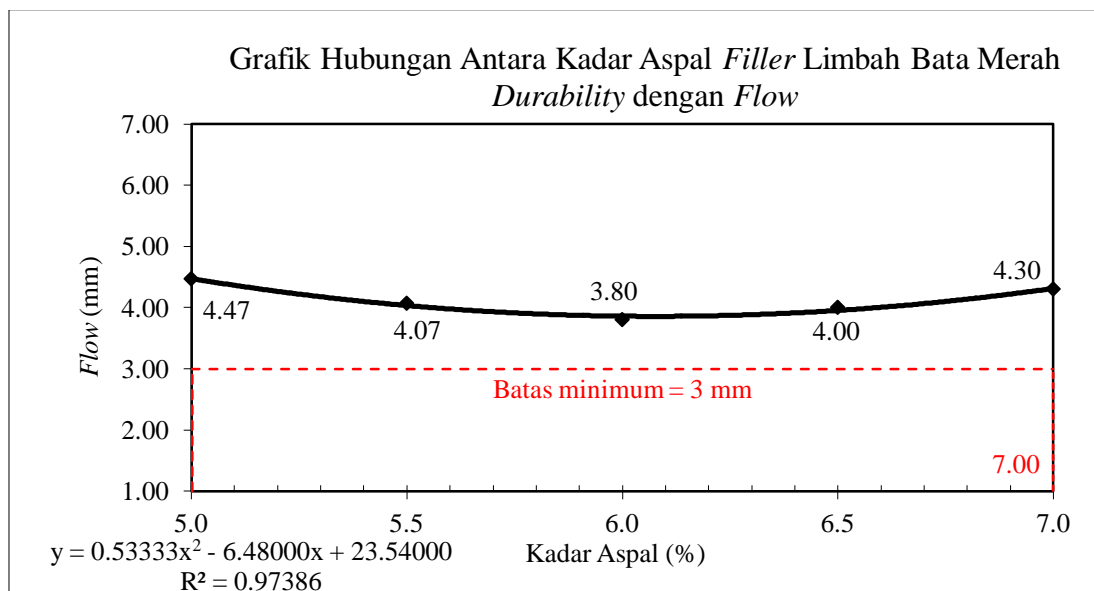
Grafik 5.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)



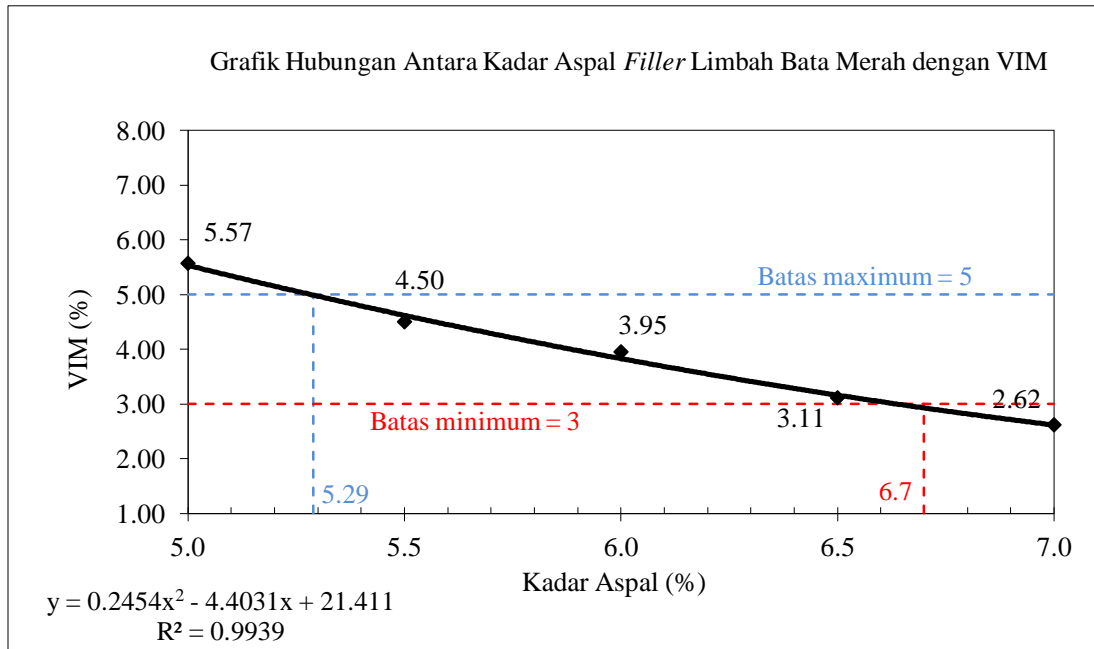
Grafik 5.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan *Flow* Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)



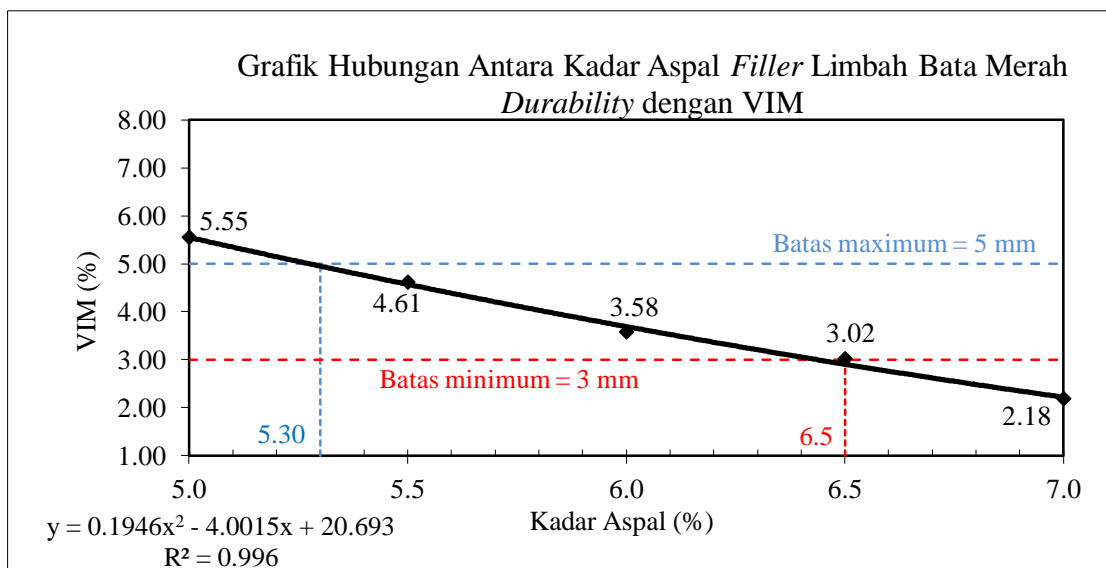
Grafik 5.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan *Flow* Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)



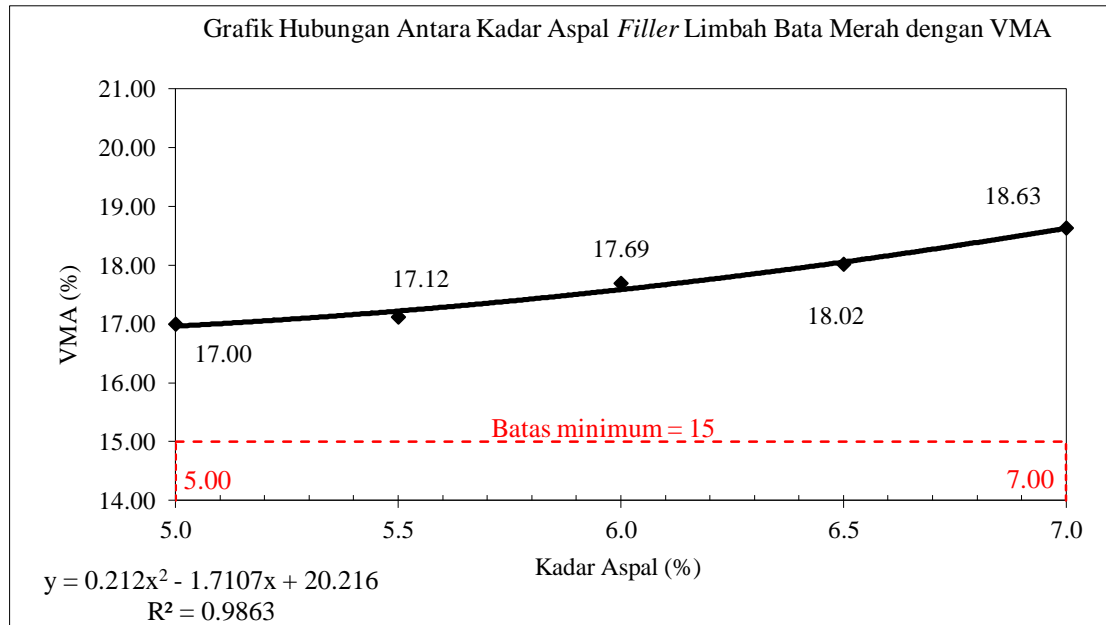
**Grafik 5.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM
Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)**



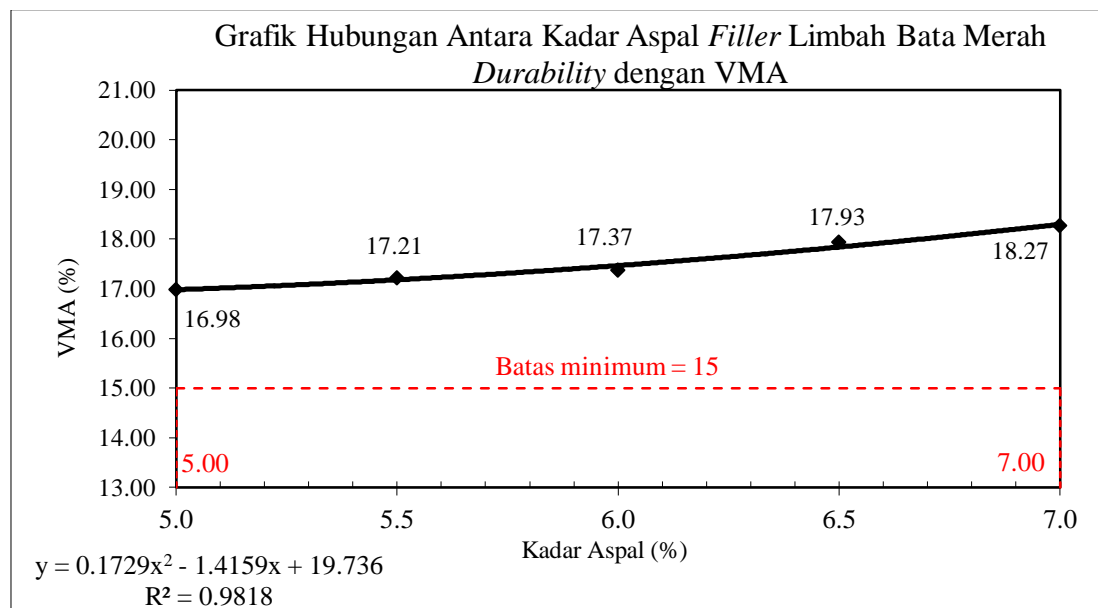
**Grafik 5.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM
Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)**



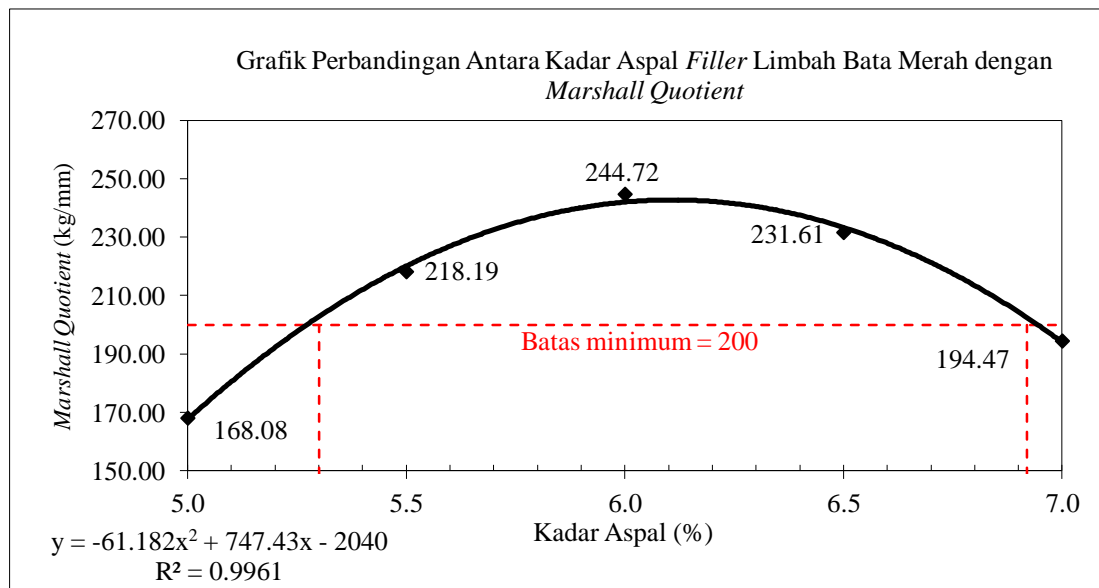
**Grafik 5.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA
Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)**



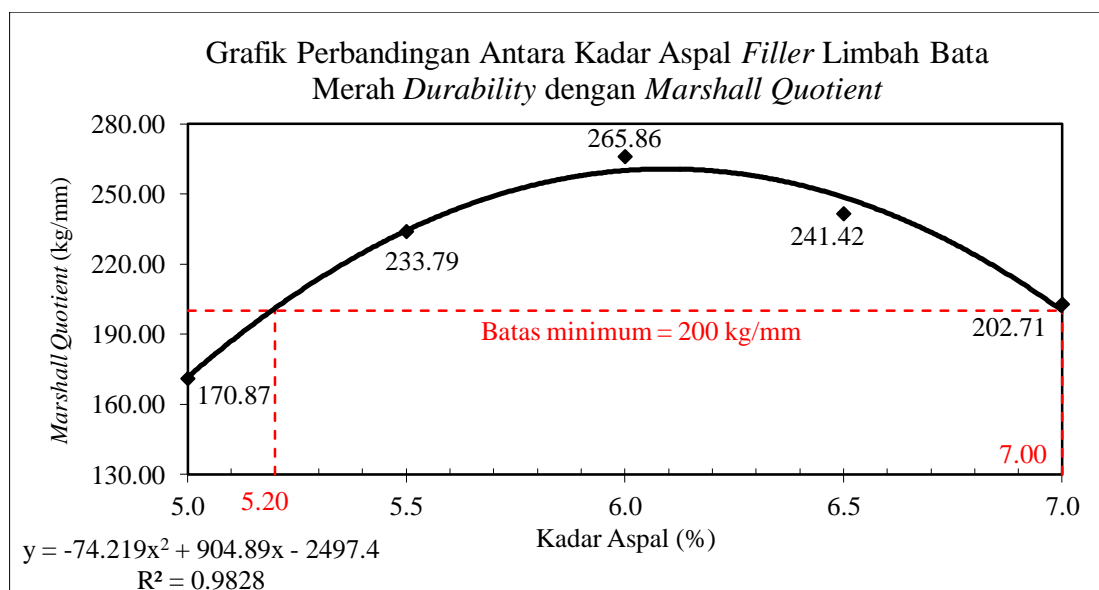
**Grafik 5.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA
Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)**



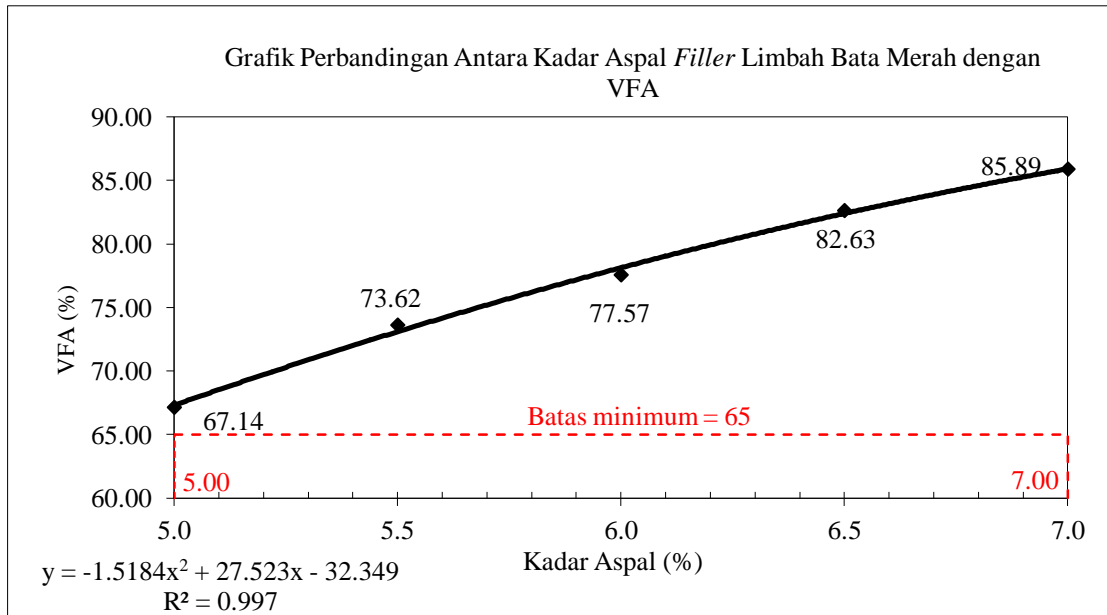
Grafik 5.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)



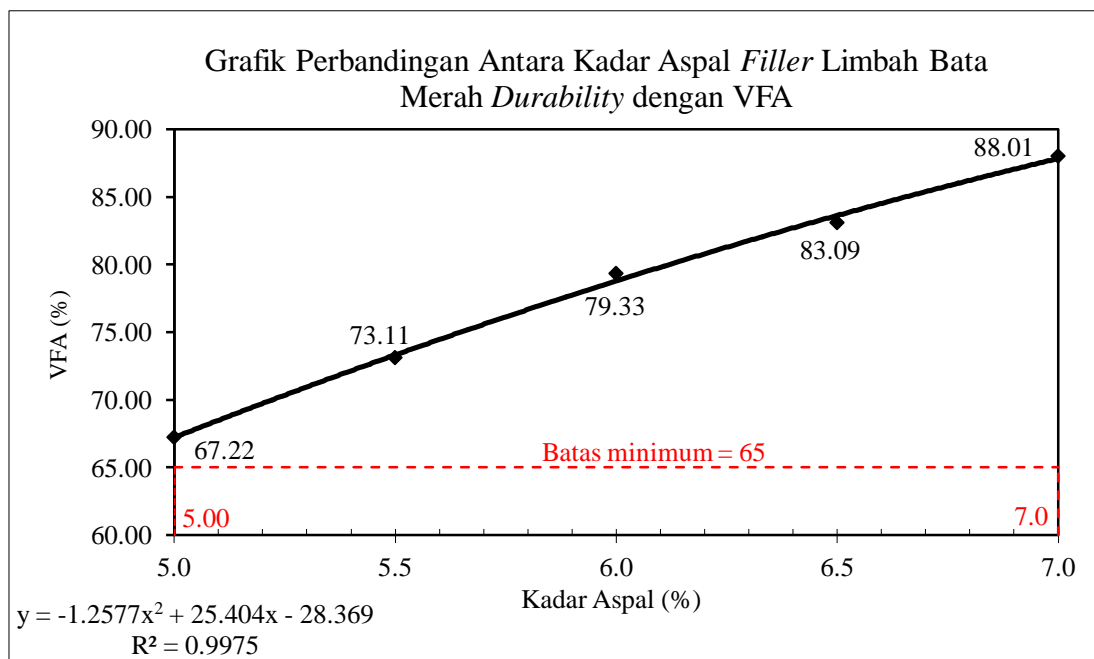
Grafik 5.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)



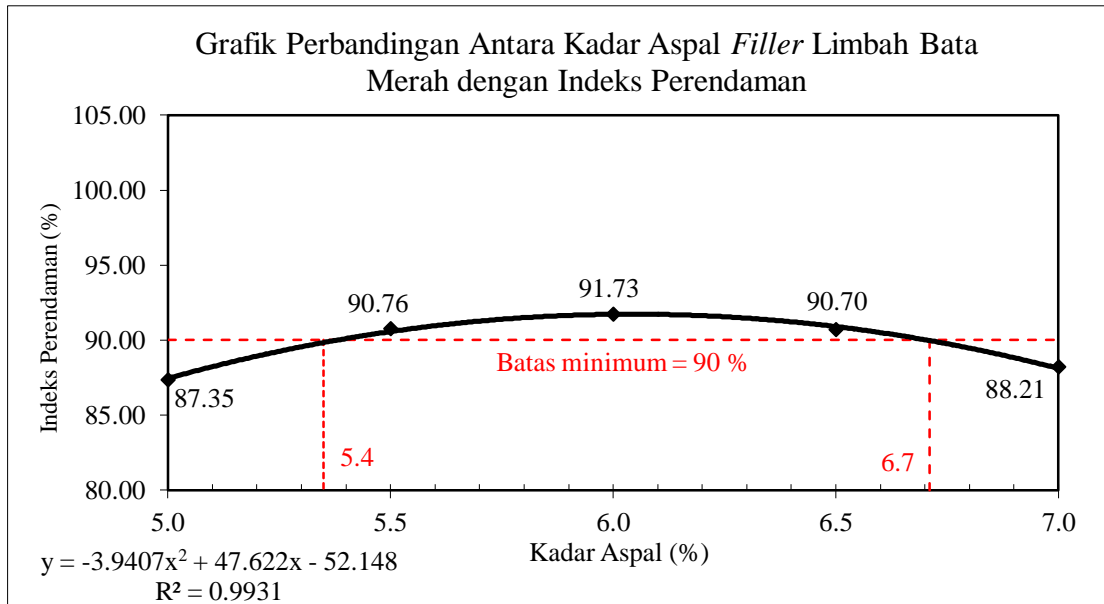
**Grafik 5.11. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA
Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 30 menit)**



**Grafik 5.12. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA
Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah (Perendaman 24 jam)**



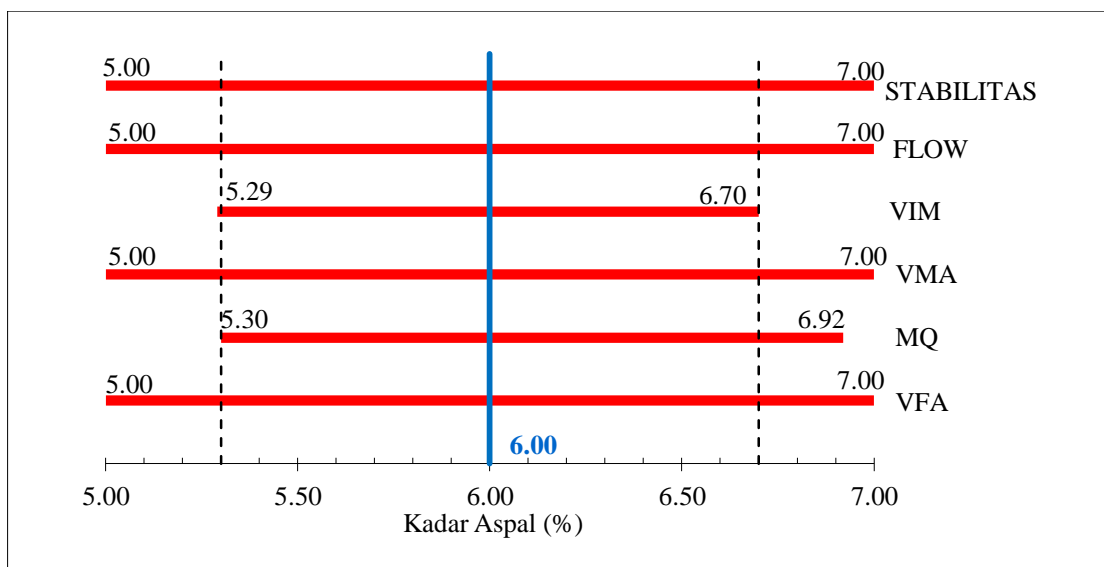
Grafik 5.13. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Indeks Perendaman (IP) Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah



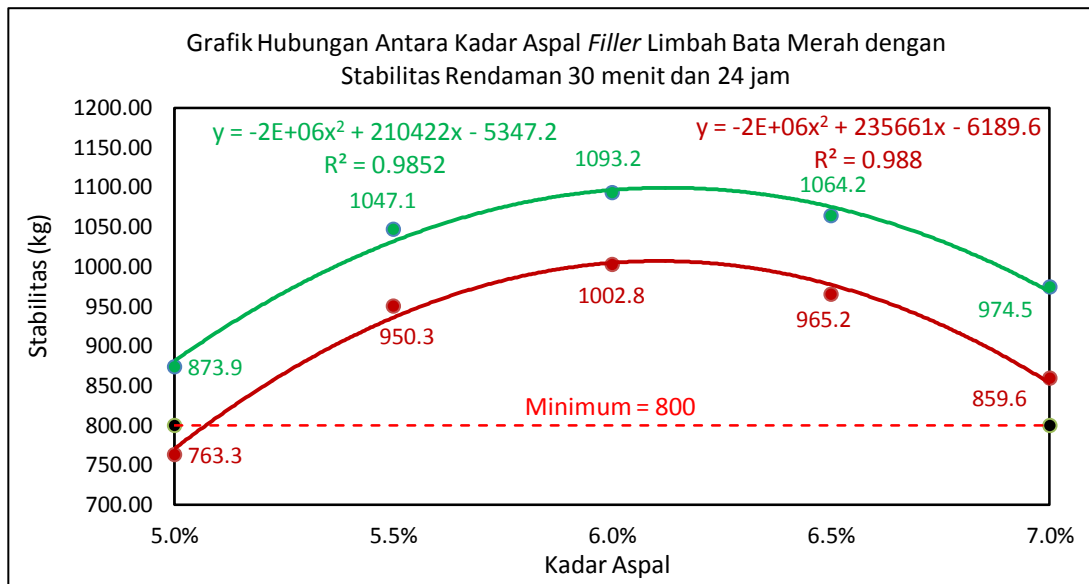
b. Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh Kadar Aspal Optimum sebagai berikut :

Grafik 5.14. Diagram Batang Mencari Kadar Aspal Optimum Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah



Grafik 5.15. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari Stabilitas Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	2621.709	873.903	141.4903
0.055	3	3141.242	1047.081	1791.685
0.06	3	3279.659	1093.22	907.8
0.065	3	3192.606	1064.202	4152.674
0.07	3	2923.374	974.4579	144.258

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	93066.97444	4	23266.74	16.29802	0.000222	3.47805
Within Groups	14275.81427	10	1427.581			
Total	107342.7887	14				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari Stabilitas Beton Aspal AC – WC *Filler*
Limbah Bata Merah Pada Rendaman 24 Jam

Anova: Single Factor

SUMMARY

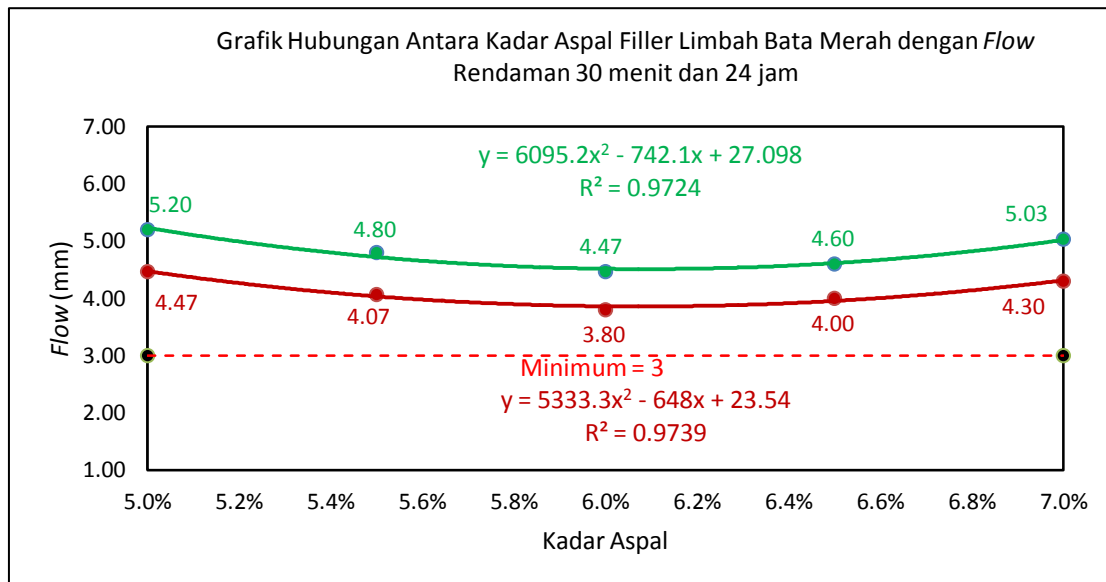
Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	2290	763.3334	2617.898
0.055	3	2850.964	950.3212	452.9346
0.06	3	3008.291	1002.764	5924.634
0.065	3	2895.689	965.2298	1497.738
0.07	3	2578.747	859.5825	1031.785

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	111956.5054	4	27989.13	12.1428	0.000747	3.47805
Within Groups	23049.97853	10	2304.998			
Total	135006.4839	14				

Dari uji hipotesis Stabilitas beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 16,298$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis Stabilitas beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 12,413$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 5.16. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan *Flow* Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari *Flow* Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	15.6	5.2	0.01
0.055	3	14.4	4.8	0.01
0.06	3	13.4	4.466667	0.003333
0.065	3	13.8	4.6	0.01
0.07	3	15.1	5.033333	0.143333

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	1.090667	4	0.272667	7.716981	0.00419	3.47805
Within Groups	0.353333	10	0.035333			
Total	1.444	14				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari *Flow* Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Pada Rendaman 24 Jam

Anova: Single Factor

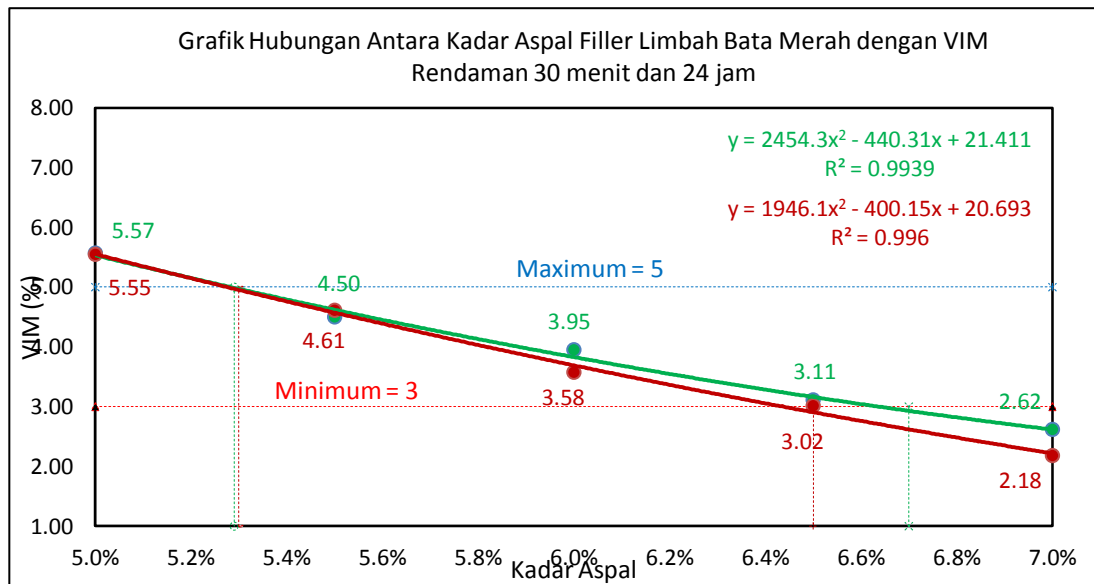
SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	13.4	4.466667	0.043333
0.055	3	12.2	4.066667	0.023333
0.06	3	11.4	3.8	0.19
0.065	3	12	4	0.01
0.07	3	12.9	4.3	0.28

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	0.816	4	0.204	1.865854	0.193131	3.47805
Within Groups	1.093333	10	0.109333			
Total	1.909333	14				

Dari uji hipotesis *Flow* beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 7,717$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis *Flow* beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 0,193$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Grafik 5.17. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VIM Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	16.70849	5.569497	0.065822
0.055	3	13.50377	4.501257	0.084031
0.06	3	11.8558	3.951934	0.007598
0.065	3	9.338565	3.112855	0.012208
0.07	3	7.856997	2.618999	0.266396

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	16.19709	4	4.049273	46.43082	2E-06	3.47805
Within Groups	0.872109	10	0.087211			
Total	17.0692	14				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VIM Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Pada Rendaman 24 Jam

Anova: Single Factor

SUMMARY

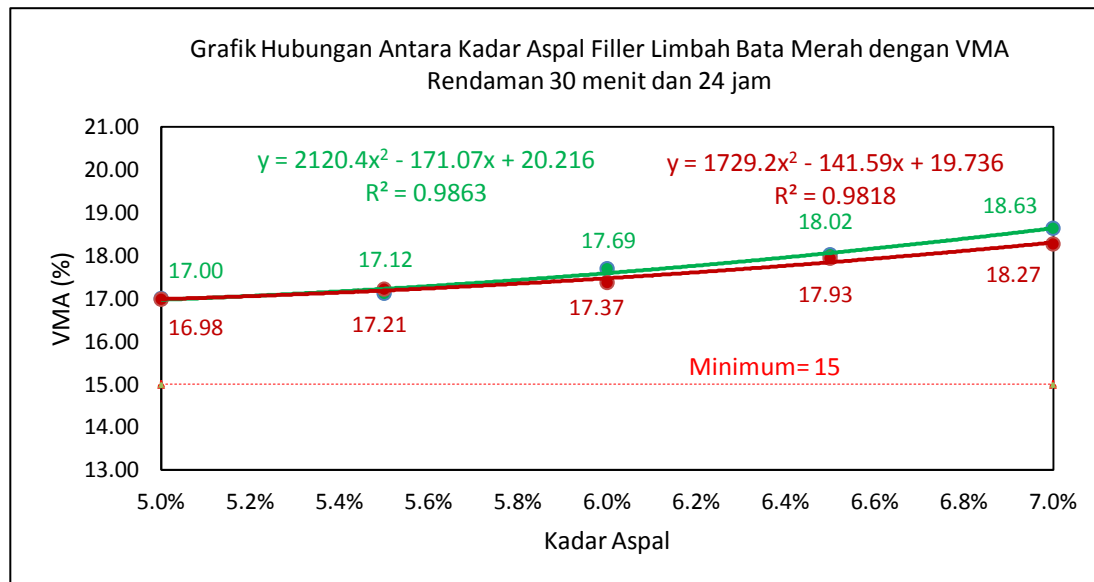
Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	16.64626	5.548754	0.010693
0.055	3	13.83762	4.612541	0.00585
0.06	3	10.72722	3.575738	0.098303
0.065	3	9.04708	3.015693	0.001517
0.07	3	6.544982	2.181661	0.284371

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	21.00587	4	5.251467	65.52299	3.9E-07	3.47805
Within Groups	0.801469	10	0.080147			
Total	21.80734	14				

Dari uji hipotesis VIM beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 46,413$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis VIM beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 65,523$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 5.18. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VMA Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	50.99144	16.99715	0.050855
0.055	3	51.35391	17.11797	0.063294
0.06	3	53.07432	17.69144	0.00558
0.065	3	54.04901	18.01634	0.008741
0.07	3	55.89755	18.63252	0.185986

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	5.40628	4	1.35157	21.49061	6.73E-05	3.47805
Within Groups	0.628912	10	0.062891			
Total	6.035192	14				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VMA Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Pada Rendaman 24 Jam

Anova: Single Factor

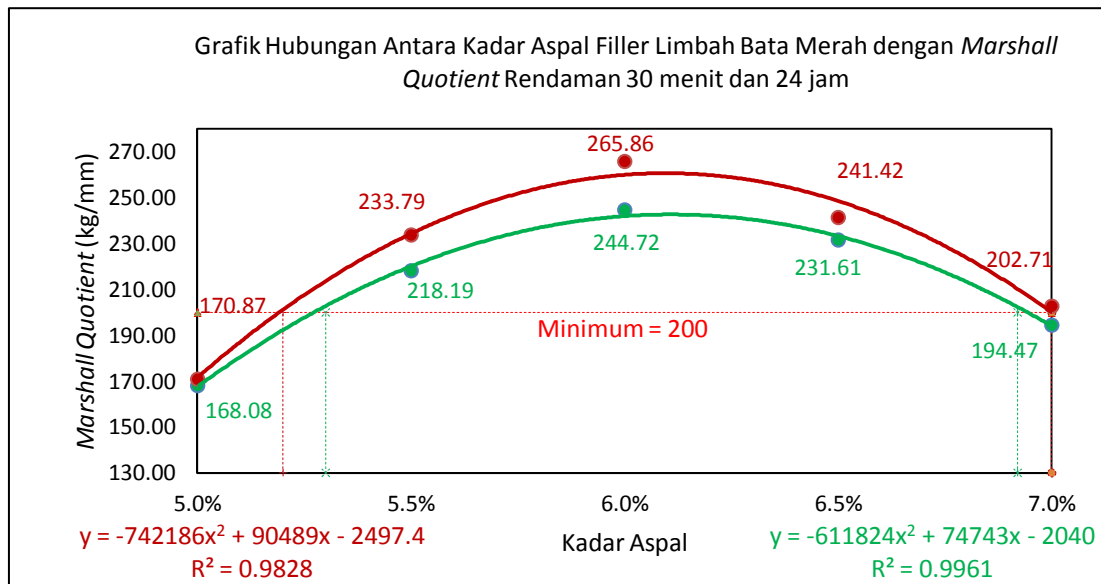
SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	50.93674	16.97891	0.008262
0.055	3	51.64365	17.21455	0.004406
0.06	3	52.10718	17.36906	0.07219
0.065	3	53.80236	17.93412	0.001086
0.07	3	54.80129	18.2671	0.198536

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	3.399419	4	0.849855	14.93695	0.00032	3.47805
Within Groups	0.568961	10	0.056896			
Total	3.96838	14				

Dari uji hipotesis VMA beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 21,490$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis VMA beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 14,937$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 5.19. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari *Maershall Quotient* Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	504.2499	168.0833	7.378478
0.055	3	654.5642	218.1881	86.93659
0.06	3	734.1661	244.722	14.76338
0.065	3	694.8444	231.6148	359.7203
0.07	3	583.4131	194.471	303.4224

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	11184	4	2795.999	18.10362	0.000142	3.47805
Within Groups	1544.442	10	154.4442			
Total	12728.44	14				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari *Maershall Quotient* Beton Aspal AC – WC
Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 24 Jam

Anova: Single Factor

SUMMARY

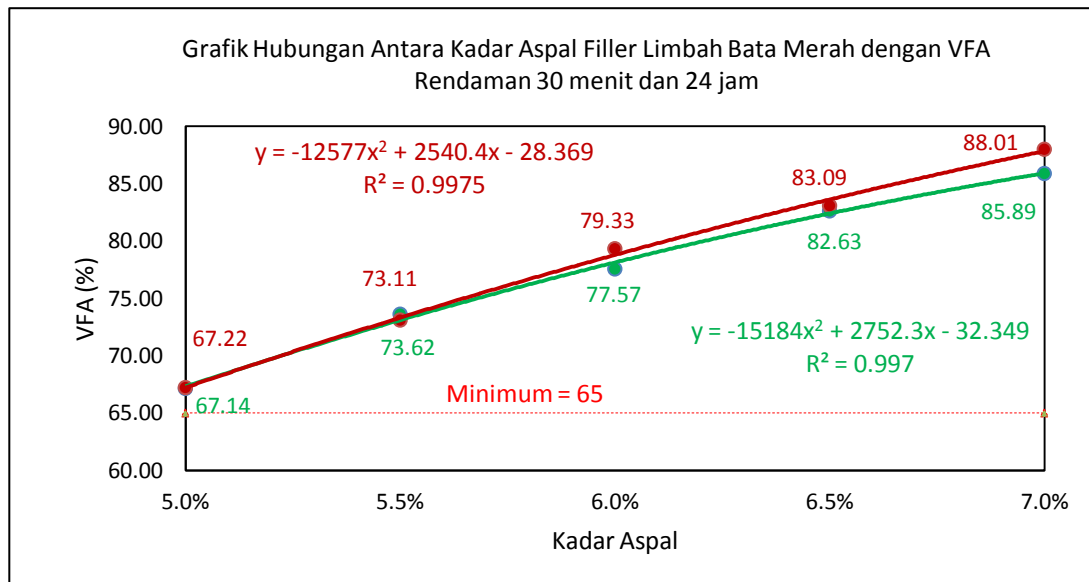
Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	512.6164	170.8721	60.52521
0.055	3	701.3663	233.7888	22.13072
0.06	3	797.5842	265.8614	1146.947
0.065	3	724.2652	241.4217	137.8145
0.07	3	608.1357	202.7119	1172.544

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	16265.27	4	4066.316	8.004679	0.003672	3.47805
Within Groups	5079.924	10	507.9924			
Total	21345.19	14				

Dari uji hipotesis *Maershall Quotient* beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 18,104$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis *Maershall Quotient* beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 8,005$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Grafik 5.20. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit dan 24 jam



Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VFA Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah Pada Rendaman 30 menit

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	201.4232	67.14106	1.167327
0.055	3	220.8507	73.61691	1.708021
0.06	3	232.6996	77.56655	0.157602
0.065	3	247.8885	82.6295	0.272738
0.07	3	257.6747	85.89158	6.123344

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	657.1052	4	164.2763	87.11196	9.9E-08	3.47805
Within Groups	18.85806	10	1.885806			
Total	675.9633	14				

Hasil Perhitungan F_{Hitung} dan F_{Tabel} dari VFA Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah Pada Rendaman 24 Jam

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0.05	3	201.6597	67.21991	0.18885
0.055	3	219.3202	73.10674	0.116052
0.06	3	237.99	79.32999	2.245266
0.065	3	249.2699	83.08996	0.034575
0.07	3	264.0222	88.0074	7.08364

ANOVA

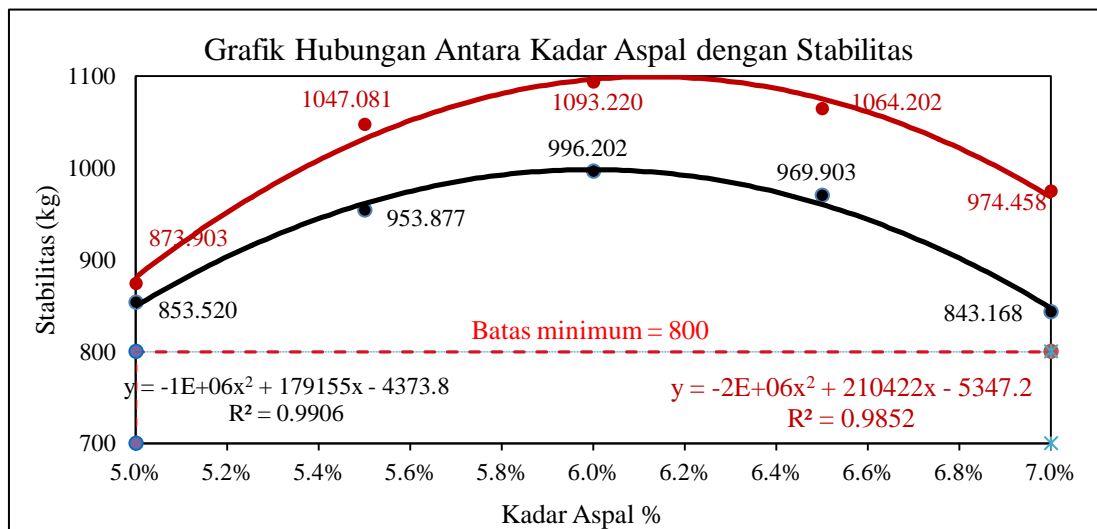
Source of Variation	SS	df	MS	F_{Hitung}	P-value	F_{Tabel}
Between Groups	803.5956	4	200.8989	103.8948	4.21E-08	3.47805
Within Groups	19.33677	10	1.933677			
Total	822.9323	14				

Dari uji hipotesis VFA beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 87,112$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dan uji hipotesis VFA beton aspal ac – wc *filler* Limbah Bata Merah perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 103,895$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 3,478$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

3. Pembahasan

a. Stabilitas (Rendaman 30 menit)

Grafik 5.21. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit



- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 30 menit), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 873,903 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 853,520 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 800 kg untuk beton aspal AC – WC.
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 30 menit), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 1047,081 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai

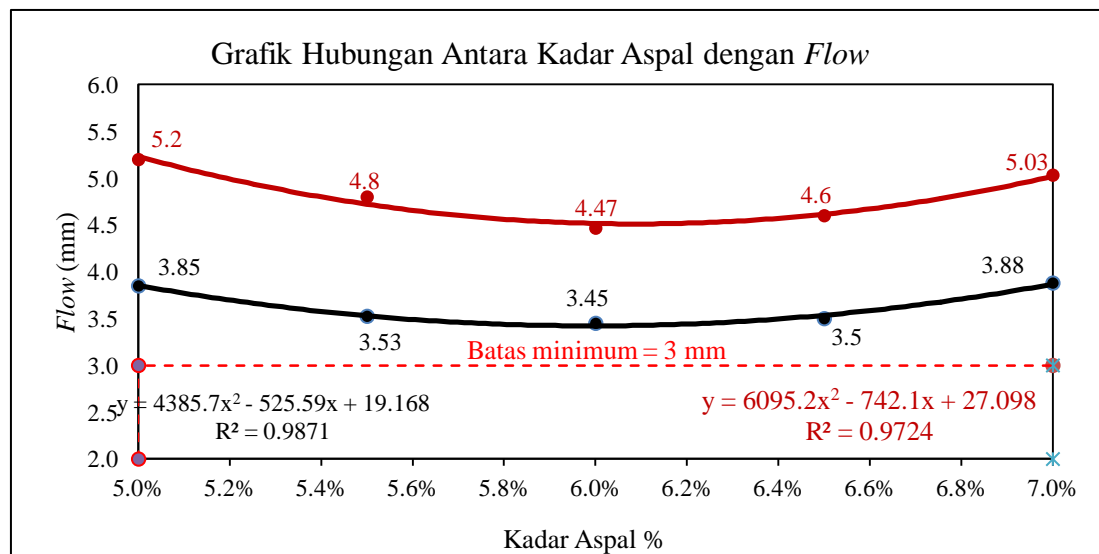
953,877 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 800 kg untuk beton aspal AC – WC.

- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 30 menit), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 1093,220 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 996,220 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 800 kg untuk beton aspal AC – WC.
- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 30 menit), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 1064,202 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 969,903 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 800 kg untuk beton aspal AC – WC.
- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 30 menit), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 974,458 kg sedangkan

Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 843,168 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 800 kg untuk beton aspal AC – WC.

b. Flow (Rendaman 30 menit)

Grafik 5.22. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit



- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 30 menit), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 5,2 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 3,85 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC –

WC. Nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 mm untuk beton aspal AC – WC.

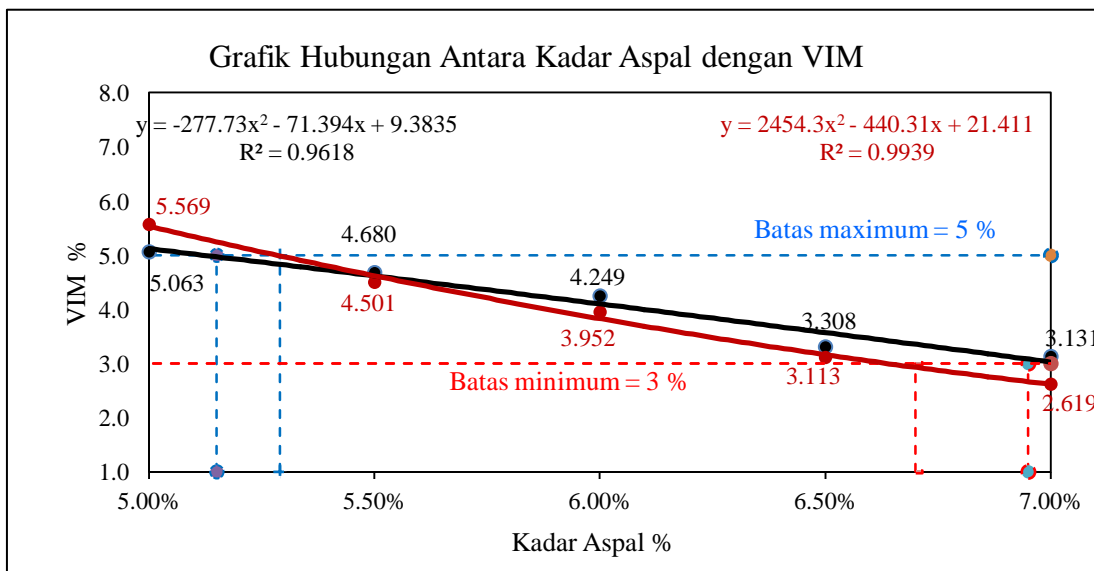
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 30 menit), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,8 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 3,53 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 mm untuk beton aspal AC – WC.
- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 30 menit), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,47 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 3,45 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 mm untuk beton aspal AC – WC.
- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 30 menit), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,6 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 3,5 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler*

abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 mm untuk beton aspal AC – WC.

- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 30 menit), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 5,03 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 3,88 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 mm untuk beton aspal AC – WC.

c. VIM (Rendaman 30 menit)

Grafik 5.23. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit



- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 30 menit), *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 5,569 % sedangkan *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 5,063 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC tidak memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 % dan maksimal sebesar 5 % untuk beton aspal AC – WC.

- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 30 menit), *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,501 % sedangkan *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 4,680 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 % dan maksimal sebesar 5 % untuk beton aspal AC – WC.

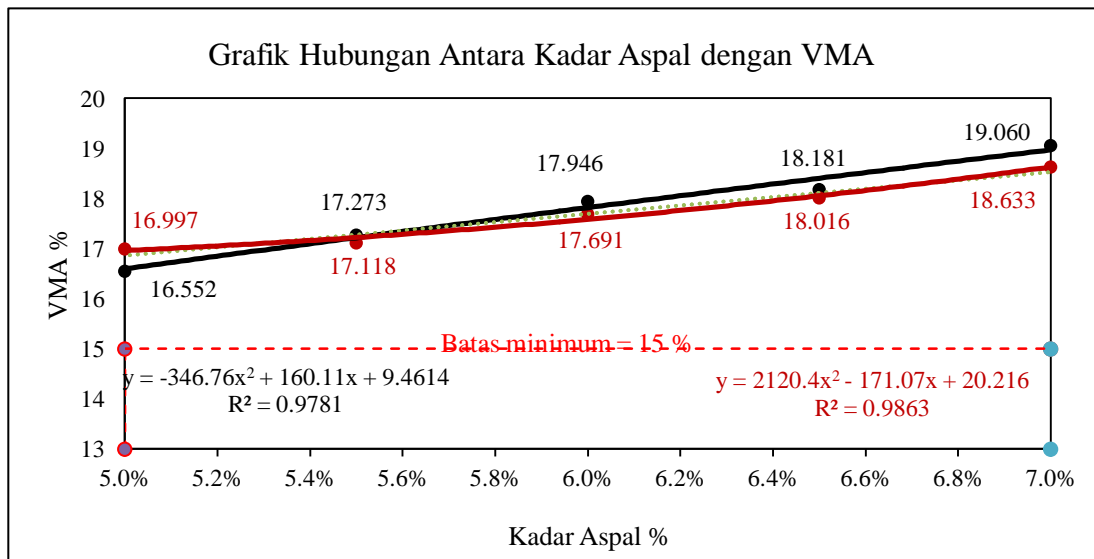
- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 30 menit), *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 3,952 % sedangkan *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 4,249 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 % dan maksimal sebesar 5 % untuk beton aspal AC – WC.

- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 30 menit), VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 3,113 % sedangkan VIM *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki 3,308 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VIM *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 % dan maksimal sebesar 5 % untuk beton aspal AC – WC.

- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 30 menit), VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 2,619 % sedangkan VIM *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 3,131 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VIM *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC tidak memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 % dan maksimal sebesar 5 % untuk beton aspal AC – WC, *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 3 % dan maksimal sebesar 5 % untuk beton aspal AC – WC.

d. VMA (Rendaman 30 menit)

Grafik 5.24. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit



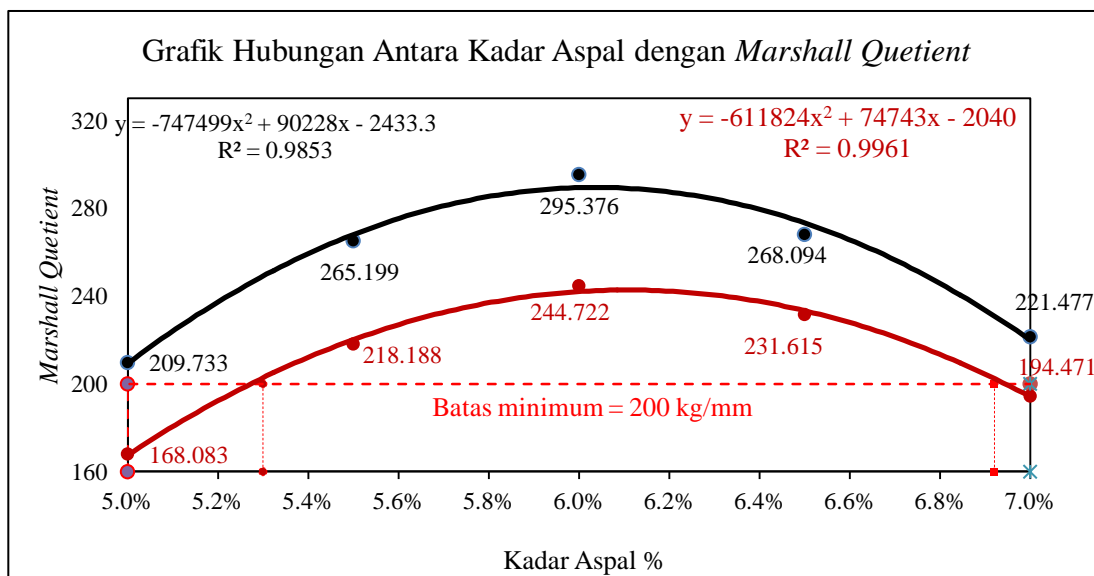
- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 30 menit), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 16,997 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 16,552 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 15 % untuk beton aspal AC – WC.
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 30 menit), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 17,118 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 17,273 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC

- WC lebih kecil dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 15 % untuk beton aspal AC – WC.
- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 30 menit), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 17,693 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 17,946 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 15 % untuk beton aspal AC – WC.
 - 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 30 menit), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 18,016 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki 18,181 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 15 % untuk beton aspal AC – WC.
 - 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 30 menit), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 18,633 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 19,060 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan

filler abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 15 % untuk beton aspal AC – WC.

e. *Marshall Quotient* (Rendaman 30 menit)

Grafik 5.25. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit



- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 30 menit), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 168,083 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 209,733 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC tidak memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 200 kg/mm untuk beton aspal AC – WC, *filler* abu batu pada beton aspal AC –

WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 200 kg/mm untuk beton aspal AC – WC.

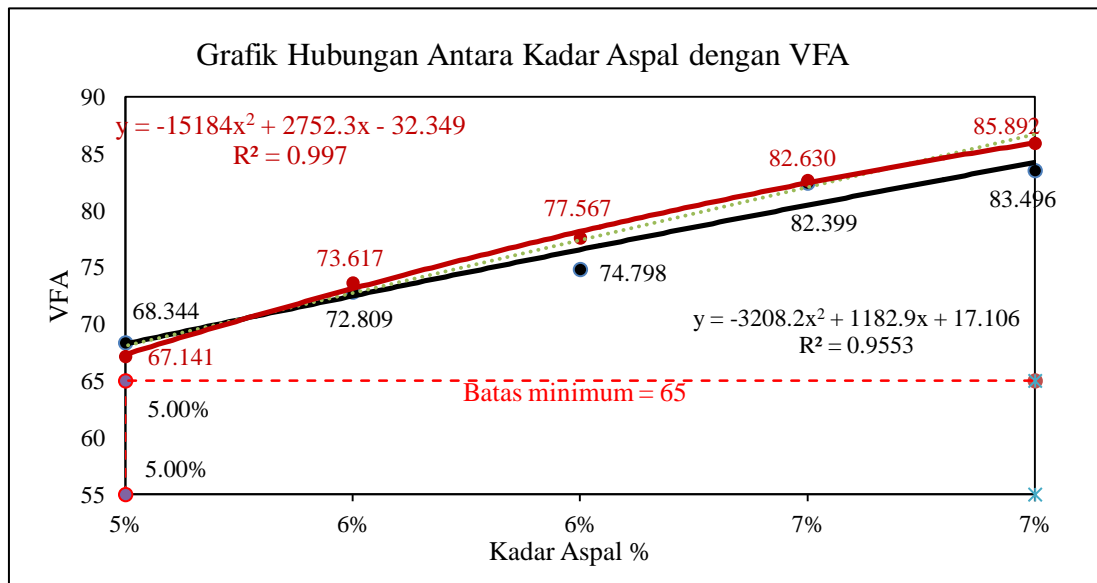
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 30 menit), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 218,188 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 265,199 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 200 kg/mm untuk beton aspal AC – WC.
- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 30 menit), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 244,722 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 295,376 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 200 kg/mm untuk beton aspal AC – WC.
- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 30 menit), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 231,615 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki 268,094 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall*

Quotient filler limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 200 kg/mm untuk beton aspal AC – WC.

- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 30 menit), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 194,471 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 221,477 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC tidak memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 200 kg/mm untuk beton aspal AC – WC, *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 200 kg/mm untuk beton aspal AC – WC.

f. VFA (Rendaman 30 menit)

Grafik 5.26. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 30 menit



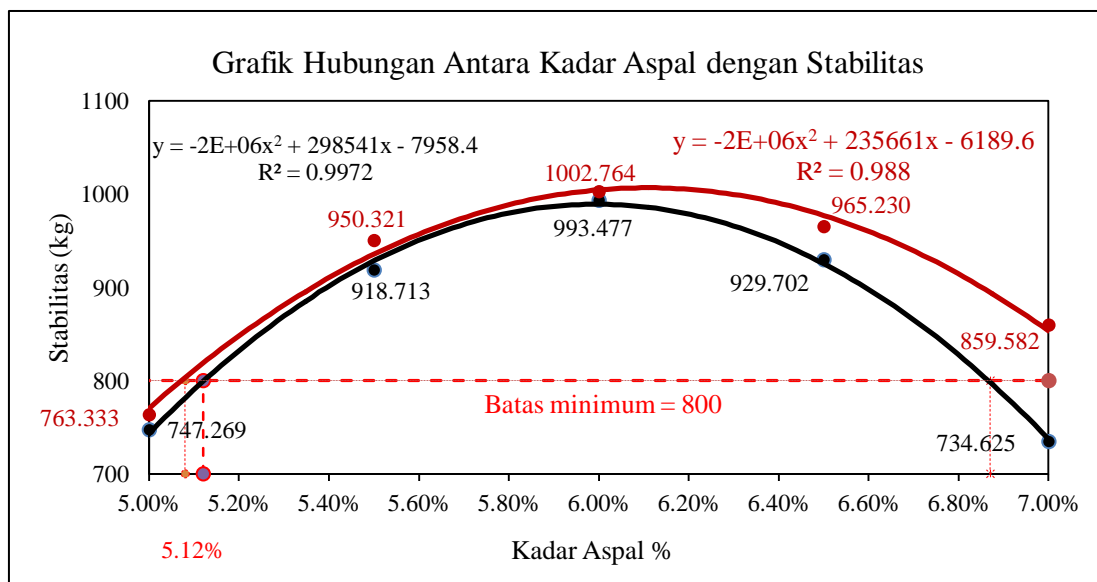
- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 30 menit), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 67,141 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 68,344 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 65 % untuk beton aspal AC – WC.
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 30 menit), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 73,617 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 72,809 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC

- WC lebih besar dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 65 % untuk beton aspal AC – WC.
- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 30 menit), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 77,567 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 74,798 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 65 % untuk beton aspal AC – WC.
 - 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 30 menit), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 82,630 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 82,399 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 65 % untuk beton aspal AC – WC.
 - 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 30 menit), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 85,892 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 83,496 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC. Nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dan *filler*

abu batu pada beton aspal AC – WC telah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga, 2010 minimal sebesar 65 % untuk beton aspal AC – WC.

g. Stabilitas (Rendaman 24 jam)

Grafik 5.27. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam



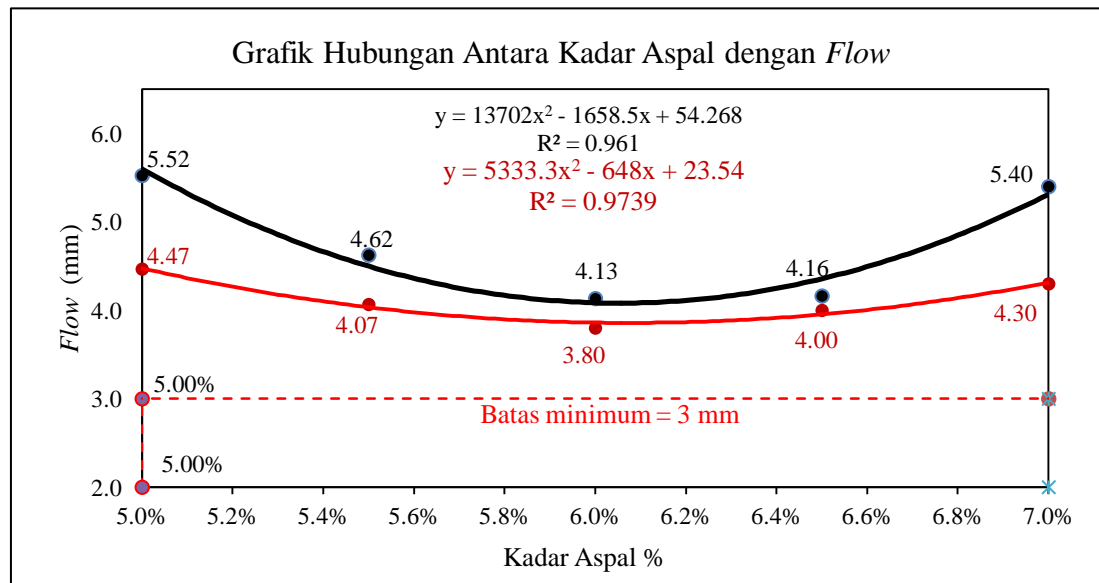
- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 24 jam), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 763,333 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 747,269 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 24 jam), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 950,321 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 918,713

kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 24 jam), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 1002,764 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 993,477 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 24 jam), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 965,230 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 929,702 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 24 jam), Stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 859,582 kg sedangkan Stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 734,625 kg. hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai stabilitas *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

h. Flow (Rendaman 24 jam)

Grafik 5.28. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam

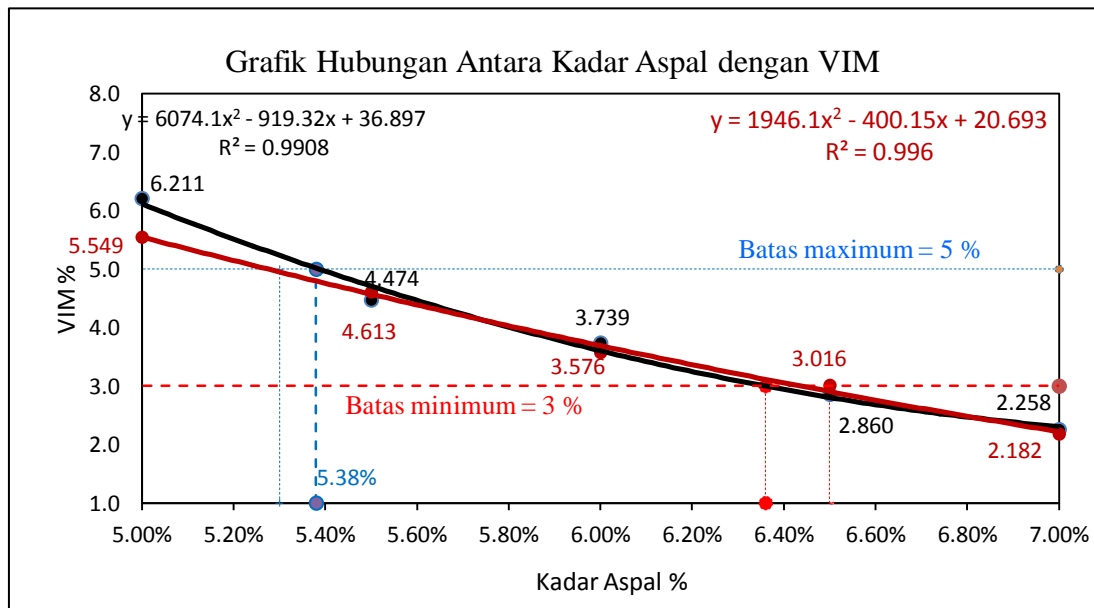


- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 24 jam), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,47 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 5,52 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 24 jam), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,07 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 4,62 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 24 jam), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 3,80 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 4,13 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 24 jam), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,00 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 4,16 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 24 jam), *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,30 mm sedangkan *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 5,40 mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *flow filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *flow filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

i. VIM (Rendaman 24 jam)

Grafik 5.29. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam

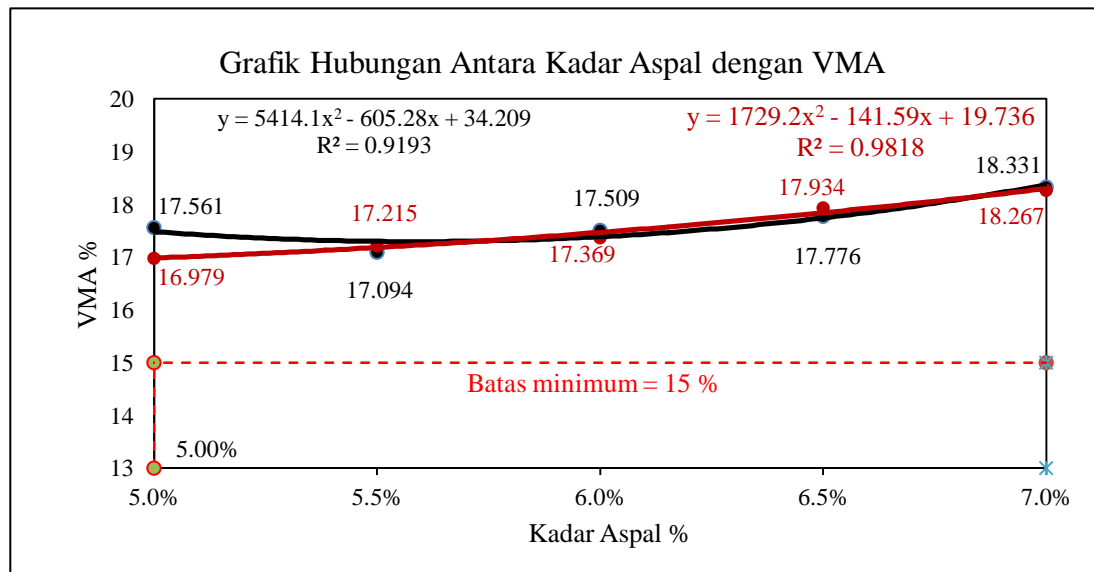


- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 24 jam), VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 5,549 % sedangkan VIM *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 6,211 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VIM *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 24 jam), VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 4,613 % sedangkan VIM *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 4,474 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VIM *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC

- WC lebih kecil dari pada nilai *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 24 jam), *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 3,576 % sedangkan *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 3,739 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
 - 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 24 jam), *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 3,016 % sedangkan *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki 2,860 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
 - 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 24 jam), *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 2,182 % sedangkan *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 2,258 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai *VIM filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai *VIM filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

j. VMA (Rendaman 24 jam)

Grafik 5.30. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam

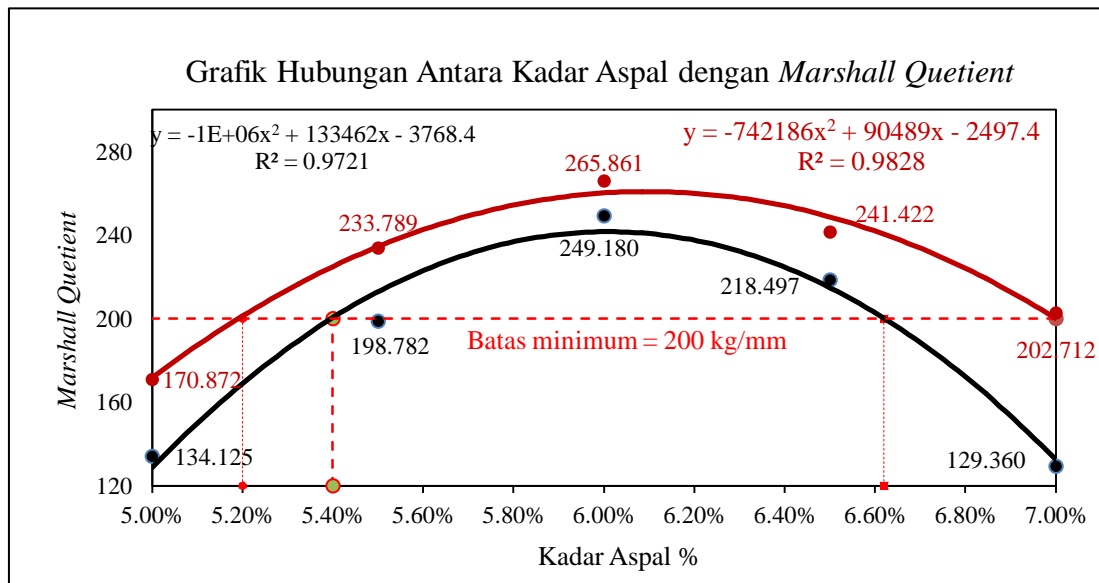


- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 24 jam), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 16,979 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 17,561 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 24 jam), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 17,215 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 17,094 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 24 jam), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 17,369 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 17,509 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 24 jam), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 17,934 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki 17,776 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 24 jam), VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 18,267 % sedangkan VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 18,261 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VMA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

k. Marshall Quotient (Rendaman 24 jam)

Grafik 5.31. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC Filler Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam



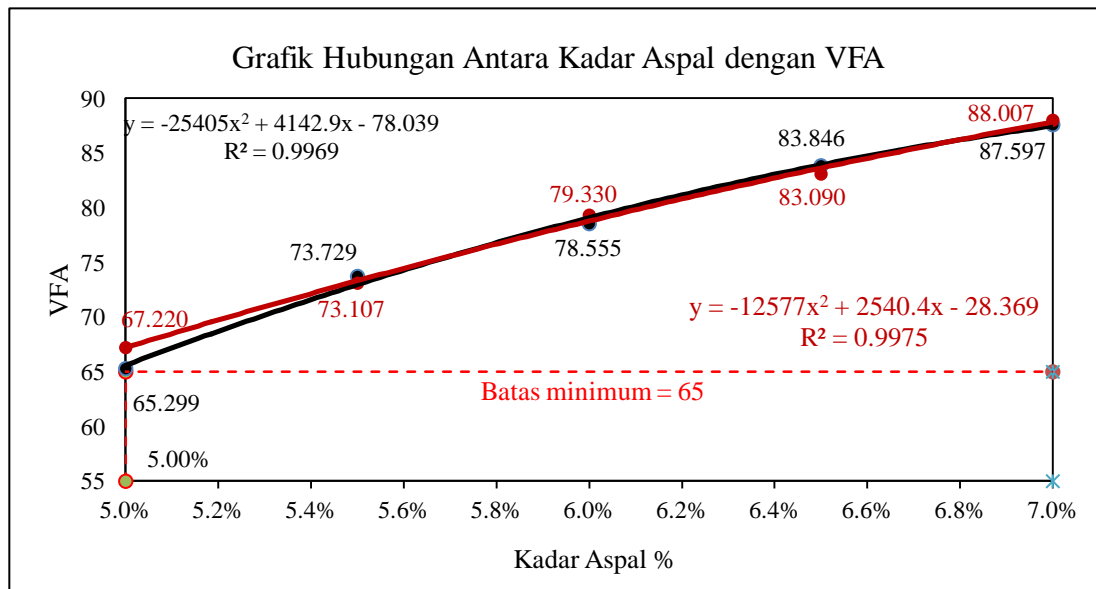
- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 24 jam), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 170,872 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 134,125 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 24 jam), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 233,789 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 198,782 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 24 jam), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 265,861 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 249,180 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 24 jam), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 241,422 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki 218,497 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 24 jam), *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 202,712 kg/mm sedangkan *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 129,360 kg/mm. hal ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai *Marshall Quotient filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

I. VFA (Rendaman 24 jam)

Grafik 5.32. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA Beton Aspal AC – WC *Filler* Limbah Bata Merah dan Abu Batu Pada Rendaman 24 jam



- 1) Pada kadar aspal 5 % (rendaman 24 jam), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 67,220 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 65,299 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 2) Pada kadar aspal 5,5 % (rendaman 24 jam), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 73,107 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 73,729 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

- 3) Pada kadar aspal 6 % (rendaman 24 jam), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 79,330 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 78,555 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 4) Pada kadar aspal 6,5 % (rendaman 24 jam), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 83,090 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 83,846 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih kecil dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.
- 5) Pada kadar aspal 7 % (rendaman 24 jam), VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC memiliki nilai sebesar 88,007 % sedangkan VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC memiliki nilai 87,597 %. hal ini menunjukkan bahwa nilai VFA *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC lebih besar dari pada nilai VFA *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Pemanfaatan limbah bata merah sebagai *filler* dapat memberi pengaruh terhadap *density* beton aspal AC – WC, antara lain sebagai berikut :

Tabel 6.1. Perbandingan antara *Filler* Limbah Bata Merah dan *Filler* Abu Batu pada Beton Aspal AC – WC terhadap *density* (Rendaman 30 Menit)

VIM Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	5,57 %	>	5,063 %
5,5 %	4,50 %	<	4,680 %
6 %	3,95 %	<	4,249 %
6,5 %	3,11 %	<	3,308 %
7 %	2,62 %	<	3,131 %
VMA Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	17,00 %	>	16,552 %
5,5 %	17,12 %	<	17,273 %
6 %	17,69 %	<	17,946 %
6,5 %	18,02 %	<	18,181 %
7 %	18,63 %	<	19,060 %
VFA Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	67,14 %	<	68,344 %
5,5 %	73,62 %	>	72,809 %
6 %	77,57 %	>	74,798 %
6,5 %	82,63 %	>	82,399 %
7 %	85,89 %	>	83,496 %

Tabel 6.2. Perbandingan antara *Filler* Limbah Bata Merah dan *Filler* Abu Batu pada Beton Aspal AC – WC terhadap *density* (Rendaman 24 Jam)

VIM Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	5,55 %	<	6,211 %
5,5 %	4,61 %	>	4,474 %
6 %	3,58 %	<	3,739 %
6,5 %	3,02 %	>	2,860 %
7 %	2,18 %	<	2,258 %
VMA Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	16,98 %	<	17,561 %
5,5 %	17,21 %	>	17,094 %
6 %	17,37 %	<	17,509 %
6,5 %	17,93 %	>	17,776 %
7 %	18,27 %	<	18,331 %
VFA Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	67,22 %		65,299 %
5,5 %	73,11 %		73,729 %
6 %	79,33 %		78,555 %
6,5 %	83,09 %		83,846 %
7 %	88,01 %		87,597 %

2. Pemanfaatan limbah bata merah sebagai *filler* dapat memberi pengaruh terhadap uji parameter marshall beton aspal AC – WC, antara lain sebagai berikut :

Tabel 6.3. Perbandingan antara *Filler* Limbah Bata Merah dan *Filler* Abu Batu pada Beton Aspal AC – WC terhadap Uji Parameter Marshall (Rendaman 30 Menit)

Stabilitas Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	873,90 Kg	>	853,520 Kg
5,5 %	1047,08 Kg	>	953,877 Kg
6 %	1093,22 Kg	>	996,202 Kg
6,5 %	1064,20 Kg	>	969,903 Kg
7 %	974,46 Kg	>	843,168 Kg
Flow Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	5,20 mm	>	3,85 mm
5,5 %	4,80 mm	>	3,53 mm
6 %	4,47 mm	>	3,45 mm
6,5 %	4,60 mm	>	3,5 mm
7 %	5,03 mm	>	3,88 mm
Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	168,08 Kg/mm	>	209,733 Kg/mm
5,5 %	218,19 Kg/mm	>	265,199 Kg/mm
6 %	244,72 Kg/mm	<	295,376 Kg/mm
6,5 %	231,61 Kg/mm	>	268,094 Kg/mm
7 %	194,47 Kg/mm	>	221,477 Kg/mm

Tabel 6.4. Perbandingan antara *Filler* Limbah Bata Merah dan *Filler* Abu Batu pada Beton Aspal AC – WC terhadap Uji Parameter Marshall (Rendaman 24 Jam)

Stabilitas Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	763,3 Kg	>	747,269 Kg
5,5 %	950,3 Kg	>	918,713 Kg
6 %	1002,8 Kg	>	993,477 Kg
6,5 %	965,2 Kg	>	929,702 Kg
7 %	859,6 Kg	>	734,625 Kg
Flow Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	4,47 mm	<	5,52 mm
5,5 %	4,07 mm	<	4,62 mm
6 %	3,80 mm	<	4,13 mm
6,5 %	4,00 mm	<	4,16 mm
7 %	4,30 mm	<	5,40 mm
Marshall Quotient Beton Aspal AC – WC			
Kadar Aspal	<i>Filler</i> Limbah Bata Merah	Keterangan	<i>Filler</i> Abu Batu
5 %	170,87 Kg/mm	>	134,125 Kg/mm
5,5 %	233,79 Kg/mm	>	198,782 Kg/mm
6 %	265,86 Kg/mm	>	249,180 Kg/mm
6,5 %	241,42 Kg/mm	>	218,497 Kg/mm
7 %	202,71 Kg/mm	>	129,360 Kg/mm

3. **Tabel 6.5 Hasil Uji Hipotesa *Filler* Limbah Bata Merah Terhadap *Density* Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 30 Menit**

<i>Density</i>	F _{hitung}	Keterangan	F _{tabel}	Ha	Ho	Catatan
VIM	46.43082	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
VMA	21.49061	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
VFA	87.11196	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh

Tabel 6.6 Hasil Uji Hipotesa *Filler* Limbah Bata Merah Terhadap *Density* Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 24 Jam

<i>Density</i>	F_{hitung}	Keterangan	F_{tabel}	Ha	Ho	Catatan
VIM	65.52299	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
VMA	14.93695	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
VFA	103.8948	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh

Tabel 6.7 Hasil Uji Hipotesa *Filler* Abu Batu Terhadap *Density* Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 30 Menit

<i>Density</i>	F_{hitung}	Keterangan	F_{tabel}	Ha	Ho	Catatan
VIM	28.23486	>	3.055568	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
VMA	46.73899	>	3.055568	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
VFA	37.70711	>	2.964708	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh

Tabel 6.8 Hasil Uji Hipotesa *Filler* Abu Batu Terhadap *Density* Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 24 Jam

<i>Density</i>	F_{hitung}	Keterangan	F_{tabel}	Ha	Ho	Catatan
VIM	245.6129	>	3.055568	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
VMA	28.71115	>	3.055568	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
VFA	241.0486	>	3.006917	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh

Tabel 6.9 Hasil Uji Hipotesa *Filler* Limbah Bata Merah Terhadap Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 30 Menit

Parameter Marshall	F_{hitung}	Keterangan	F_{tabel}	Ha	Ho	Catatan
Stabilitas	16.29802	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
<i>Flow</i>	7.716981	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
<i>Marshall Quotient</i>	18.10362	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh

Tabel 6.10 Hasil Uji Hipotesa *Filler* Limbah Bata Merah Terhadap Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 24 Jam

Parameter Marshall	F_{hitung}	Keterangan	F_{tabel}	Ha	Ho	Catatan
Stabilitas	12.1428	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
<i>Flow</i>	1.865854	<	3.47805	Ditolak	Diterima	Tidak Terjadi Pengaruh
<i>Marshall Quotient</i>	8.004679	>	3.47805	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh

Tabel 6.11 Hasil Uji Hipotesa *Filler* Abu Batu Terhadap Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 30 Menit

Parameter Marshall	F_{hitung}	Keterangan	F_{tabel}	Ha	Ho	Catatan
Stabilitas	9.398982	>	3.006917	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
<i>Flow</i>	0.806326	<	3.006917	Ditolak	Diterima	Tidak Terjadi Pengaruh
<i>Marshall Quotient</i>	7.27375	>	3.006917	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh

Tabel 6.12 Hasil Uji Hipotesa *Filler* Abu Batu Terhadap Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Pada Rendaman 24 Jam

Parameter Marshall	F _{hitung}	Keterangan	F _{tabel}	Ha	Ho	Catatan
Stabilitas	92.66922	>	3.055568	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
<i>Flow</i>	41.55888	>	3.179117	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh
<i>Marshall Quotient</i>	89.28783	>	3.055568	Diterima	Ditolak	Terjadi Pengaruh

4. Keunggulan masing – masing *filler* limbah bata merah dan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC terhadap *density* dan uji parameter marshall.

- a. *Filler* limbah bata merah lebih unggul dibandingkan dengan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC terhadap uji parameter marshall dikarenakan limbah bata merah sebagai *filler* yang berasal dari tanah liat, telah mengalami tahap pembakaran penuh pada suhu 920 °C – 1020 °C hingga menjadi bata padat. Selain itu, Komposisi tanah yang berasal dari kecamatan turen mengandung kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) dan (Ca, Na) $(Si, Al)_4O_8$ (anothite, sodian, disordered). Kaolinite terbentuk dari perubahan hidrotermal dari mineral – mineral aluminosilikat. Batuan granit merupakan sumber terbesar penghasil kaolinite. Sifat dari kaolinite adalah tidak dapat mengabsorpsi air, kaolinite tidak dapat mengembang pada saat kontak dengan air. Sehingga tanah liat turen menghasilkan bahan baku pembuatan bata merah bermutu tinggi yang mempengaruhi tingginya nilai *filler* limbah bata merah pada beton aspal AC – WC dibandingkan dengan nilai *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC terhadap uji parameter marshall.

b. *Filler* limbah bata merah lebih kecil nilainya dibandingkan dengan *filler* abu batu pada beton aspal AC – WC terhadap *density* dikarenakan *filler* limbah bata merah lebih mudah menyerap aspal sehingga volume pori pada beton aspal AC – WC nilainya lebih kecil. *Filler* abu batu nilainya lebih besar terhadap *density* pada beton aspal AC – WC karena *filler* abu batu lebih sukar menyerap aspal sehingga timbul volume pori yang besar pada beton aspal AC – WC.

6.2. Saran

1. Perlu dilakukan lakukan kembali penelitian menggunakan limbah bata merah dan abu batu sebagai *filler* dengan variasi rasio bahan untuk penelitian selanjutnya.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan limbah bata merah yang akan digunakan sebagai *filler* beton aspal diketahui terlebih dahulu spesifikasi, karakteristik dan proses pembuatan bata merah sebelum menjadi limbah.
3. Pada saat proses pengecilan partikel limbah bata merah diperlukan peralatan penunjang yang lebih baik.
4. Dibutuhkan peralatan laboratorium yang lebih baik agar proses penelitian dapat berjalan lancar dan tidak menghabiskan banyak waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas Tahir, dkk. 2009. *Kinerja Durabilitas Campuran Beton Aspal ditinjau dari Faktor Variasi Suhu Pemadatan dan Lama Perendaman*. Jurnal Teknik, Universitas Tadulako Palu.
- Angga Dwi Agus Setiawan, dkk. 2014. *Pengaruh Penuaan dan Lama Perendaman terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC – WC)*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, SNI 03 – 1968 – 1990.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, SNI 03 – 2417 – 1991.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles Revisi*, SNI 03 – 2417 – 1996.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, SNI 2417 : 2008.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*, SNI 03 – 4804 - 1998.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Revisi*, SNI 03 – 1970 – 1990.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, SNI 1970 : 2008.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Revisi*, SNI 03 – 1969 – 1990.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, SNI 1969 : 2008.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Spesifikasi Agregat Halus untuk Campuran Perkerasan Beraspal*, SNI 03 – 6819 – 2002 (SK SNI S – 02 1993 – 03).

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*, SNI 06 – 2441 – 1991.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Daktilitas Bahan – bahan Aspal*, SNI 06 – 2432 – 1991.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal Dengan Cara A*, SNI 06 -2440 – 1991 (SK SNI M – 29 – 1990 – F).

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Penetrasi Aspal Revisi*, SNI 03 – 2456 – 1991.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Penetrasi Bahan – bahan Bitumen*, SNI 06 – 2456 – 1991.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat cincin dan Bola (Ring and Ball) Revisi*, SNI 06 – 2434 – 1991.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Cleve Land Open Cup*, SNI 06 – 2433 – 1991.

- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Berat Jenis Nyata Campuran Beraspal Dipadatkan Menggunakan Benda Uji Kering Permukaan Jenuh*, SNI 03 – 6767 – 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal*, SNI 03 – 6893 – 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*, SNI 06 – 2489 – 1991.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Analisis Saringan Bahan Pengisi untuk Perkerasan Jalan*, SNI 03 – 6884 – 2002 (PD M – 14 – 2002 – 03).
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Spesifikasi Bahan Pengisi untuk Campuran Beraspal*, SNI 03 – 6723 – 2002.
- Dr. Ir. H. Nur Ali, MT, dkk. 2013. *Analisis Indeks Durabilitas Campuran Beraspal Berbasis Asbuton Lawele*. Jurnal Teknik, Universitas Hassanuddin Makassar.
- Fauna Adibroto. 2014. *Studi Pemanfaatan Abu Tanah Liat Bakar Gunung Sarik Padan Sebagai Filler Pada Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) – WC*. Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang Kampus Limau Manis Padang.
- Mecky R.E. Manoppo. 2011. *Pemanfaatan Tras Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Panas HRS – WC*. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Sudarmadji, Hamdi. 2014. *Pengaruh Penggunaan Abu Vulkanik Sebagai Filler Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Asphatl Concrete – Wearing Course (AC – WC)*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 10 No. 2.

- Zulfikar, Sofyan M. Saleh, dkk. 2014. *Tinjauan Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Laston Lapis Aus (AC – WC)*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.
- Zulkifli, Herman Parung, dkk. 2009. *Kajian Laboratorium Limbah Marmer Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Antara (AC – BC)*. Jurnal Teknik Sipil.
- Zulkifli, Agus Zuliyanto. 2009. *Kajian Penggunaan Filler Abu Sekam Padi Untuk Menguji Durabilitas Laston*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 1 No. 2.
- AASHTO. 1990. *Standart Spesification fot Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing Materials 15th Edition* . AASHTO Publication : Washington.
- Asphalt Institute. 1985. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot – Mix Types 6th Edition*. Manual Series : Asphalt Institute.
- British Standard 594. *Hot Rolled Asphalt For Roads and Other Paved Areas, part I*. British Standard Institution: London.
- Laboratorium Bahan Konstruksi. 2002. *Buku Panduan Praktikum Bahan Jalan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan*. Institut Teknologi Nasional Malang : Malang.
- Silvia Sukirman. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit : Jakarta.

DOKUMENTASI



Gambar 1. Material Limbah Bata Merah Sebelum Ditumbuk Hingga Ukuran 200 Mesh



Gambar 2. Proses Pengayakan Untuk Mendapatkan Limbah Bata Merah Ukuran 200 Mesh



Gambar 3. Limbah Bata Merah yang Lolos Saringan No. 200



Gambar 4. Filler Bata Merah Dan Abu Batu Sebelum dimasukkan Ke Dalam Oven



Gambar 5. Pengambilan Material Agregat Kasar dan Sedang di PT. MRS Bululawang - Malang



Gambar 6. Agregat Halus dalam Kondisi SSD



Gambar 7. Proses Penimbangan Filler Limbah Bata Merah untuk Mencari Berat Jenis Filler



Gambar 8. Proses penimbangan agregat kasar



Gambar 9. Proses pencarian data untuk Uji Indeks Kepipihan



Gambar 10. Proses penimbangan agregat kasar dan silinder setelah dilakukan uji *Angularity Number*



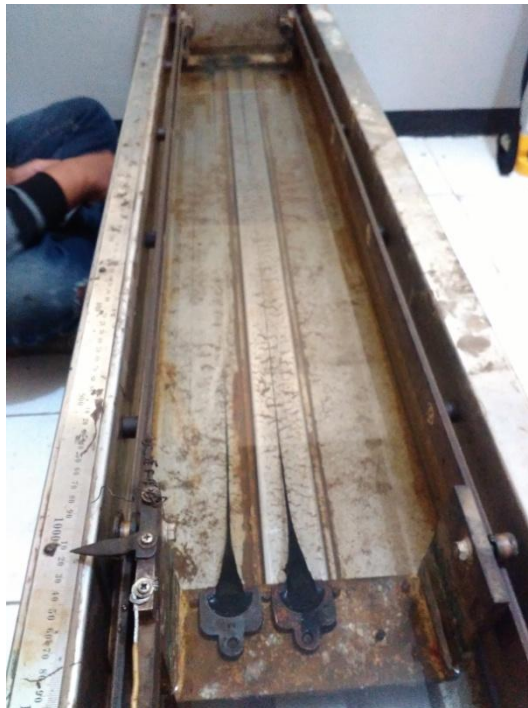
Gambar 11. Pengujian Impact Agregat Kasar yang dilakukan oleh bapak ilham untuk mendapatkan data



Gambar 12. Proses pemanasan aspal sebelum dituangkan kedalam cetakan oleh bapak kisut



Gambar 13. Aspal yang telah dituangkan kedalam cetakan



Gambar 14. Pengujian Daktilitas



Gambar 15. Proses Pengujian titik lembek aspal



Gambar 16. Proses pengujian penetrasi



Gambar 17. Oven untuk pengujian kehilangan berat (TFOT)



Gambar 18. Proses pembersihan alat cetakan yang telah digunakan



Gambar 19. Proses pemasakan beton aspal



Gambar 20. Beton aspal



Gambar 21. Pengukuran ketebalan dan diameter dari beton aspal AC – WC dengan menggunakan jangka sorong



Gambar 22. Beton aspal yang sedang ditimbang



Gambar 23. Beton aspal yang direndam selama 24 jam



Gambar 24. Pengambilan beton aspal dalam air untuk penimbangan berat dalam air (gram)



Gambar 25. Pengeringan hingga kondisi SSD pada beton aspal



Gambar 26. Beton aspal yang sedang direndam dalam water bath pada suhu 60°C selama 30 menit



Gambar 27. Pengujian marshall test



Gambar 28. Beton aspal yang telah selesai dilakukan pengujian



**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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS FILLER

Pekerjaan : Penelitian
Jenis Filler : Abu Batu

Kode			
Nomor Botol		I	II
Berat Botol + Filler (W_2)	gr	100.10	105.40
Berat Botol (W_1)	gr	40.30	39.10
Berat Filler ($W_2 - W_1$)	gr	59.80	66.30
Suhu (T)	°C	26	26
Berat Botol + Air pada T (W_4)	gr	140	138.8
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	199.80	205.10
Berat Botol + Air + Filler (W_3)	gr	177.40	180.60
Faktor Koreksi Suhu		0.9968	0.9968
Isi Filler ($W_2 - W_1$) + ($W_4 - W_3$)	cm ³	22.40	24.50
Berat Jenis Filler		2.661	2.697
Rata-rata		2.679	



**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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS FILLER

Pekerjaan : Penelitian
Jenis Filler : Limbah Bata Merah

Kode			
Nomor Botol		I	II
Berat Botol + Filler (W_2)	gr	81.00	83.10
Berat Botol (W_1)	gr	40.30	39.20
Berat Filler ($W_2 - W_1$)	gr	40.70	43.90
Suhu (T)	°C	26	26
Berat Botol + Air pada T (W_4)	gr	140	138.8
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	180.70	182.70
Berat Botol + Air + Filler (W_3)	gr	164.50	165.30
Faktor Koreksi Suhu		0.9968	0.9968
Isi Filler ($W_2 - W_1$) + ($W_4 - W_3$)	cm ³	16.20	17.40
Berat Jenis Filler		2.504	2.515
Rata-rata		2.510	



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam	: 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam	: 10.00 WIB	

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C		Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam	: 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 12.30 WIB	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25 °C		Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam	: 12.30 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 13.30 WIB	

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

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	67	69	70	71	73
Benda uji II	65	67	69	71	73
Rata-rata	69.50				

Catatan :

Rata-rata penetrasi = 69,50 (10^{-1} mm)
[Syarat : Minimum = 60 dan Maksimum = 79 (10^{-1} mm)]



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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 : 17.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 18.30 WIB	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam : 18.30 WIB	25 °C
	Selesai jam : 19.30 WIB	

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

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	60	63	63	67	67
Benda uji II	61	63	65	65	67
Rata-rata	64.10				

Catatan :

Rata-rata penetrasi setelah kehilangan berat = 64,10 (10^{-1} mm)
(92,23 % dari penetrasi sebelum kehilangan berat. Syarat : Minimum 75%)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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	: 08.50 WIB	
	Selesai jam	: 09.50 WIB	
Menuang contoh	Penuangan contoh		Pembacaan suhu menuang 140 °C
	Mulai jam	: 09.50 WIB	
	Selesai jam	: 10.00 WIB	
Kenaikan suhu contoh	Sampai 56 °C di bawah titik nyala		
	Mulai jam	: 11.00 WIB	15 °C per menit
	Selesai jam	: 11.30 WIB	
	antara 56 s/d 28 °C di bawah titik nyala		
	Mulai jam	: 11.30 WIB	5 °C s/d 6 °C per menit
	Selesai jam	: 11.38 WIB	
Titik nyala perkiraan = 320 °C			

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
56	11.30 WIB	264	
51	11.31 WIB	269	
46	11.32 WIB	274	
41	11.34 WIB	279	
36	11.34 WIB	284	
31	11.35 WIB	289	
26	11.36 WIB	294	
21	11.37 WIB	299	302 nyala
16	11.38 WIB	304	304 bakar
11			
6			
1			

Catatan :

Titik nyala = 302 °C, Titik bakar = 304 °C
(Syarat : Titik Nyala Minimal 200 °C)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5 °C	Pembacaan suhu es
	Mulai jam : 11.00 WIB	0 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam : 12.30 WIB	
	Selesai jam : 12.51 WIB	

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		12.30	12.30		
5		12.33	12.33		
10		12.37	12.37		
15		12.40	12.40		
20		12.42	12.42		
25		12.44	12.44		
30		12.45	12.45		
35		12.47	12.47		
40		12.49	12.49		
45		12.51	12.51	12,51 (49 °C)	12,51 (49 °C)

Catatan :

Titik lembek setelah kehilangan berat = 49 °C dalam 21 menit pemeriksaan
(Syarat : 48 - 58 °C)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 16.00 WIB	
	Selesai jam : 17.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5 °C	Pembacaan suhu es
	Mulai jam : 17.00 WIB	0 °C
	Selesai jam : 18.30 WIB	
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam : 18.30 WIB	
	Selesai jam : 14.00 WIB	

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		18.30	18.30		
5		18.38	18.38		
10		18.42	18.42		
15		18.45	18.45		
20		18.47	18.47		
25		18.49	18.49		
30		18.50	18.50		
35		18.52	18.52		
40		18.55	18.55		
45		18.56	18.56		
50		18.58	18.58		
55		18.59	18.59	18.59 (56 °C)	18.59 (57 °C)

Catatan :

Titik lembek setelah kehilangan berat = 56,5 °C dalam 29 menit pemeriksaan



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 12.30 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam : 13.00 WIB	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	

Catatan :

Daktilitas = > 100 cm
(Syarat : Minimum = 100 cm)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 16.00 WIB	
	Selesai jam : 17.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 17.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 18.30 WIB	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 18.30 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam : 19.00 WIB	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	

Catatan :

Daktilitas setelah kehilangan berat = > 100 cm
(Syarat : Minimum 75 % dari nilai uji daktilitas sebelum kehilangan berat)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	
Pemeriksaan Berat Jenis	Mulai jam : 12.30 WIB	Pembacaan suhu water bath
	Selesai jam : 12.40 WIB	25 °C

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	65.9	65.9
Berat piknometer	28.8	28.8
Berat air (= isi piknometer)	37.1	37.1
Berat piknometer + contoh	50.6	53.3
Berat piknometer	28.8	28.8
Berat contoh	21.8	24.5
Berat pikno + air + contoh	66.3	66.5
Berat piknometer + contoh	50.6	53.3
Berat air	16	13.2
Isi bitumen	21.4	23.9
Berat Jenis :		
Berat contoh	1.02	1.03
Berat air sebanyak isi bitumen		

Catatan :

Berat jenis = 1.025
(Syarat : Minimum = 1)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam	: 08.50 WIB	150 °C
	Selesai jam	: 10.00 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam	: 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam	: 11.00 WIB	
Pemeriksaan kehilangan berat pada 163°C	Mulai jam	: 11.00 WIB	Pembacaan suhu dlm contoh
	Selesai jam	: 16.00 WIB	163 °C

	Sampel I	Sampel II	Sampel III	Sampel IV
Berat cawan + aspal keras	69.6	69.4	69.7	
Berat cawan kosong	13.2	13.1	13	
Berat aspal keras	56.4	56.3	56.7	
Berat sebelum pemanasan	69.6	69.4	69.7	
Berat sesudah pemanasan	69.4	69.3	69.6	
Kehilangan berat	0.2	0.1	0.1	
Kehilangan berat dlm %	0.287	0.144	0.143	
Rata-rata (%)	0.192			

Catatan :

Kehilangan berat rata-rata = 0,192 %
(Syarat : Maksimum = 0,4 %)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

AGGREGATE IMPACT VALUE

AGREGAT 10-10

BS 812 : Part 3 : 1975

			I	II
(A)	Berat benda uji	gram	500.0	500.0
(B)	berat benda uji setelah tes dan lewat saringan # 2,36 mm BS	gram	40.1	44.4
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS	gram	458.4	454.6
	Aggregate Impact Value (AIV)	(%)	8.02	8.88
	Rata-rata Aggregate Impact Value	(%)	8.45	

Catatan :

Rata-rata Aggregate Impact Value = 8,45 %
(Maksimum 30%)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

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		
10	1845.4	53%
7	883.3	25.2%
4	474.6	14%
Berat benda uji	M1	3500 gram
Total berat tertahan di atas 5 %	M2	3203.3 gram
Total berat lolos pada tes flakiness dari M2	M3 F	296.7 gram
Flakiness Index	$\frac{M3F \times 100}{M2}$	9.26 %

Catatan :

Flakiness Index = 9,26 %
(maksimum 10 %)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

ANGULARITY NUMBER AGREGAT 10-10

BS 812 : Part 1 : 1975

Uraian		berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	3550
Berat silinder + air penuh	W2	6580
Berat air	C = W2 - W1	3030
Percobaan I		
Berat silinder + agregat	W3	8590
Berat agregat	W4 = W3 - W1	5040
Percobaan II		
Berat silinder + agregat 2	W5	8410
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4860
Percobaan III		
Berat silinder + agregat 3	W7	8500
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4950

$$\text{Angka Angularitas} = 67 - \frac{100 M}{C G a} = 7.14$$

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
(Angularity number berkisar 0-12)



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

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

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN BERAT ISI
AGREGAT 0-5
AASHTO T-19-74

Uraian	berat (gram)			
	I			
Berat silinder kosong	W1	3550		
Berat silinder + air penuh	W2	6580		
Berat air	C = W2 - W1	3030		
Agregat lepas				
Berat silinder + agregat 1	W3	8180	8200	8240
Berat agregat 1	W4 = W3 - W1	4630	4650	4690
Agregat padat dengan tusukan				
Berat silinder + agregat 2	W5	8560	8570	8600
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	5010	5020	5050
Agregat padat dengan goyangan				
Berat silinder + agregat 3	W7	8470	8450	8540
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4920	4900	4990

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	W _{4,6,8} = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
Berat isi agregat lepas	1.53	1.53	1.55
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.65	1.66	1.67
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.62	1.62	1.65

Catatan :
Rata-rata berat isi = 1.61



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

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

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN BERAT ISI
AGREGAT 10-10
 AASHTO T-19-74

Uraian	berat (gram)			
	I			
Berat silinder kosong	W1	7870		
Berat silinder + air penuh	W2	17860		
Berat air	C = W2 - W1	9990		
Agregat lepas				
Berat silinder + agregat	W3	22030	21840	22000
Berat agregat	W4 = W3 - W1	14160	13970	14130
Agregat padat dengan tusukan				
Berat silinder + agregat	W5	23450	23300	23520
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	15580	15430	15650
Agregat padat dengan goyangan				
Berat silinder + agregat 3	W7	23900	23420	23680
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	16030	15550	15810

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8}$ = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder
Berat isi agregat lepas	1.42 1.40 1.41
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.56 1.54 1.57
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.60 1.56 1.58

Catatan :
 Rata-rata berat isi = 1.52



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

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

Pekerjaan : Penelitian

ANALISA SARINGAN AGREGAT 0-5
AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
12.5 mm (1/2")	4.7	4.70	0.24	99.76
9.5 mm (3/8")	7.4	12.10	0.61	99.39
4.75 mm (No. 4)	58.5	70.60	3.54	96.46
2.36 mm (No. 8)	182.2	252.80	12.66	87.34
2 mm (No. 10)	184.9	437.70	21.92	78.08
1.18 mm (No. 16)	600.8	1038.50	52.02	47.98
0.71 mm (No. 25)	479.6	1518.10	76.04	23.96
0.6 mm (No. 30)	81.9	1600.00	80.14	19.86
0.425 mm (No. 40)	73.5	1673.50	83.82	16.18
0.28 mm (No. 50)	76.0	1749.50	87.63	12.37
0.15 mm (No. 100)	214.4	1963.90	98.37	1.63
0.075 mm (No. 200)	30.6	1994.50	99.90	0.10
p a n	2.0	1996.50	100.00	0.00
Total berat	1996.50			



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

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

Pekerjaan : Penelitian

ANALISA SARINGAN AGREGAT 5-10
AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
12.5 mm (1/2")	0.0	0.00	0.00	100.00
9.5 mm (3/8")	187.3	187.30	1.87	98.13
4.75 mm (No. 4)	7610.0	7797.30	77.74	22.26
2.36 mm (No. 8)	1814.0	9611.30	95.83	4.17
2 mm (No. 10)	139.0	9750.30	97.22	2.78
1.18 mm (No. 16)	96.8	9847.10	98.18	1.82
0.71 mm (No. 25)	21.7	9868.80	98.40	1.60
0.6 mm (No. 30)	4.6	9873.40	98.44	1.56
0.425 mm (No. 40)	7.2	9880.60	98.51	1.49
0.28 mm (No. 50)	5.1	9885.70	98.57	1.43
0.15 mm (No. 100)	30.7	9916.40	98.87	1.13
0.075 mm (No. 200)	103.2	10019.60	99.90	0.10
p a n	10.0	10029.60	100.00	0.00
Total berat	10029.60			



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

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

Pekerjaan : Penelitian

ANALISA SARINGAN AGREGAT 10-10
AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	23.7	23.70	0.12	99.88
12.5 mm (1/2")	4530.0	4553.70	22.85	77.15
9.5 mm (3/8")	11710.0	16263.70	81.61	18.39
4.75 mm (No. 4)	3510.0	19773.70	99.22	0.78
2.36 mm (No. 8)	86.6	19860.30	99.66	0.34
2 mm (No. 10)	10.3	19870.60	99.71	0.29
1.18 mm (No. 16)	6.9	19877.50	99.74	0.26
0.71 mm (No. 25)	3.5	19881.00	99.76	0.24
0.6 mm (No. 30)	2.5	19883.50	99.77	0.23
0.425 mm (No. 40)	1.5	19885.00	99.78	0.22
0.28 mm (No. 50)	2.6	19887.60	99.79	0.21
0.15 mm (No. 100)	10.3	19897.90	99.85	0.15
0.075 mm (No. 200)	5.0	19902.94	99.87	0.13
p a n	25.8	19928.74	100.00	0.00
Total berat	19928.74			



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

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

Pekerjaan : Penelitian

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN
AGREGAT 0-5
AASHTO T-84-81

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	496.90	496.90	496.90
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	665.90	663.50	664.70
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	B _t	981.10	979.70	980.40
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2.69	2.70	2.70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2.71	2.72	2.71
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.69	2.70	2.70
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	0.62%	0.62%	0.62%

Catatan :

Syarat : Berat jenis curah (bulk) Minimum = 2,5



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

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

Pekerjaan : Penelitian

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN
AGREGAT 05-10
AASHTO T-85-81

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	2920	2930	2925
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	3000	3000	3000
Berat contoh di dalam air	B _a	1887.2	1888.4	1887.8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.62	2.64	2.63
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.70	2.70	2.70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.83	2.81	2.82
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	2.74%	2.39%	2.56%

Catatan :

Syarat : Berat jenis curah (bulk) Minimum = 2,5



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

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

Pekerjaan : Penelitian

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN
AGREGAT 10-10
AASHTO T-85-81

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	4950	4930	4940
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B _a	3193.6	3186	3189.8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.74	2.72	2.73
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.77	2.76	2.76
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.82	2.83	2.82
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	1.01%	1.42%	1.21%

Catatan :

Syarat : Berat jenis curah (bulk) Minimum = 2,5



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

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

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT KASAR 10-10
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			
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")	2500			
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)				
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000			
Berat tertahan saringan no 12			4180		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	4101.5		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	17.97		%

Catatan :

Keausan = 17.97 % < 40 %

(Syarat : Maksimum Keausan Agregat pada 500 putaran sebesar 40 %)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Hoesung Sigom-gara 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : M. Shidiqul Aziz
NIM : 1321129
Hari / tanggal : Jumat, 4.08.2017

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Perbaikan pada Bab 1
- Beberapa Bab dan sub bab
- debet dan revisi

Aziz

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, 22.08 2017
Dosen Penguji

(Ir. Sudirman Indra, MSc)

Malang, 01 Agustus 2017
Dosen Penguji

(Ir. Sudirman Indra, MSc)



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

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG STRUKTUR

Nama : M. SHIDQUL ABIZ

NIM : 1321129

Hari / tanggal : JUM'AT , 4 AGUSTUS 2017

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

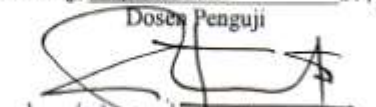
⊕ uji hipotesa y. melihat pengaruh yg. lebih kuat
filler abu batu atau bata merah

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

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

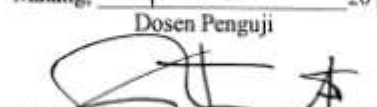
Malang, 21-08- 2017

Dosen Penguji


(Ir. Eding Istak Inanoto, MT)

Malang, 04-08- 2017

Dosen Penguji


(Ir. Eding Istak Inanoto, MT)



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

**FORM CATATAN PERBAIKAN SEMINAR HASIL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1**

Nama : M. SHIDQUL A212

NIM : 1321129

Judul : STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH BATA
MERAH SEBAGAI FILLER PADA BETON ASPAL
AC-WC

- Hm: Grafik
- Kriteria 2, 1, 2

Malang, 12 Juli 2017

Dosen Pembimbing,
(Pendamping)

Mohammad Erfan, ST, MT

Dosen Pembahas,

Ir. Sudirman Indra, MSc

Perbaikan Disetujui Dosen Pembahas,

Ir. Sudirman Indra, Msc

Perbaikan harus di selesaikan dan di setujui oleh Dosen Pembahas Selambat-lambatnya 14 hari sejak pelaksanaan Seminar Hasil.



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

FORM CATATAN PERBAIKAN SEMINAR HASIL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1

Nama : M. SHIDGUL AZIZ

NIM : 1321129

Judul : STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH BATA
MERAH SEBAGAI FILLER PADA BETON ASPAL
AC-UC

- Alasan 20 variasi limbah bata merah
- penelitian terdahulu yg. pakai limbah bata merah ✓
- Bab II → tinjauan pustaka filler
 - ↳ abutah (AB) ✓
 - ↳ bata merah (BM) ✓
 - ↳ lainnya ✓
- Rumusan Masalah : 3). perbandingan AB vs. BM ✓
- Bab III : pembahasan perbandingan AB vs. BM ✓
- Kesimpulan : 3) ✓

tersebut filler dari beton apa... ?

Malang, 12 Juli 2017

Dosen Pembimbing,
(Pendamping)

M. Erfan, ST, MT

Dosen Pembahas,

Ir. Eding Iskak, MT

Perbaikan Disetujui Dosen Pembahas,

Ir. Eding Iskak, MT

24/07/17

Perbaikan harus di selesaikan dan di setujui oleh Dosen Pembahas Selambat-lambatnya 14 hari sejak pelaksanaan Seminar Hasil.



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

KAMPUS I : Jln. Bendungan Sigura-gura No. 02 Telp. (0341) 551431 ex.230 MALANG
KAMPUS II : Jln. Raya Karanglo, Km. 2 Telp. (0341) 417636 MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Skripsi

NAMA : M. Shidqul Aziz
NIM : 13.21.129
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	27/5 - 17	- 2d persiapan materi: bab literatur - 2d persiapan masalah. - Setor gbr debut, no gbr. - Lembaran.	
2	2/6 - 17	- Persiapan lembaran - Lembaran grafik hasil mesin penelitian	
3	8/6 - 17	- 2d pembuatan grafik tunggal lembaran grafik gabungan untuk diambil kesimpulan.	
4	14/6 - 17	- Kesimpulan ak. Saran tambahan - Daftar referensi hasil	



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

KAMPUS I : Jln. Bendungan Sigura- gura No. 02 Telp. (0341) 551431 ex.230 MALANG
KAMPUS II : Jln. Raya Karanglo, Km. 2 Telp. (0341) 417636 MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Skripsi

NAMA : M. Shidqui Aziz
NIM : 13.21.129
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
5	25/12-17	ase him ujian skripsi	



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

KAMPUS I : Jln. Bendungan Sigura-gura No. 02 Telp. (0341) 551431 ex.230 MALANG
KAMPUS II : Jln. Raya Karanglo, Km. 2 Telp. (0341) 417636 MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Skripsi

NAMA : M. Shidqul Aziz
NIM : 13.21.129
Dosen Pembimbing : M~~o~~hammad Erfan, ST, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	21/03 2017	- cek nilai stabilitas / grafik stabilitas! - Buat tabel Hasil rata-rata / Syarat Oke optimum 6%	
	27/03 2017	- lengkapi' hitung - di tabel! - pelafian' perhit. yg ada di tabel!	
	05/04 2017	- lanjut!	
	02/04 2017	- cek sumber persyaratan! lanjut!	
	02/06 2017	- isi' matriks dan revisi seminar! - lanjut!	
	08/06 2017	- Buat tabel hasil uji Marshall 30 menit vs 24 jam! - Buat grafik diatas!	



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

KAMPUS I : Jln. Bendungan Sigura-guru No. 02 Telp. (0341) 551431 ex.230 MALANG
KAMPUS II : Jln. Raya Karanglo, Km. 2 Telp. (0341) 417636 MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Skripsi

NAMA : M. Shidqui Aziz
NIM : 13.21.129
Dosen Pembimbing : Mohammad Erfan, ST, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	16/06 2017	Laporan ok! Lampiran sudah!	
	26/07 2017	- buat tabel hasil akhir antara hitung normal vs hitung dg tabel normal - Pelajar?	
	27/07 2017	- Cup. Asal	



LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : M. SHIDQUL AZIZ
NIM : 132129
Program Studi : TEKNIK SIPIL SI
Judul Penelitian : STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH BATA
MERAH SEBAGAI FILLER PADA BETON ASPAL AC-WC
Dosen Pembimbing : MUHAMMAD ERFAN, ST, MT / T. A. AGUS SANTOSA, M
Alamat : JL. BOGANGIN BARU BLOK C NO. 121, SURABAYA
No. Telp. / HP : 089619983942

Adalah mahasiswa/i yang melaksanakan penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi ITN Malang. Kami bersedia mentaati peraturan di laboratorium dan membayar biaya pemeliharaan laboratorium sebesar Rp. 500.000,- (lima ratus ribu rupiah). Apabila terjadi kerusakan atau kehilangan alat yang kami gunakan, maka kami bersedia memperbaiki atau menggantinya.


Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya, dengan sadar, tanpa ada paksaan dari pihak terkait.

Mengetahui,
Laboratorium Bahan Konstruksi


Muhammad Erfan, ST, MT
NIP. 1031500508



Malang, _____
Yang membuat pernyataan,


M. SHIDQUL AZIZ



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigirigoro No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553010 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km.2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-1163/ I/ PS/21/2017 27 Februari 2017
Lampiran : -
Perihal : **Bimbingan Proposal dan Skripsi**
Kepada Yth : **Bpk Ir. A. Agus Santosa.,M.T.** Dosen Institut Teknologi Nasional
Malang

Di -

MALANG

Dengan Hormat,

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

Nama : **M.Shidqul Aziz**
Nim : **13.21.129**
Prodi : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat Membimbing Proposal dan Skripsi dan mendampingi Seminar Proposal dan Skripsi dengan judul : " **Studi Penelitian Abu Bata Merah Sebagai Filler Pada Beton Aspal Ac-Wc** "

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen Pembimbing Proposal dan Skripsi. Waktu penyelesaian Proposal dan skripsi tersebut **1/15 September 2017**. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya. Proses bimbingan dilakukan minimal 1 (satu) kali dalam 1 (satu) minggu bertempat di Studio Skripsi Program Studi Teknik Sipil

Demikian atas perhatiannya di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)



Ir. A. Agus Santosa, MT
NIP. Y. 101 87 00 155

Tembusan Kepada Yth :

1. Wakil Dekan I FTSP.
2. Arsip.



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

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

Nomor : ITN-1164/ I/ PS/21/2017 27 Februari 2017
Lampiran : -
Perihal : **Bimbingan Proposal dan Skripsi**
Kepada Yth : **Bpk Muh. Erfan.,S.T.,M.T.** Dosen Institut Teknologi Nasional Malang
Di -

MALANG

Dengan Hormat,

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


Nama : **M.Shidqul Aziz**
Nim : **13.21.129**
Prodi : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat Membimbing Proposal dan Skripsi dan mendampingi Seminar Proposal dan Skripsi dengan judul : "**Studi Penelitian Abu Bata Merah Sebagai Filler Pada Beton Aspal Ac-Wc "**

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen Pembimbing Proposal dan Skripsi. Waktu penyelesaian Proposal dan skripsi tersebut **1/4 15 September 2017**. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya. Proses bimbingan dilakukan minimal 1 (satu) kali dalam 1 (satu) minggu bertempat di Studio Skripsi Program Studi Teknik Sipil

Demikian atas perhatiannya di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)


Ir. A. Agus Santosa, MT
NIP. Y. 101 87 00 155

Tembusan Kepada Yth :

1. Wakil Dekan I FTSP.
2. Arsip.

