

TUGAS AKHIR

**KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN
ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)
DENGAN MENGGUNAKAN FILLER LIMBAH
BETON
(MARSHALL CHARACTERISTICS OF ASPHALT
CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) MIXES
USING WASTED CONCRETE AS FILLER)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Fauzi Ardiawan Nugraha
12511366**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN
ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)
DENGAN MENGGUNAKAN FILLER LIMBAH
BETON
(MARSHALL CHARACTERISTICS OF ASPHALT
CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) MIXES
USING WASTED CONCRETE AS FILLER)**

Di susun oleh :

Fauzi Ardiawan Nugraha
12511366

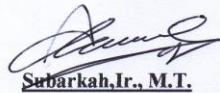
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
oleh Dewan Penguji

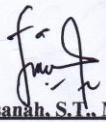


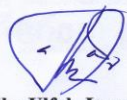
Pembimbing

Penguji I

Penguji II



Subarkah, Ir., M.T.


Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.


Atika Ulfah Jamal, S.T.,
M.Eng., M.T.

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil




Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti., M.T.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 31 Januari 2019

Yang membuat pernyataan,



Fauzi Ardiawan Nugraha

(12511366)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir tentang Karakteristik *Marshall* pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan Menggunakan *Filler* Limbah Beton.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Ir. Subarkah, M.T. selaku dosen pembimbing.
2. Ibu Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji,
3. Ibu Atika Ulfah Jamal, S.T., M.Eng., M.T. selaku dosen penguji,
4. Pak Kamto dan Pak Pranoto, selaku karyawan Laboratorium Jalan Raya,
5. Semua pihak yang ikut mendukung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan, dukungan, kerjasama, bimbingan, dan doa dari semua pihak yang disebutkan diatas. Maka dari itu penulis haturkan terima kasih dan doa yang penulis panjatkan kiranya ALLAH SWT berkenan membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Akhirnyapenulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak serta bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarokatuh

Yogyakarta, Februari 2019

Penulis,



Fauzi Ardiawan Nugraha

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
ABSTRAK	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	4
1.4 BATASAN PENELITIAN	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 KONSTRUKSI JALAN RAYA	6
2.2 AGREGAT	6
2.3 <i>FILLER</i>	8
2.4 ASPAL	9
2.5 PENELITIAN TERDAHULU	10
2.6 PERBANDINGAN PENELITIAN	12
BAB III	14
LANDASAN TEORI	14
3.1 DEFINISI PERKERASAN JALAN	14
3.2 FUNGSI PERKERASAN	15
3.3 TIPE-TIPE PERKERASAN	15

3.3.1	Perkerasan Lentur	16
3.3.2	Perkerasan Kaku	16
3.4	MATERIAL KONSTRUKSI PERKERASAN	16
3.4.1	Agregat	16
3.4.2	Aspal	18
3.5	KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL	21
3.6	METODE <i>MARSHALL</i>	22
3.7	<i>IMMERSION TEST</i>	25
3.8	<i>INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST</i>	26
BAB IV		28
METODE PENELITIAN		28
4.1	METODE PENELITIAN	28
4.2	METODE PENGAMBILAN SAMPEL	28
4.3	METODE PENGAMBILAN DATA	29
4.4	TAHAPAN PENELITIAN	29
4.4.1	Pemeriksaan Bahan	30
4.4.2	Persiapan Alat	32
4.4.3	Perencanaan Campuran	33
4.5	PENGUJIAN YANG DILAKUKAN	35
4.5.1	PENGUJIAN <i>MARSHALL</i>	35
4.5.2	PENGUJIAN <i>IMMERSION</i>	36
4.5.3	PENGUJIAN <i>INDIRECT TENSILE STRENGTH</i>	36
4.6	ANALISIS DATA	37
4.7	BENDA UJI	41
4.8	BAGAN ALIR PENELITIAN	43
BAB V		45
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		45
5.1	HASIL PENELITIAN	45
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	45
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	45

5.1.3	Hasil Perhitungan Campuran <i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i> untuk Menentukan KAO	46
5.2	PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA CAMPURAN (AC-WC) <i>ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE</i>	48
5.3	PEMBAHASAN	52
5.3.1	Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal	52
5.3.2	Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Kasar	54
5.3.3	Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Halus	55
5.3.4	Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> Standar	56
5.3.5	Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum	70
5.3.6	Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>ImmersionTest</i>	78
5.3.7	Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>Indirect Tensile Strength Test</i>	80
	BAB VI	82
	SIMPULAN DAN SARAN	82
6.1	KESIMPULAN	82
6.2	SARAN	83
	DAFTAR PUSTAKA	84
	LAMPIRAN 1	85

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Gradasi Rencana	34
Tabel 4.2 Jumlah benda uji untuk mencari nilai KAO	41
Tabel 4.3 Jumlah benda uji berdasarkan KAO	42
Tabel 5.1 Hasil pengujian AC 60/70	45
Tabel 5.2 Hasil pengujian agregat kasar Clereng	46
Tabel 5.3 Hasil pengujian agregat halus Clereng	46
Tabel 5.4 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan menggunakan proporsi campuran 0% <i>filler</i> Limbah Beton dan <i>Filler</i> Clereng 100% (v1)	47
Tabel 5. 5 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan menggunakan proporsi campuran 25% <i>filler</i> Limbah Beton dan 75% <i>Filler</i> Clereng (v2)	47
Tabel 5.6 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan menggunakan proporsi campuran 50% <i>filler</i> Limbah Beton dan50% <i>Filler</i> Clereng(v3)	47
Tabel 5.7 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan menggunakan proporsi campuran 75% <i>filler</i> Limbah Beton dan 25% <i>Filler</i> Clereng (v4)	48
Tabel 5.8 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan menggunakan proporsi campuran 100% <i>filler</i> Limbah Beton dan 0% <i>Filler</i> Clereng (v5)	48
Tabel 5.9 Hasil rekapitulasi kadar aspal optimum	51
Tabel 5. 10 Nilai stabilitas dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng	57
Tabel 5. 11 Nilai <i>Flow</i> dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng	60
Tabel 5. 12 Nilai <i>marshall quotient</i> dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng	61
Tabel 5.13 Nilai <i>VITM</i> dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng	63
Tabel 5. 14 Nilai <i>VFWA</i> dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng	66
Tabel 5. 15 Nilai <i>VMA</i> dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng	68
Tabel 5. 16 Nilai <i>Density</i> dengan proporsi campuran Limbah Betondan Clereng	69
Tabel 5. 17 Rancangan gradasi campuran pada nilai KAO	71
Tabel 5. 18 Hasil Rekapitulasi Karakteristik <i>Marshall</i> pada KAO	78

Tabel 5. 19 Hasil pengujian *Indirect Tensile Test* terhadap variasi proporsi *filler*
Limbah Beton pada KAO 80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian (1 dari 2)	43
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian (2 dari 2)	44
Gambar 5.1	Grafik Perhitungan KAO 0% Limbah Beton dan 100% Clereng	49
Gambar 5.2	Grafik Perhitungan KAO 25% Limbah Beton dan 75% Clereng	49
Gambar 5.3	Grafik Perhitungan KAO 50% Limbah Beton dan 50% Clereng	50
Gambar 5.4	Grafik Perhitungan KAO 75% Limbah Beton dan 25% Clereng	50
Gambar 5.5	Grafik Perhitungan KAO 100% Limbah Beton dan 0% Clereng	50
Gambar 5.6	Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan stabilitas	58
Gambar 5.7	Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan <i>Flow</i>	60
Gambar 5.8	Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan <i>marshall quotient</i>	62
Gambar 5.9	Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan <i>VITM</i>	63
Gambar 5.10	Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan <i>VFWA</i>	66
Gambar 5.11	Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan <i>VMA</i>	68
Gambar 5.12	Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan <i>Density</i>	70
Gambar 5.13	Grafik hubungan antara variasi proporsi <i>filler</i> Limbah Beton dengan nilai stabilitas	71
Gambar 5.14	Grafik hubungan antara variasi proporsi <i>filler</i> Clereng dengan nilai <i>flow</i>	72
Gambar 5.15	Grafik hubungan antara variasi proporsi <i>filler</i> Limbah Beton dengan nilai <i>marshall quotient</i>	73
Gambar 5.16	Grafik hubungan antara variasi proporsi <i>filler</i> Limbah Beton dengan nilai <i>VITM</i>	74
Gambar 5.17	Grafik hubungan antara variasi proporsi <i>filler</i> limbah beto dengan nilai <i>VFWA</i>	75
Gambar 5. 18	Grafik hubungan antara variasi proporsi <i>filler</i> Limbah Beton dengan nilai <i>VMA</i>	76
Gambar 5. 19	Grafik hubungan antara variasi proporsi <i>filler</i> Limbah Beton dengan nilai <i>Density</i>	77

Gambar 5.20 Hubungan persentase campuran <i>filler</i> Limbah Betondengan stabilitas terhadap waktu perendaman	79
Gambar 5.21 Hubungan Persentase Campuran <i>filler</i> Limbah Beton dengan <i>Indirect Tensile Strength</i>	80

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal	86
Lampiran 2. Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan	87
Lampiran 3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	88
Lampiran 4. Pemeriksaan Daktilitas (<i>Ductility</i>) / Residue	89
Lampiran 5. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	90
Lampiran 6. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	91
Lampiran 7. Pemeriksaan kelarutan Aspal dalam CCL ₄ / TCE	92
Lampiran 8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	93
Lampiran 9. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	94
Lampiran 10. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Clereng Terhadap Aspal	95
Lampiran 11. Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	96
Lampiran 12. Pemeriksaan Keausan Agregat Clereng (<i>Abrasi Test</i>)	97
Lampiran 13. Hasil Pengujian <i>MARSHALL</i> Variasi 1 (0% Limbah Beton : 100% Clereng)	98
Lampiran 14. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 1 (0% Limbah Beton : 100% Clereng)	99
Lampiran 15. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 1 (0% Limbah Beton: 100% Clereng)	100
Lampiran 16. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 1 (0% Limbah Beton : 100% Clereng)	101
Lampiran 17. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 1 (0% Limbah Beton : 100% Clereng)	102
Lampiran 18. Hasil Pengujian <i>MARSHALL</i> Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)	103
Lampiran 19. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)	104
Lampiran 20. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)	105
Lampiran 21. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)	106
Lampiran 22. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)	107
Lampiran 23. Hasil pengujian <i>MARSHALL</i> variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)	108
Lampiran 24. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)	109

Lampiran 25. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)	110
Lampiran 26. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)	111
Lampiran 27. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)	112
Lampiran 28. Hasil Pengujian <i>MARSHALL</i> Variasi 4 (75% Limbah Beton : 25% Clereng)	113
Lampiran 29. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 4 (75% Limbah Beton : 25% Clereng)	114
Lampiran 30. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 4 (75% Limbah Beton : 25% Clereng)	115
Lampiran 31. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 4 (75% Limbah Beton : 25% Clereng)	116
Lampiran 32. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 4 (75% Limbah Beton: 25% Clereng)	117
Lampiran 33. Hasil Pengujian <i>MARSHALL</i> Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)	118
Lampiran 34. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)	119
Lampiran 35. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)	120
Lampiran 36. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)	121
Lampiran 37. Grafik <i>MARSHALL</i> Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)	122
Lampiran 38. Hasil Pengujian <i>ImmersionTest</i> Variasi 1 (0% Limbah Beton: 100% Clereng)	123
Lampiran 39. Hasil Pengujian <i>ImmersionTest</i> Variasi 2 (25% Limbah Beton: 75% Clereng)	124
Lampiran 40. Hasil Pengujian <i>ImmersionTest</i> Variasi 3 (50% Limbah Beton: 50% Clereng)	125
Lampiran 41. Hasil Pengujian <i>ImmersionTest</i> Variasi 4 (25% Limbah Beton: 75% Clereng)	126
Lampiran 42. Hasil Pengujian <i>ImmersionTest</i> Variasi 5 (100% Lim: 0% Clereng)	127
Lampiran 43. Hasil Pengujian <i>Indirect tensile Strenth Test</i>	1

DAFTAR NOTASI

- a : persentase aspal terhadap batuan (%)
- b : persentase aspal terhadap campuran (%)
- c : berat kering sebelum direndam
- d : berat basah jenuh (*SSD*)
- e : berat didalam air
- f : volume benda uji (cc)
- g : berat isi sampel (gr/cc)
- h : berat jenis maksimum teoritis campuran
- i : persen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal (%)
- j : persentase hasil pengurangan 100 dengan persentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)
- k : jumlah kandungan rongga (%)
- l : rongga terhadap agregat (*VMA*) (%)
- m : rongga terisi aspal (*VFWA*) (%)
- n : rongga dalam campuran (*VITM*) (%)
- o : nilai pembacaan arloji stabilitas
- p : nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengna kalibrasi *proving ring*
- q : stabilitas (kg)
- r : *Flow* (mm)
- s : tebal benda uji (cm)

DAFTAR ISTILAH

Agregat	: sekumpulan butiran batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, yang berasal dari alam atau buatan.
Agregat Halus	: bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm).
Agregat Kasar	: agregat yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm).
Aspal	: material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur berbentuk padat sampai agak padat.
Bahan Pengisi / <i>Filler</i>	: butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
Gradasi Agregat	: distribusi ukuran butiran agregat atau pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda.
<i>Marshall Test</i>	: menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (<i>flow</i>) dari suatu campuran aspal.
Stabilitas	: kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun <i>bleeding</i> .
Durabilitas	: kemampuan lapisan perkerasan menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.
Fleksibilitas	: kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
<i>Skid Resistance</i>	: tahanan geser, kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik waktu hujan atau waktu kering.

<i>Fatigue Resistance</i>	: ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur (<i>ruting</i>) dan retak.
<i>Workability</i>	: kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehinggadiperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang di harapkan.
<i>Flow</i>	: besarnya deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat beban yang diterima.
<i>VMA</i>	: rongga udara antar butiran agregat dalam campuran aspal beton.
<i>VITM</i>	: persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan.
<i>VFWA</i>	: persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal.
<i>Marshall Quotient</i>	: perbandingan antara stabilitas dengan nilai <i>Flow</i> .
<i>Immersion Test</i>	: pengujian campuran aspal yang bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat dari perubahan air, suhu, dan cuaca.
<i>Index of Retained Strength</i>	: persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam dibandingkan dengan stabilitas campuran 0,5 jam.
<i>Indirect Tensile Strength</i>	: pengujian untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima gaya tarik.
<i>Density</i>	: nilai yang menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan.
<i>Bleeding</i>	: naiknya aspal ke permukaan.

ABSTRAK

Bahan pengisi (*filler*) adalah agregat yang lolos pada saringan no.200 pada campuran aspal panas. *Filler* bertujuan untuk meningkatkan kerapatan dan stabilitas massa campuran. Mineral pengisi (*filler*) di dalam campuran aspal panas konstruksi bangunan jalan, bukan hanya mengisi celah/ rongga diantara agregat, tapi juga untuk meningkatkan kestabilan dari aspal dan apabila dicampur dalam jumlah yang tepat dapat mengurangi kekakuan campuran aspal panas dalam cuaca. Bahan pengisi yang digunakan dalam perkerasan pada umumnya adalah debu batu atau semen. Harga yang cukup tinggi menjadi salah satu faktor untuk mencari inovasi baru memanfaatkan limbah di lapangan. Mengingat pentingnya kegunaan *filler* pada campuran maka perlu dilakukan inovasi bahan pengganti *filler*. Salah satunya dengan memanfaatkan Limbah Beton. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kelayakan Limbah Beton sebagai pengganti *filler* pada campuran ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) dengan melihat karakteristik *Marshall*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Immersion*.

Penelitian dilakukan 4 tahap, yaitu tahap pertama pengujian sifat material yang terdiri dari pengujian agregat, aspal dan *filler* Limbah Beton. Tahap kedua menentukan kadar aspal optimum pada proporsi *filler* pengganti 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% *filler* Limbah Beton. Tahap ketiga melakukan uji *Marshall*, uji *Immersion*, dan uji *Indirect Tensile Strength*. Tahap keempat dengan metode bina marga tahun 2013 dilakukan analisis, pembahasan, dan pengambilan kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa campuran mengalami perubahan karakteristik *Marshall* cukup signifikan yaitu pada kemampuan campuran menahan beban semakin meningkat dan kelelahan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada nilai stabilitas mengalami peningkatan, *flow* mengalami penurunan, nilai *MQ* mengalami kenaikan, *VITM* mengalami penurunan, *density* mengalami peningkatan, *VFWA* mengalami peningkatan dan *VMA* mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa keawetan (*durability*) semakin meningkat. Kemampuan menahan gaya tarik (*Indirect Tensile Strength*) campuran ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE(AC-WC) seiring peningkatan proporsi *filler* Limbah Beton .

Kata Kunci : ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE(AC-WC), *Filler* Limbah Beton, Karakteristik *Marshall*, *Indirect Tensile Strength*, *Immersion*.

ABSTRACT

The filler is the aggregate that passes in filter No. 200 in the hot asphalt mixture. Filler aims to increase the density and stability of the mixed mass. Mineral fillers in the hot asphalt mixture of road building construction, not only fill the gap / cavity between the aggregates, but also to increase the stability of the asphalt and when mixed in the right amount can reduce the stiffness of the hot asphalt mixture in the weather. The fillers used in pavement are generally stone dust or cement. The high price is one factor to look for new innovations to utilize waste in the field. Given the importance of the use of fillers in the mixture, it is necessary to innovate filler fillers. One of them is by utilizing Concrete Waste. The purpose of this study was to determine the feasibility of Concrete Waste as a filler substitute in the mixture of ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) by looking at the characteristics of Marshall, Indirect Tensile Strength, and Immersion.

The research was carried out in 4 stages, namely the first stage of testing material properties which consisted of testing aggregates, asphalt and Concrete Waste fillers. The second stage determines the optimum bitumen content in the proportion of fillers substituting 0%, 25%, 50%, 75% and 100% Concrete Waste fillers. The third stage carries out the Marshall test, the Immersion test, and the Indirect Tensile Strength test. The fourth stage with the 2013 bina marga method carried out an analysis, discussion and conclusion from the results of the tests that had been carried out.

The Marshall test results show that the mixture undergoes significant changes in Marshall characteristics, namely the ability of the mixture to hold the load increasing and the melting decreases. This can be seen in the value of stability having increased, flow has decreased, MQ has increased, VITM has decreased, density has increased, VFWA has increased and VMA has decreased. This shows that durability (durability) is increasing. The ability to resist a mixture of Indirect Tensile Strength ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) along with the increase in the proportion of Concrete Waste filler.

Keywords: ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC), Concrete Waste Filler, Marshall Characteristics, Indirect Tensile Strength, Immersion.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dewasa ini perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat. Seiring dengan tingginya laju pertumbuhan ekonomi hal mengakibatkan peningkatan mobilitas penduduk. Sehingga muncul banyak terjadinya mobilisasi yang terjadi di jalan raya. Salah satu prasarana transportasi adalah jalan raya yang merupakan kebutuhan pokok dalam kegiatan masyarakat.

Sistem transportasi merupakan salah satu elemen-elemen penting dalam pembangunan negara. Umumnya, sistem transportasi yang disediakan lengkap dengan layanan keamanan, kenyamanan dan sistematis untuk menghubungkan satu area ke area yang lain. Salah satu layanan dasar ialah kemampuan untuk mencapai umur desain dari suatu jalan. Kemampuan jalan tersebut harus memiliki ketebalan yang cukup untuk menampung tekanan dari beban di permukaan, selain melindungi subgrade dari kerusakan. Oleh karena itu, desain campuran beraspal yang digunakan sangat penting dalam memastikan campuran beraspal yang efektif dan mampu untuk mengatasi kemungkinan efek kerusakan dari beban yang dikenakan ke atasnya. Konstruksi jalan raya memerlukan biaya investasi yang besar. Sehingga sebuah teknik desain yang tepat, serta kinerja yang dapat diandalkan akan menghasilkan kinerja pelayanan jalan raya yang ingin di capai. Dua hal utama dalam pertimbangan ini ialah desain perkerasan dan desain campuran.

Campuran beraspal lapis aspal beton (*Laston*) atau umumnya dikenal sebagai aspal beton adalah salah satu konstruksi perkerasan lentur di lapisan permukaan (*surface course*). Jenis campuran beraspal ini merupakan campuran yang terdiri dari aspal dan agregat dengan gradasi menerus yang dicampur, dihampar lalu dipadatkan dalam keadaan panas. Campuran agregat tersebut terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Material yang umum digunakan sebagai *filler* pada penyusunan campuran beraspal adalah

semen *portland*, kapur, abu batu dan abu terbang (*Fly Ash*) yang mana persediaannya terbatas serta harga yang relatif mahal. Oleh sebab itu perlu ditemukan alternatif pemanfaatan bahan – bahan lain dengan memanfaatkan potensi daerah setempat. Alternatif pemanfaatan tersebut antara lain dengan menggunakan material dari limbah industri yang persediaannya relatif banyak serta belum dikelola dengan baik. Alternatif itu antara lain penggunaan limbah pengecoran beton pra cetak yang merupakan limbah industri dari pabrik Wijaya Karya Beton.

Untuk menunjang kegiatan operasionalnya, salah satu industri pembuatan beton pracetak yang ada di Boyolali, Jawa Tengah. Beton pracetak terdiri atas material agregat halus maupun kasar, material perekat agregat (semen *portland*) kemudian sering ditambahkan zat aditif untuk menambah kekuatan ataupun mempercepat usia beton itu sendiri. Proses pencampuran material dilakukan berdasarkan kuat desak rencana atau dengan persyaratan yang telah ditentukan kemudian material yang telah tercampur ini di tuangkan ke *bekesting* yang telah disiapkan pada proses ini ada material yang tidak terpakai. dari Limbah Beton tersebut mendapatkan 35% *filler* dengan menggunakan cara analisis saringan untuk itu dari segi ekonomi atau layak untuk digunakan di industri. *Filler* ini bisa digunakan sebagai bahan penyusun aspal beton bahan yang lain yang tidak digunakan untuk inovasi produk lain seperti campuran batako.

Prinsip dari kajian ini adalah 2 memanfaatkan material Limbah Beton yang sudah tidak digunakan untuk diolah dan ditambah bahan additive sehingga dapat dipergunakan kembali dengan nilai struktur yang lebih tinggi. untuk menggunakan dan memproses bahan limbah tidak memiliki nilai guna menjadi bahan *filler* aspal beton.

Tabel 1.1 Kandungan Kimia Limbah Beton

No	Unsur Kimia	Kandungan (%)
1	Kalsium (Ca)	98,39
2	Besi (Fe)	0,13
3	Cobalt (Co)	0,11
4	Tembaga (Cu)	0,045
5	Molybdenium (Mo)	0,32
6	Samarium (Sm)	0,32
7	Erbium	0,10
8	Ytterbium	0,76
Jumlah		100

Sumber : Pengujian PT.Wijaya Karya Beton

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut ini.

1. Apakah *filler* yang berasal dari Limbah Beton berpengaruh dan layak digunakan sebagai pengganti Bahan Pengisi (*filler*) pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dan sesuai dengan Bina Marga 2010?
2. Berapa persentase kadar aspal optimum (KAO) pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*?
3. Bagaimana pengaruh bahan pengisi (*filler*) Limbah Beton terhadap sifat-sifat dan karakteristik *Marshall Test* dan *Imersion Test* pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan bahan pengisi (*filler*) Limbah Beton sebagai pengganti bahan pengisi (*filler*) terhadap kuat tarik dengan pengujian *Indirect Tensile Test*?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh bahan pengisi yang berasal dari Limbah Beton, dan kelayakan digunakan sebagai pengganti agregat halus pada campuran *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* sesuai dengan Bina Marga 2010.
2. Untuk mengetahui persentase KAO (kadar aspal optimum) pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*.
3. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan bahan pengisi (*filler*) Limbah Beton sebagai pengganti *filler* clereng terhadap karakteristik *Marshall Test* dan *Immersion Test* pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*.
4. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *filler* Limbah Beton sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tarik dengan pengujian *Indirect Tensile Strength Test*.

1.4 BATASAN PENELITIAN

Yang menjadi batasan masalah pada penelitian ini, adalah sebagai berikut.

1. spesifikasi campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* mengacu pada Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 revisi 3 (BM 2010),
2. pengujian dilakukan pada benda uji berupa *Marshall* Standar yang meliputi : *Density*, *VITM (Void In Total Mix)*, *VFWA (Volume of voids Filled with Asphalt)*, *VMA (Void in the Mineral Agregate)*, *Stabilitas*, *MQ (Marshall Quetient)*, dan *Flow*,
3. pengujian dilakukan pada benda uji berupa *Marshall*, *Immersion*, dan *Indirect Tensile Strength*,
4. persyaratan agregat dan aspal mengacu pada Bina Marga 2010, dengan variasi agregat yang direncanakan yaitu :
 - a. 100% *filler* clereng : 0% *filler* Limbah Beton,
 - a. 75% *filler* clereng : 25% *filler* Limbah Beton,
 - b. 50% *filler* clereng : 50% *filler* Limbah Beton,

- c. 25% *filler* clereng : 75% *filler* Limbah Beton, dan
 - d. 0% *filler* clereng : 100 % *filler* Limbah Beton.
5. material yang digunakan adalah batu Clereng untuk agergat kasar yang diambil dari Kulon progo,
 6. agergat halus yang digunakan berupa pasir Clereng dari Kulon progo,
 7. bahan pengikat yang digunakan adalah aspal pertamina pen 60/70,
 8. kadar aspal yang digunakan adalah kadar aspal rencana, dan
 9. spesifikasi yang digunakan adalah Bina Marga 2010 dengan jenis perkerasan lentur *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* bergradasi rapat, dengan no. saringan 8,16,30,50,100,200,PAN.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. dapat digunakan sebagai referensi dalam menentukan bahan dan metode yang digunakan untuk campuran aspal, dan
2. menambah pengetahuan yang mendalam tentang perbandingan material *filler* Clereng Kulon Progo dan *filler* Limbah Beton sebagai pengganti agergat halus pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*.
3. menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang akan membahas masalah penggunaan material *filler* Limbah Beton untuk mencapai mutu campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang lebih baik.
4. untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan pengisi Limbah Beton sebagai agergat halus dalam perkerasan, dan jika bahan pengisi Limbah Beton memiliki kualitas lebih baik dibandingkan *filler* Clereng maka dapat menambah nilai gunafillerLimbah Beton yang awalnya dianggap kurang baik dalam karakteristik campuran aspal ternyata mampu menggantikan *filler* Clereng.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KONSTRUKSI JALAN RAYA

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakanyang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2003).

Untuk menunjang fungsinya sebagai konstruksi jalan, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis agar mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai. Lapis perkerasan itu terdiri dari lapis permukaan sebagai lapis paling atas yang terdiri dari lapis aus (*Wearing Course*) dan lapis antara (*Binder Course*). Lapis pondasi atas (*Base Course*) yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar. Semua lapis perkerasan tersebut memiliki spesifikasi tersendiri untuk menunjang fungsinya masing-masing sebagai lapis perkerasan (Suprpto, 2004).

2.2 AGREGAT

Agregat adalah sekumpulan butir- butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan, yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan ditentukan oleh :

1. Gradasi
2. Kebersihan,
3. Kekerasan,
4. Ketahanan agregat,
5. Bentuk butir,
6. Tekstur permukaan,
7. Porositas,
8. Kemampuan untuk menyerap air,
9. Berat jenis, dan
10. Daya kelekatan terhadap aspal.

Semua lapisan perkerasan lentur pada umumnya membutuhkan agregat yang terdistribusi dari besar sampai kecil. Berikut adalah jenis agregat berdasarkan besar partikelnya dan proses pengolahannya.

1. Agregat berdasarkan besar partikelnya
 - a. Agregat kasar, agregat $> 4,75$ mm menurut ASTM atau > 2 mm AASHTO.
 - b. Agregat halus, agregat $< 4,75$ mm menurut ASTM atau < 2 mm AASHTO dan $> 0,075$ mm menurut AASHTO.
 - c. Abu batu / mineral *filler*, agregat halus yang umumnya lolos saringan No.200.
2. Agregat berdasarkan proses pengolahannya
 - a. Agregat Alam

Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.
 - b. Agregat melalui proses pengolahan

Digunung, bukit, dan sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses

pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.

c. Agregat Buatan

Agregat yang merupakan mineral *filler* atau pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

2.3 FILLER

Filler adalah salah satu dari bahan lapis keras yang berupa butiran yang lolos saringan No. 200. Fungsi *filler* adalah sebagai bahan pengisi rongga-rongga antar agregat. *Filler* yang bercampur aspal akan mengisi rongga-rongga antar agregat, hal ini akan berakibat naiknya stabilitas lapis perkerasan (Jufrez, 2010). Adapun macam-macam *filler* adalah abu bata, abu batu, abu terbang (*fly ash*), semen portland, kapur padam dan bahan non plastis lainnya (Bina Marga, 2010).

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran atas semen Portland, pasir, kerikil dan air. Beton ini biasanya di dalam praktek dipasang bersama-sama dengan batang baja, sehingga disebut beton bertulang (batang baja berada di dalam beton). Pada saat ini sebagian besar bangunan dibuat dari beton bertulang, disamping kayu dan baja. Beton mempunyai kelebihan daripada bahan yang lain, antara lain karena harganya relatif lebih murah daripada baja, tidak memerlukan biaya perawatan seperti baja (baja harus selalu dicat pada setiap jangka waktu tertentu untuk mencegah karat), dan tahan lama karena tidak busuk atau berkarat. Akan tetapi, beton yang tampaknya mudah dibuat bila tidak dikerjakan atau direncanakan dengan teliti akan menghasilkan bahan yang kurang baik, atau kurang kuat. Oleh karena itu cara-cara membuat beton harus dipelajari dengan baik (Astanto, 2001).

Dalam keadaan yang mengeras, beton memiliki kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus, misalnya *diekspose* agregatnya (agregat

yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan dibagian luar, sehingga nampak jelas pada permukaan betonnya). Selain tahan terhadap serangan api, beton juga tahan terhadap serangan korosi (Mulyono, 2003).

Beton mempunyai beberapa kelebihan, antara lain yaitu (Mulyono,2003) :

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi,
- b. Mampu memikul beban yang berat,
- c. Tahan terhadap temperatur yang tinggi,
- d. Nilai kekuatan dan daya tahan beton adalah relatif tinggi, dan
- e. Biaya pemeliharaan yang kecil.

Selain kelebihan, beton juga mempunyai beberapa kekurangan antara lain yaitu

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit untuk dirubah,
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi,
- c. Kekuatan tarik beton relatif rendah, dan
- d. Daya pantul suara yang besar.

2.4 ASPAL

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika aspal dipanaskan hingga temperatur tertentu, maka aspal akan mencair hingga dapat membungkus partikel agregat dan mengisi rongga yang ada diantara aspal beton. Ketika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras sehingga dapat mengikat agregat (Silvia Sukirman, 1999).

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume. Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh dan akhirnya daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi / dikurangi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

Aspal harus memiliki daya tahan terhadap cuaca, memiliki adhesi dan *kohesi* yang baik serta memberikan sifat elastis yang baik. Adapun sifat-sifat yang harus dimiliki oleh aspal adalah :

1. Daya tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. *Kohesi* adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan Terhadap Temperatur

Aspal merupakan material yang *termoplastis*, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah.

2.5 PENELITIAN TERDAHULU

Adapun penelitian-penelitian sebelumnya yang hampir serupa antara lain : Krisna Aditya (2013), dengan Optimasi Kinerja Aspal *Shell* Terhadap Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Material Lokal Progo Dan *Filler* Bantak Sebagai Agregat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* menggunakan bahan pengikat aspal *Shell* (Singapore) AC 60/70 dengan menggunakan variasi agregat Progo dan Bantak, ditinjau dari nilai Kepadatan (*Density*), Stabilitas Marshall, Kelelehan (*Flow*), VFB (*Void Filled Bitumen*), VIM (*Void in Mix*), VMA (*Void in Mineral Agregat*), MQ (*Marshall Quotient*). Penelitian ini menggunakan pengujian campuran beraspal *Shell* (Singapore) dengan metode Marshall. Kadar aspal yang digunakan berturut-turut sebesar 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7% dengan masing-masing varian dibuat 3 benda uji. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Tahapan pelaksanaan meliputi pemeriksaan agregat (agregat halus dan agregat kasar), pemeriksaan

filler, pembuatan benda uji campuran beton aspal dan pengujian menggunakan metode Marshall.

Henny Fannisa (2010), dengan judul tugas akhir Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan *Filler* Kapur Padam dengan judul tugas akhir Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat *filler* dari bahan kapur padam pada campuran aspal beton dengan menguji campuran dengan alat *Marshall*, mencari kadar aspal optimum, dan menguji sifat campuran pada kadar aspal optimum dengan uji *Marshall* rendaman.

Okta Saputra (2010), dengan judul tugas akhir dengan Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan *Filler* Tanah (*Silt*). dengan judul tugas akhir Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat *filler* dari bahan tanah (*silt*) pada campuran aspal beton dengan menguji campuran dengan alat Marshall, mencari kadar aspal optimum, dan menguji sifat campuran pada kadar aspal optimum dengan uji *Marshall* rendaman.

Agus Setiawan (2010), dengan judul tugas akhir Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan *Filler Portland Cement* dengan judul tugas akhir “ Studi Pasir Sungai Sebagai Agregat Halus Pada Laston Permukaan (*Asphaltic Concrete Wearing Course*).” Tujuan penelitian ini adalah Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat *filler* dari bahan *portland cement* (PC) pada campuran aspal beton dengan menguji campuran dengan alat Marshall, mencari kadar aspal optimum, dan menguji sifat campuran pada kadar aspal optimum dengan uji Marshall rendaman.

Chandra Novyan NF (2012), dengan judul tugas akhir Penelitian pemanfaatan Limbah Beton sebagai agregat kasar dan *medium* pada campuran laston dengan judul tugas akhir Secara visual, Limbah Beton berupa material yang keras seperti layaknya agregat, tetapi apakah Limbah Beton juga memiliki karakteristik yang setara dengan agregat. Jika karakteristik Limbah Beton sesuai dengan persyaratan yang ditentukan maka limbah tersebut dapat dimanfaatkan untuk pekerjaan lain, misalnya sebagai komponen campuran konstruksi perkerasan jalan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh-pengaruh yang terjadi pada penggunaan Limbah Beton sebagai agregat kasar dan medium di dalam campuran

LASTON (Lapisan Aspal Beton). Untuk itu dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui sifat-sifat fisik aspal dan agregat (terutama agregat kasar dan medium). Kemudian dilakukan uji Marshall untuk campuran LASTON dengan variasi kadar aspal 5 %, 5,5 %, 6 %, 6,5 %, 7 %, 7.5 %, 8 %, 8,5 %, 9 %, 9,5 %, dan dari hasil pengujian tersebut diperoleh kadar aspal optimum.

2.6 PERBANDINGAN PENELITIAN

Pada konstruksi perkerasan jalan di daerah Yogyakarta, agregat yang sering digunakan adalah agregat yang berasal dari Clereng, Kulon Progo. Agregat Clereng merupakan agregat buatan yang sengaja dibuat dengan ukuran yang telah disesuaikan menggunakan mesin *stone crusher*. Didapatkan agregat dan bahan pengisi dari Clereng, kulon progo. Filler Clereng persediaannya terbatas dan harganya relatif mahal. Untuk itu perlu dilakukan inovasi – inovasi baru dengan menggunakan alternatif bahan lain.

Pada penelitian ini material yang digunakan berbeda dengan material yang sebelumnya yang telah dilakukan oleh Nugraha dan Bangun (2014) Berdasarkan Penelitian tersebut menitikberatkan Limbah Beton daur ulang yang digunakan sebagai agregat pengganti.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *filler* Limbah Beton sebagai pengganti *filler* Clereng terhadap Karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC, untuk mengetahui nilai KAO (kadar aspal optimum) pada karakteristik nilai uji *Marshall*, sifat-sifat dan karakteristik *Immersion Test*, dan untuk mengetahui nilai *Indirect Tensile Strength Test*.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Krisna Aditya (2013)	Henny Fannisa (2010),	Okta Saputra (2010)	Agus Setiawan (2010)	Chandra Novyan NF (2012)
1.	Judul	Optimasi Kinerja Aspal Shell Terhadap Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Material Lokal Progo Dan <i>Filler</i> Bantak	Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Kapur Padam	Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Tanah (<i>Silt</i>)	Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan <i>Filler Portland Cement</i>	Penelitian pemanfaatan Limbah Beton sebagai agregat kasar dan medium pada campuran laston
2.	Jenis Campuran	<i>Laston</i>	<i>Laston</i>	<i>Laston</i>	<i>Laston</i>	<i>Laston</i>
3.	Jenis Aspal	Pertamina pen 60/70	Pertamina pen 60/70	Pertamina pen 60/70	Pertamina pen 60/70	Pertamina pen 60/70
4.	<i>Filler</i>	Batu	Kapur Padam	Tanah	<i>Portland Cement</i>	Limbah Beton

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 DEFINISI PERKERASAN JALAN

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas *subgrade* dengan komponen campuran antara agregat dan bahan ikat, yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang biasanya dipakai dalam perkerasan jalan adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain semen, aspal dan tanah liat.

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan permukaan (*surface course*). Ada 3 jenis perkerasan jalan yang telah dikenal secara luas di Indonesia yaitu : (Silvia Sukirman, 1993)

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan pekerasanya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar. Oleh karena itu sifat-sifat bahan, ketebalan, dan daya dukung tanah dasar adalah parameter perencanaan yang penting. Karena sifat bahan pengikat (aspal) yang *viskoplastis*, maka kendala utama perkerasan jenis ini adalah cepat terjadi kerusakan berupa retakan dan deformasi. Adapun bahan perkerasan lentur terdiri atas : bahan ikat (aspal, tana liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas 3 lapis atau lebih yaitu : Lapis permukaan, Lapis pondasi, Lapis Pondasi bawah, dan tanah dasar (*subgrade*).

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Plat beton biasanya digunakan sebagai lapis pondasi bawah. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki *modulus elastisitas* yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area

tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Perkerasan kaku terdiri atas 3 lapisan yaitu: Lapis permukaan (*concrete slab*), Lapis Pondasi (*subbase course*), tanah dasar (*subgrade*).

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang di kombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur, dimana perkerasan tersebut bekerja sama memikul beban lalu lintas secara bersamaan

3.2 FUNGSI PERKERASAN

Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Secara umum, fungsi perkerasan adalah sebagai berikut.

1. Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu lintas,
2. Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendara,
3. Untuk memberikan kekesatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan,
4. Untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindung dari tekanan yang berlebihan, dan
5. Untuk melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

3.3 TIPE-TIPE PERKERASAN

Pertimbangan tipe perkerasan yang dipilih terkait dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, volume lalu lintas yang dilayani, serta kecepatan pembangunan agar lalu lintas tidak terlalu lama terganggu oleh pelaksanaan proyek.

Tipe-tipe perkerasan yang banyak digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*),

2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*),
3. Perkerasan komposit (*composite pavement*), dan
4. Jalan tak diperkeras (*unpaved road*).

3.3.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan aspal (*asphalt pavement*), umumnya terdiri dari lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah granuler yang di hamparkan di atas tanah dasar.

Secara umum perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu :

1. lapis permukaan (*surface course*),
2. lapis pondasi (*base course*), dan
3. lapis pondasi bawah (*subbase course*).

3.3.2 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau perkerasan beton (*concrete pavement*) banyak digunakan untuk jalan-jalan utama dan bandara. Jika perkerasan lentur terdiri dari beberapa komponen pokok seperti lapis permukaan, perkerasan kaku terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton semen Portland, dengan atau tanpa tulangan pada permukaan perkerasan beton, kadang-kadang ditambahkan lapisan aspal. Perkerasan beton cocok digunakan pada jalan raya yang melayani lalu lintas tinggi / berat berkecepatan tinggi.

3.4 MATERIAL KONSTRUKSI PERKERASAN

Material dalam pengerjaan konstruksi perkerasan lapis aspal terdiri dari agregat (agregat kasar dan halus), *filler* dan aspal.

3.4.1 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum-Direktorat Jendral Bina Marga, 2010).

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu :

1. kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk serta tekstur permukaan,
2. kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan, dan
3. kemudahan dalam pelaksanaan yang menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta memberikan kemudahan pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. agregat kasar adalah material yang tidak lolos pada saringan no.8 (2,36 mm) saat pengayakan. Agregat kasar terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya agar mampu terikat dengan baik pada campuran aspal. Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Berikut ini adalah Tabel 3.1 yang berisi tentang ketentuan untuk agregat kasar.

Tabel 3.1 Ketentuan agregat kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407-2008	Maks.30%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417-2008	Maks.30%
	Semua jenis aspal bergradasi lainnya		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min.95%
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791	Maks.10%
Material lolos ayakan No.200		SNI-4142-1996	Maks.1%
Berat jenis dan penyerapan agregat kasar		SNI 03-1969-1990	Bj Bulk > 2,5 Penyerapan < 3%
<i>Aggregate Impact Value (AIV)</i>		BS 812:bag.3:1975	Maks.30%
<i>Aggregate Crushing Value (ACV)</i>		BS 812:bag.3:1075	Maks.30%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Devisi 6 Perkerasan Aspal

2. agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm) dan tertahan di saringan no.200 (0,075 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan ikatan yang baik terhadap campuran aspal. Bahan ini dapat

terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Ketentuan mengenai agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi halus
		Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material lolos ayakan no.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar lempung	SNI 3423 : 2008	Maks. 1%
Berat jenis dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1969-1990	Bj Bulk > 2,5 Penyerapan < 5%

Sumber :Bina Marga 2010 revisi 3, divisi 6

3. bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no.200, dan dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (*PC*) atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu.

3.4.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak (*cair*) sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/ penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan satu komponen kecil umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume.

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai.

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*water proofing, protect* terhadap erosi), dan

2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri.

Adapun jenis lapisan aspal beton campuran panas, terbagi menjadi 3 yaitu.

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)* dengan tebal minimum *AC-WC* adalah 4 cm. Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan di bawahnya,
2. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)* dengan tebal minimum *AC-BC* adalah 6 cm. Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan, dan
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)* dengan tebal minimum *AC-Base* adalah 7,5 cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi memerlukan stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

Berdasarkan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi 3, setiap jenis lapisan memiliki ketebalan tersendiri yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 5.3 Tebal nominal minimum campuran beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis Aus	<i>AC-WC</i>	4,0
	Lapis Antara	<i>AC-BC</i>	6,0
	Lapis Pondasi	<i>AC-Base</i>	7,5

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Revisi 3 Divisi 6 (2010)

Selain itu, Bina Marga 2010 juga memberikan persyaratan laston dalam lapis perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 6.4 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Lapis Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112 ⁽¹⁾	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800	1800 ⁽¹⁾				
	Maks.	-	-				
Pelelehan (mm)	Min.	3,5	4,5 ⁽¹⁾				
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min.	250	300				
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min.	2,5					

Sumber : Bina Marga 2010 revisi 3, divisi 6

Berdasarkan tingkat kekerasannya umumnya di Indonesia menggunakan aspal penetrasi 60-70 yang juga akan digunakan dalam penelitian ini dengan ketentuan seperti pada Tabel 3.5.

Tabel 7.5 Ketentuan aspal penetrasi 60-70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Penetreasi 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (mm)	SNI 06 - 3456 - 1991	60 - 70
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 48
3	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 100
4	Titik Nyala (°C)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 232
5	Berat Jenis	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 1,0
6	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

Sumber : Bina Marga 2010 revisi 3, divisi 6

3.5 KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL

Karakteristik campuran aspal yang harus dimiliki oleh aspal adalah sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*) adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*,
2. Keawetan (*Durability*) adalah kemampuan perkerasan jalan untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal, kehancuran agregat, dan mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat akibat cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan. Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan, Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal adalah sebagai berikut.
 - a. *Void In Total Mix (VITM)* kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas),
 - b. *Void In Mineral Aggregate (VMA)* besar sehingga *film* aspal dapat dibuat tebal. Jika *VMA* dan *VITM* kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar, dan
 - c. *Film (selimut) aspal*, *film* aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi tapi rentang menyebabkan *bleeding*.
3. Kelenturan (*Flexibility*) adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Penurunan terjadi akibat dari repitisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli,
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah ketahanan kelelahan atau ketahanan dari lapis aspal dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak,
5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*) adalah kemampuan permukaan aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda

kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir meskipun dalam keadaan basah,

6. Kedap air (*Impermeability*) adalah kemampuan perkerasan untuk tidak dapat dimasuki air dan udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan aspal dari permukaan agregat, dan
7. Kemudahan pelaksanaan (*Workability*) adalah sudahnya suatu campuran aspal untuk dihamparkan dan dipadatkan untuk memperoleh kepadatan yang diinginkan. Kemudahan pekerjaan menentukan efisiensi pekerjaan.

3.6 METODE MARSHALL

Kinerja campuran aspal diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall* yang pertama kali diperkenalkan oleh Bruce *Marshall* yang dikembangkan selanjutnya oleh *U.S Corps of Engineer*. Uji ini untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal dan agregat.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*Flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*Flow*). Benda uji *Marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tingi 2,5 inchi (6,35 cm).

Sifat-sifat pengujian aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *Marshall* antara lain.

1. Stabilitas *Marshall* (*Stability*)

Nilai stabilitas diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saatn *Marshall Test*. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*) dan menunjukkan batas maksimum beban diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetan berkurang.

2. Kelelehan (*Flow*)

Nilai kelelehan (*Flow*) diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*. Suatu campuran yang memiliki kelelehan yang lebih rendah akan kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanan.

3. Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*)

Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan (*Flow*). Semakin tinggi *MQ*, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.1 berikut.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (3.1)$$

dengan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = nilai stabilitas toleransi (kg)

F = nilai *Flow* (mm)

4. Rongga terisi aspal/*Void Filled With Asphalt* (*VFWA*)

Rongga terisi aspal/*Void Filled With Asphalt* (*VFWA*) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi dapat diperoleh dari Persamaan 3.2.

$$VFWA = \frac{100 (VMA - VITM)}{VMA} \quad (3.2)$$

dengan :

VFWA = rongga terisi aspal, persen *VITM*

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

VITM = volume pori dalam beton aspal padat

5. Rongga diantara mineral agregat / *Voids in Mineral Agregat (VMA)*

Rongga diantara mineral agregat / *Voids in Mineral Agregat (VMA)* adalah persentase ruang diantara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif.

Perhitungan *VMA* terhadap campuran total dapat diperoleh dari Persamaan 3.3 dan 3.4 berikut.

a. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (3.3)$$

dengan :

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} =berat jenis bulk agregat

G_{mb} =berat jenis bulk campuran padat

P_s =kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \quad (3.4)$$

dengan :

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} =berat jenis bulk agregat

G_{mb} =berat jenis bulk campuran padat

P_b =kadar aspal persen terhadap berat total campuran

6. Rongga didalam campuran/*Void in Total Mix (VITM)*

Rongga didalam campuran/*Void in Total Mix (VITM)* merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat didalam campuran aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan diperoleh dari Persamaan 3.5 berikut.

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \quad (3.5)$$

dengan :

V_a = rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran agregat rongga udara 0 (nol)

G_{mb} = berat jenis bulk campuran padat

7. Kepadatan (*Density*)

Density menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *Density*, maka kepadatan semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kadar aspal.

Nilai *Density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.6 dan 3.7 :

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.6)$$

$$f = d - e \quad (3.7)$$

dengan :

g = nilai *Density*(gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh/SSD (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = volume / isi (cm³)

3.7 IMMERSION TEST

Immersion Test atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Menurut AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall* (*Immersion Test*) yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu $\pm 50^\circ$ C dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu $\pm 60^\circ$ C. Pada penelitian ini

dipakai metode uji perendaman (*Marshall*) 24 jam dalam suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan Indeks Kekuatan Sisa *Marshall* (*Marshall Index of Retained Strength*) adalah perbandingan antara stabilitas *Marshall* benda uji setelah perendaman 24 jam (S_2) yang dibandingkan dengan stabilitas benda uji campuran standar (S_1) yang dinyatakan dalam persen. Kehilangan stabilitas yang terjadi akibat perendaman merupakan ukuran ketahanan terhadap pengaruh air. Seperti tercantum pada Persamaan 3.6 di bawah ini.

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.8)$$

dengan :

S_1 = stabilitas standar

S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan ($\geq 90\%$), campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup baik dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

3.8 INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST

Indirect Tensile Strength Test adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari *asphalt concrete*. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan. Campuran lapisan perkerasan yang baik dapat menahan beban maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan.

Gaya tarik tidak langsung menggunakan benda uji yang berbentuk silindris yang mengalami pembebanan tekan dengan dua plat penekan yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Pengujian gaya tarik tidak langsung secara normal dilaksanakan menggunakan *Marshall* yang telah dimodifikasikan dengan pelat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.7 seperti berikut.

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h} \quad (3.9)$$

dengan:

ITS = kuat tarik tidak langsung (N/mm²)

P runtuh = beban puncak (N)

h = tinggi sampel (mm)

d = diameter benda uji (mm)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 METODE PENELITIAN

Metode Penelitian adalah suatu cara untuk mengambil, menganalisis, dan mengidentifikasi variabel yang dilakukan untuk mencari pemecahan masalah dari pokok permasalahan yang akan diambil terhadap penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini, metode yang akan digunakan adalah penelitian percobaan (*experiment*) yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengadakan percobaan untuk mendapatkan sebuah data atau menganalisis data. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat atau standar spesifikasi yang ada. Persyaratan dan prosedur yang digunakan mengacu kepada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Bina Marga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *filler* Limbah Beton pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* terhadap karakteristik *Marshall, Immersion, dan Indirect Tensile Strength Test*.

4.2 METODE PENGAMBILAN SAMPEL

Sampel merupakan bagian kecil dari seluruh bagian yang ada dan dapat memberikan gambaran akan sesuatu hal yang dapat diperlukan seorang peneliti. Sampel diperlukan dalam sebuah penelitian untuk mengetahui kondisi campuran beton, aspal, walaupun sampel tersebut belum tentu dapat memberikan gambaran kondisi campuran beton aspal sepenuhnya.

Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan secara *nonprobability sampling*. Dalam penelitian ini pengambilan sampel termasuk ke dalam kelompok *purposive sampling*. *Purposive sampling* yaitu pengambilan sampel yang berdasarkan tujuan.

Beberapa pedoman yang perlu dipertimbangkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan sampel dengan tujuan penelitian, dan
2. Sampel yang digunakan disesuaikan dengan kriteria-kriteria tertentu yang sudah ditetapkan berdasarkan tujuan penelitian.

Peneliti melakukan pengambilan sampel agregat kasar, agregat halus dan aspal yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.3 METODE PENGAMBILAN DATA

Pengumpulan data dapat dilakukan melalui beberapa ketentuan yang disusun secara sistematis. Untuk mengumpulkan data sampel penelitian dilakukan dengan metode tertentu sehingga sesuai dengan tujuan penelitian. Data yang diperoleh dapat diambil dari berbagai sumber. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Data primer adalah data yang diperoleh dari sumber data, yaitu dengan cara *experiment* langsung dilakukan di lokasi penelitian. Langkah yang dilakukan antara lain sebagai berikut :
 - a. melakukan pemeriksaan bahan,
 - b. mencari Kadar Aspal Optimum,
 - c. melakukan pengujian *MarshallTest*,
 - d. melakukan pengujian *ImmersionTest*, dan
 - e. melakukan pengujian *Indirect Tensile Strength Test*.
2. Data sekunder adalah data yang tidak diperoleh langsung dari sumber data. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait yang berhubungan dengan pengamatan yang dilakukan. Data sekunder ini berfungsi sebagai pendukung dari data primer.

4.4 TAHAPAN PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan

Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta disajikan dalam gambardiagram bagan alir penelitian (Gambar 4.1)

4.4.1 Pemeriksaan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

Pengujian bahan dilakukan sebelum digunakan pada campuran perkerasan, pengujian ini meliputi pengujian agregat dan pengujian aspal yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Pengujian Agregat

Agregat merupakan salah satu dari komponen utama pada campuran lapis perkerasan jalan raya. Dikarenakan agregat sangat menentukan kualitas, daya dukung, mutu dan keawetan suatu perkerasan maka pengujian terhadap agregat sangat diperlukan baik agregat kasar maupun agregat halus. Pengujian-pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air oleh Agregat (SNI 1969 :2008 dan SNI 1970 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk specific grafit*), berat kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*) dan berat jenis semu (*apparentspecific grafit*), serta penyerapan dari agregat,

b. Pengujian Kelekatan Agregat terhadap Aspal (SNI 06-2439-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelengketan agregat oleh aspal yang merupakan presentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan,

c. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan,

d. Pengujian Keausan Agregat (SNI-2417 :2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Keausan

tersebut dinyatakan dalam perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan terhadap berat semula dalam persen, dan

e. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 3423 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar debu dan lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.

2. Pengujian Aspal

Kualitas aspal yang digunakan dapat diketahui dari pengujian-pengujian sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mencari berat jenis bitumen dengan picnometer. Berat jenis bitumen merupakan perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu,

b. Pengujian Penetrasi (SNI 06-2456-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan tingkat kekerasan aspal dengan cara memasukan jarum yang memiliki ukuran, beban dan waktu tertentu kedalam aspal bersuhu yang telah ditetapkan,

c. Pengujian Daktilitas (SNI 06-2432-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan nilai daktilitas yang lebih besar dapat mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi akan lebih peka terhadap perubahan temperature,

d. Pengujian Kelarutan dalam TCE (ASTM D5546)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam TCE,

e. Pengujian Titik Lembek (SNI 06-2434-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal. Titik lembek merupakan suhu pada saat bola-bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun kesuatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin ukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang

terletak di bawah cincin pada ketinggian yang telah ditentukan sebagai akibat dari kecepatan pemanasan, dan

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi, kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala *open cup*. Titik nyala merupakan suhu yang terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal, sedangkan titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu permukaan aspal.

4.4.2 Persiapan Alat

Semua peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian ini tersedia di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta. Peralatan yang digunakan adalah :

1. pengujian agregat adalah seperangkat alat uji pengujian fisik agregat, meliputi mesin *Los Angeles*, saringan standar, dan tabung *Sand Equivalent*,
2. pengujian *Marshall* adalah seperangkat alat uji karakteristik campuran metode *Marshall*, meliputi cetakan benda uji *mold*, mesin tekan lengkap dengan kepala penekan berbentuk lengkung (*Breaking Head*), cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 *Pound*) dengan ketelitian 12,5 kg (25 *Pound*), dilengkapi arloji tekan ketelitian 0,0025 cm (0,0001”), Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01”) dengan perlengkapan, serta dilengkapi alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 *Pound* (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), dan bak perendam,
3. pengujian *Immersion Test* adalah seperangkat alat uji *Immersion Test*, meliputi alat tekan, yang terdiri dari *Proving Ring* berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukuran kelelahan (*Flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10

Pound (4,536 kg) dan tinggi jatuh 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), dan oven,

4. pengujian *Indirect Tensile Strength Test* adalah seperangkat alat uji *Tensile Strength Test*, meliputi alat tekan (*strip loading*) selebar 0,5 inch, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukur kelelahan (*Flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 Pound (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, dan oven.
5. gelas ukur,
6. kertas hisap (karton),
7. batang penumbuk berdiameter 16 mm dan panjang 610 mm,
8. mistar,
9. talam atau pan,
10. oven,
11. piknometer,
12. mesin uji *Marshall*,
13. mesin uji *Los Angeles*, dan
14. palu karet,

4.4.3 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran dalam penelitian ini menggunakan metode Bina Marga. Bahan-bahan untuk penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan aspal yang diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. Hal ini untuk mengetahui sifat-sifat bahan, apakah telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Setelah pengujian agregat dan aspal selesai, selanjutnya dilakukan penyaringan agregat dengan gradasi yang direncanakan, gradasi rencana dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini, setelah penyaringan kemudian dilakukan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat dengan gradasi yang telah ditentukan oleh spesifikasi. Setelah semua bahan di siapkan dan memenuhi syarat

selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall Test*, *Immersion Test*, dan *Indirect Tensile Strength Test*.

Tabel 4.1 Gradasi Rencana

Ukuran saringan			Spesifikasi	
			min	Max
1 ½"	37,5	mm	-	-
1"	25	mm	-	-
¾"	19	mm	100	100
½"	12,5	mm	90	100
⅜"	9,5	mm	77	90
No. 4	4,75	mm	53	69
No. 8	2,36	mm	33	53
No. 16	1,18	mm	21	40
No. 30	0,6	mm	14	30
No. 50	0,3	mm	9	22
No. 100	0,15	mm	6	15
No. 200	0,08	mm	4	10
Pan			0	0

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Revisi 3 Divisi 6 (2010)

Mencari Kadar Aspal Optimum rencana dengan perhitungan dapat dilihat pada Persamaan 4.1 berikut ini.

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + \text{Konstanta} & (4.1) \\
 &= 0,035 (57\%) + 0,045 (36,5\%) + 0,18 (6,5\%) + 0,5 \\
 &= 5,31 \%
 \end{aligned}$$

dengan:

P_b = kadar aspal perkiraan,

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 8,

FA = agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan No. 200, dan

Filler = agregat halus lolos saringan No. 200.

Dari hasil perhitungan kadar aspal optimum rencana diatas, KAO rencana yang didapat sebesar 5,31 % dibulatkan menjadi 5,5 %, sehingga kadar aspal yang dipakai 4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 %, dan 6,5%.

4.5 PENGUJIAN YANG DILAKUKAN

Pada penelitian ini dilakukan 3 pengujian. Yaitu *Marshall Test*, *Immersion Test*, dan *Indirect Tensile Strength Test*.

4.5.1 PENGUJIAN MARSHALL

Langkah-langkah pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut :

1. benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel,
2. pada masing-masing benda uji diberi pengenalan,
3. mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm,
4. benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya,
5. direndam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air,
6. timbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan isi,
7. keringkan benda uji dengan kain lap yang lembab sampai kering permukaan jenuh (*SSD*),
8. timbang benda uji dalam kondisi *SSD*,
9. rendam benda uji aspal panas atau benda uji tar dalam bak perendam selama 30 sampai pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$, atau dipanaskan dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, atau $(38 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji tar,
10. sebelum melakukan pengujian bersihkan batang penuntun (*Guide road*) dan permukaan dalam dari kepala penekan (*Test Head*). Lumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu antara 21 sampai 38°C ,
11. arloji kelelahan (*Flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide road*),
12. kepala penekan (*Test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,

13. pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelahannya,
14. setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji, dan
15. hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

4.5.2 PENGUJIAN *IMMERSION*

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. dipersiapkan bahan,
2. pembuatan benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall Test* menggunakan Limbah Beton sebagai pengganti bahan pengisi dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%,
3. pengujian *Immersion Test* dengan lama perendaman 24 jam,
4. pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Immersion Test*, dan
5. ditarik kesimpulan.

4.5.3 PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH*

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. dipersiapkan bahan,
2. pembuatan benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *MarshallTest* menggunakan *filler* Limbah Beton sebagai agregat halus dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%,
3. peletakan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian,
4. diperoleh nilai dial dari hasil pengujian,
5. pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Indirect Tensile Strength*, dan
6. ditarik kesimpulan.

4.6 ANALISIS DATA

Data yang diperoleh dari percobaan laboratorium adalah ; tebal benda uji (gram), berat benda uji sebelum direndam (gram), berat benda uji di dalam air (gram), berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram), pembacaan arloji stabilitas (kg), dan pembacaan arloji kelelahan *Flow*(mm).

Dari data-data di atas dapat dihitung nilai *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), *VFWA*(*Void Filled With Asphalt*), *VITM*(*Void in Total Mix*), stabilitas (*stability*), *MQ* (*Marshall Quotient*), kelelahan (*Flow*), dan kepadatan (*Density*) dapat dihitung berdasarkan data-data berikut.

1. Berat Jenis Aspal = (Berat / Volume)

2. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar, agregat halus. Untuk memperoleh nilai berat jenis tersebut digunakan Persamaan 4.2 di bawah ini.

$$B_j \text{ agregat} = \frac{100}{\left(\frac{A}{F_1}\right) + \left(\frac{B}{F_2}\right)} \quad (4.2)$$

dengan :

A = Persentase agregat kasar

B = Persentase agregat halus

F1 = Berat jenis agregat kasar

F2 = Berat jenis agregat halus

3. Berat jenis teoritis campuran menggunakan Persamaan 4.3.

$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{B_j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{B_j \text{ aspal}}} \quad (4.3)$$

Data dari perhitungan di atas dipergunakan untuk mencari nilai-nilai dari *VMA*, *VFWA*, *VITM*, *Density*, *Marshall Quotient*, *Stabilitas* dan *Flow*.

a. *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*)

Untuk mencari nilai *VMA* dapat dilihat di Persamaan 4.4 dan 4.5 :

$$I = 100 - j \quad (4.4)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (4.5)$$

dengan :

I = Nilai *VMA* (%)

b = Persentase aspal terhadap campuran (%)

g = Berat isi sampel (gr/cc)

Menurut Bina Marga, 2010 nilai *VMA* > 15%

b. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai *VFWA* dihitung dengan Persamaan 4.6 – 4.10 di bawah ini.

$$VFWA = 100 \times \frac{i}{j} \quad (4.6)$$

$$b = \frac{a}{100+a} \times 100 \quad (4.7)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ agregat}} \quad (4.8)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ agregat}} \quad (4.9)$$

$$I = 100 - j \quad (4.10)$$

dengan :

a = persentase aspal terhadap batuan

b = persentase aspal terhadap campuran

I = persen rongga terisi aspal

i dan j = Persamaan substitusi

g = berat isi sampel (gr/cc)

c. *VITM (Void in the Total Mix)*

Nilai *VITM* dihitung dengan Persamaan 4.11 dan 4.12 di bawah ini.

$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h} \right) \quad (4.11)$$

$$h = 100 - \left(\frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}}} \right) \quad (4.12)$$

dengan :

g = Berat isi sampel (gr/cc)

n = Nilai *VITM*

h = Berat jenis maksimum teoritis campuran

Menurut Bina Marga, 2010 nilai *VITM* 3 - 5%

d. *Stabilitas (Stability)*

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *Marshall*. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan Persamaan 4.13 di bawah ini.

$$q = p \times s \quad (4.13)$$

dengan :

q = Angka stabilitas

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

s = Angka koreksi tebal benda uji

Menurut Bina Marga, 2010 nilai stabilitas > 800 kg.

e. *MQ (Marshall Quetient)*

Nilai dari *Marshall Quetient* dapat diperoleh dengan rumus di bawah ini.

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (4.14)$$

dengan :

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

Q = Nilai stabilitas (kg)

R = Nilai (*Flow*)

Menurut Bina Marga, 2010 nilai $MQ > 250$ kg/mm

f. Kelelehan (*Flow*)

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban batas). Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji Kelelehan (*Flow*) saat pengujian *Marshall*. Nilai *Flow* pada arloji dalam satuan inch, maka harus dikonversikan dalam satuan millimeter.

Menurut Bina Marga, 2010 nilai *Flow* > 3 kg.

g. Kepadatan (*Density*)

Density menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *Density*, maka kepadatan semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kadar aspal.

Nilai *Density* dapat diperoleh dari Persamaan 4.14 dan 4.15 :

$$g = \frac{c}{f} \quad (4.15)$$

$$f = d - e \quad (4.16)$$

dengan :

g = nilai *Density* (gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh/SSD (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = volume / isi (cm³)

Nilai *Index of Retained Strength* diperoleh dari hasil *Immersion Test* kemudian diolah menggunakan Persamaan 4.17 berikut.

$$\text{Index of Retained Strength} = (S2/S1) \times 100 \quad (4.17)$$

dengan :

S1 = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

S2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

4.7 BENDA UJI

Jumlah benda uji dalam penelitian ini adalah sebanyak 75 benda uji, untuk lebih jelasnya jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3 seperti di bawah ini.

Tabel 4.2 Jumlah benda uji untuk mencari nilai KAO

KA	Variasi Proporsi Agregat				
	<i>filler</i> Limbah Beton (%) : <i>filler</i> Clereng (%)				
	0:100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	100 : 0
4,5%	3	3	3	3	3
5%	3	3	3	3	3
5,5%	3	3	3	3	3
6%	3	3	3	3	3
6,5%	3	3	3	3	3
Jumlah	15	15	15	15	15
Σ benda uji	75				

Setelah memperoleh nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* pada setiap perbandingan variasi agregat halus yang direncanakan yaitu :

- a. 100% *filler* clereng : 0% *filler* Limbah Beton,
- b. 75% *filler* clereng : 25% *filler* Limbah Beton,
- c. 50% *filler* clereng : 50% *filler* Limbah Beton,
- d. 25% *filler* clereng : 75% *filler* Limbah Beton, dan
- e. 0% *filler* clereng : 100 % *filler* Limbah Beton.

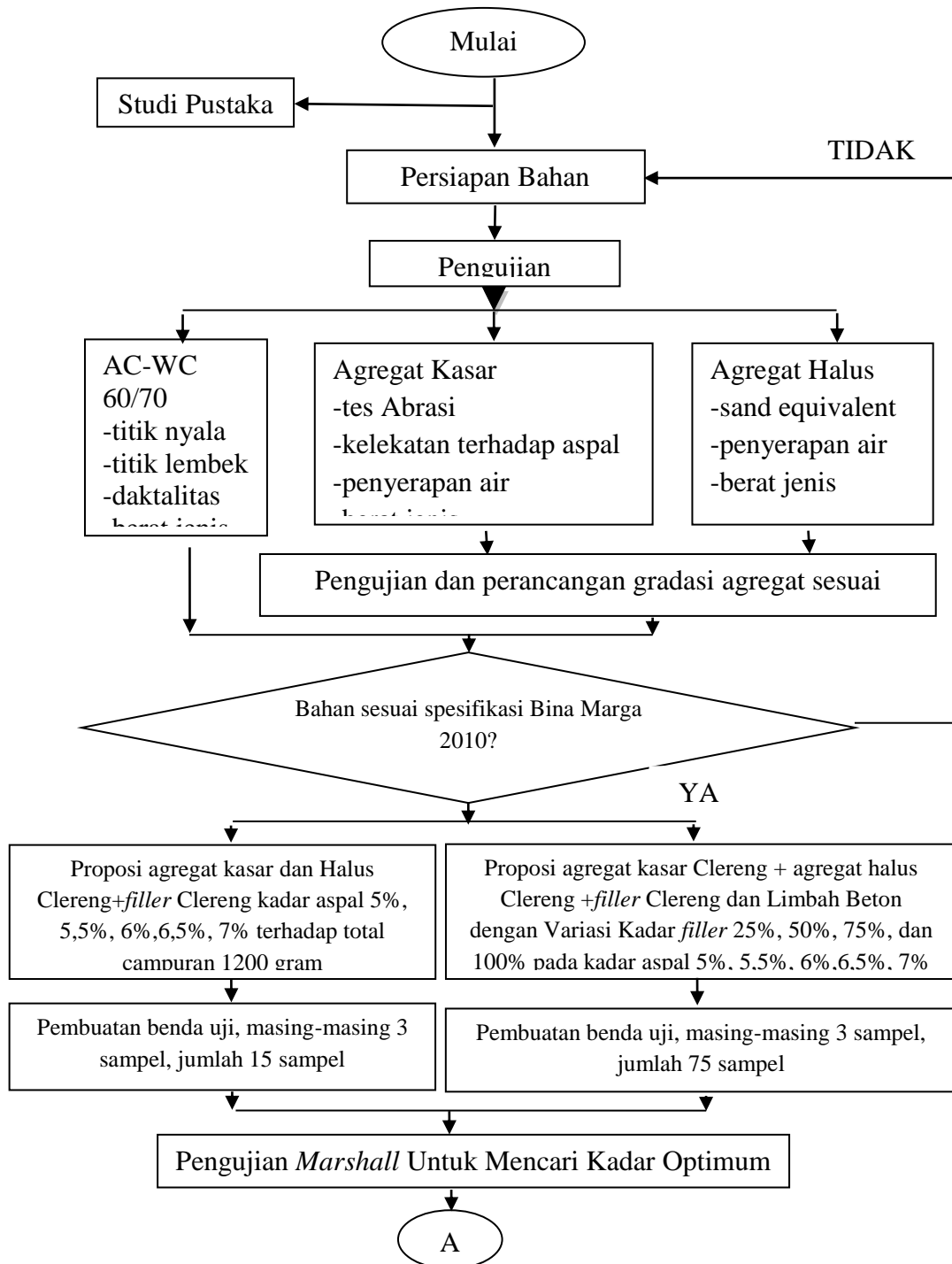
Dari perbandingan tersebut akan diperoleh nilai KAO yang paling efektif yang bekerja pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. Pada tahap ini keseluruhan benda uji yang diteliti adalah 45 buah benda uji, yaitu 3 benda uji untuk masing-masing perbandingan agregat halus dengan persentase berbeda guna pengujian *Marshall Standar, Marshall Immersion, Indirect Tensile Strength* jumlah benda uji ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jumlah benda uji berdasarkan KAO

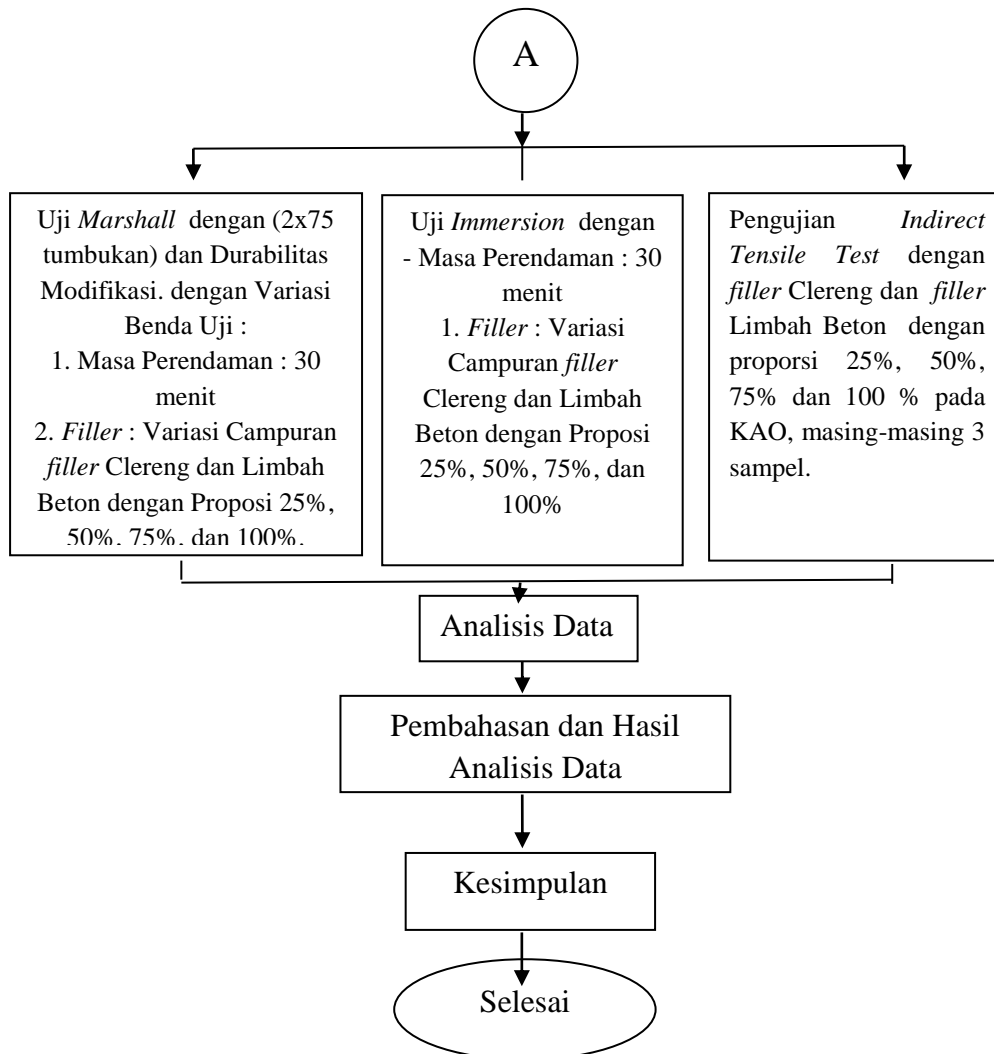
Jenis Pengujian	Variasi Proporsi <i>filler</i>				
	<i>filler</i> Limbah Beton (%) : <i>filler</i> Clereng (%)				
	0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	100 : 0
<i>Marshall Standar</i> (30 menit)	3	3	3	3	3
<i>Marshall Immersion</i> (24 jam)	3	3	3	3	3
<i>Indirect Tensile Strength</i>	3	3	3	3	3
Σ benda uji	45				

4.8 BAGAN ALIR PENELITIAN

Bagan alir adalah penjelasan secara singkat yang berupa tahapan-tahapan dalam menjalankan penelitian. Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian (1 dari 2)



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian (2 dari 2)

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 HASIL PENELITIAN

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina AC 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian tersebut menghasilkan data-data yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1-7.

Tabel 5.1 Hasil pengujian AC 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,035	Memenuhi
2	Penetrasi 0,1 mm	60 – 70	64,5	Memenuhi
3	Daktalitas Cm	≥ 100	164	Memenuhi
4	Titik Nyala °C	≥ 232	325	Memenuhi
5	Kelarutan aspal dalam TCE %	≥ 99	99,46	Memenuhi
6	Titik Lembek °C	≥ 48	51,5	Memenuhi

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian agregat meliputi pengujian agregat kasar dan agregat halus, yaitu pengujian untuk agregat halus dari Clereng. Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh dari pengujian karakteristik agregat telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.2, 5.3, di bawah ini. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8-14.

Tabel 5.2 Hasil pengujian agregat kasar Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,67	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	1,33	Memenuhi
3	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	> 95	98,5	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	< 40	21,32	Memenuhi

Tabel 5.3 Hasil pengujian agregat halus Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,62	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	1,19	Memenuhi
4	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	87,31	Memenuhi

Hasil yang didapatkan dari berbagai macam pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa material yang digunakan untuk penelitian sesuai dengan spesifikasi Bina Marga (2010). Dengan demikian maka material agregat kasar dan agregat halus dari batuan Clereng dapat digunakan sebagai bahan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*.

5.1.3 Hasil Perhitungan Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* untuk Menentukan KAO

Pengujian di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, UII menghasilkan nilai – nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*Flow*), *VMA (Void in Mineral Agregate)*, *VFWA (Void Filled With Asphalt)*, *VITM (Void in The Total Mix)*, *MQ (marshall quotient)*, dan kepadatan (*Density*) dari campuran *AC-WC* dengan variasi campuran *filler* Clereng dan Limbah Beton sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.4, sampai 5.8 berikut ini.

Tabel 5.4 Hasil pengujian *Marshall* dengan menggunakan proporsi campuran 0% *filler* Limbah Beton dan *Filler* Clereng 100% (v1)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Syarat	Kadar Aspal				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	848,52	982,49	1097,54	1145,33	996,20
<i>Flow</i> (mm)	2,0 - 4,0	3,04	3,34	3,65	3,90	3,98
VITM (%)	3,0 - 5,0	8,64	7,12	5,84	4,77	4,84
VFWA(%)	> 65	53,20	60,75	67,66	73,77	74,79
VMA(%)	> 15	18,46	18,12	18,03	18,12	19,19
Density (gr/cc)	> 2	2,26	2,28	2,30	2,31	2,29
MQ (kg/mm)	> 250	252,61	294,11	302,14	294,35	250,55

Tabel 5. 5 Hasil pengujian *Marshall* dengan menggunakan proporsi campuran 25% *filler* Limbah Beton dan 75% *Filler* Clereng (v2)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Syarat	Kadar Aspal				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	872,44	1003,95	1111,02	1170,17	1003,29
<i>Flow</i> (mm)	2,0 - 4,0	3,00	3,26	3,51	3,80	4,00
VITM (%)	3,0 - 5,0	7,84	7,01	5,77	4,45	4,37
VFWA(%)	> 65	55,98	61,36	67,91	75,17	76,83
VMA(%)	> 15	17,75	18,04	17,98	17,86	18,80
Density (gr/cc)	> 2	2,29	2,29	2,30	2,32	2,30
MQ (kg/mm)	> 250	292,51	308,47	318,02	308,54	251,36

Tabel 5.6 Hasil pengujian *Marshall* dengan menggunakan proporsi campuran 50% *filler* Limbah Beton dan 50% *Filler* Clereng(v3)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Syarat	Kadar Aspal				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	871,99	1016,22	1134,85	1194,38	1020,19
<i>Flow</i> (mm)	2,0 - 4,0	2,81	3,13	3,36	3,56	3,90
VITM (%)	3,0 - 5,0	7,67	6,17	4,96	4,18	3,57
VFWA(%)	> 65	56,57	64,47	71,31	76,36	81,29
VMA(%)	> 15	17,61	17,31	17,29	17,63	18,14
Density (gr/cc)	> 2	2,29	2,31	2,33	2,33	2,34
MQ (kg/mm)	> 250	311,29	326,16	333,10	336,02	261,25

Tabel 5.7 Hasil pengujian *Marshall* dengan menggunakan proporsi campuran 75% *filler* Limbah Beton dan 25% *Filler* Clereng (v4)

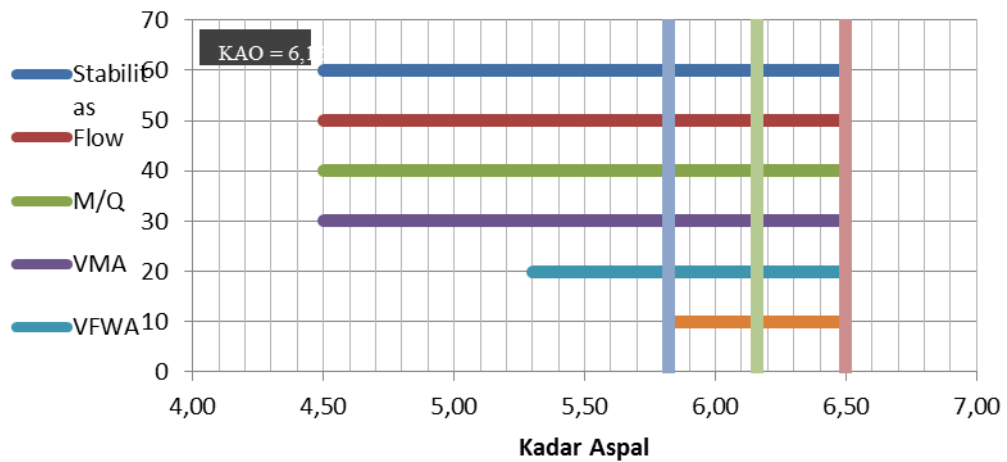
Karakteristik <i>Marshall</i>	Syarat	Kadar Aspal				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	899,77	1045,53	1165,67	1215,18	1074,52
<i>Flow</i> (mm)	2,0 - 4,0	2,75	2,93	3,26	3,55	3,86
VITM (%)	3,0 - 5,0	7,39	5,62	4,18	3,33	2,61
VFWA(%)	> 65	57,50	67,02	74,86	80,32	85,03
VMA(%)	> 15	17,37	16,84	16,62	16,93	17,34
Density (gr/cc)	> 2	2,30	2,33	2,35	2,35	2,35
MQ (kg/mm)	> 250	329,28	357,51	366,74	342,31	278,64

Tabel 5.8 Hasil pengujian *Marshall* dengan menggunakan proporsi campuran 100% *filler* Limbah Beton dan 0% *Filler* Clereng (v5)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Syarat	Kadar Aspal				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	924,34	1068,29	1173,62	1237,22	1150,11
<i>Flow</i> (mm)	2,0 - 4,0	2,63	2,90	3,00	3,26	3,54
VITM (%)	3,0 - 5,0	6,97	5,04	4,00	3,22	2,40
VFWA(%)	> 65	59,00	69,21	76,09	80,89	86,13
VMA(%)	> 15	17,01	16,34	16,48	16,84	17,18
Density (gr/cc)	> 2	2,31	2,35	2,35	2,36	2,36
MQ (kg/mm)	> 250	351,92	386,30	397,50	377,57	332,25

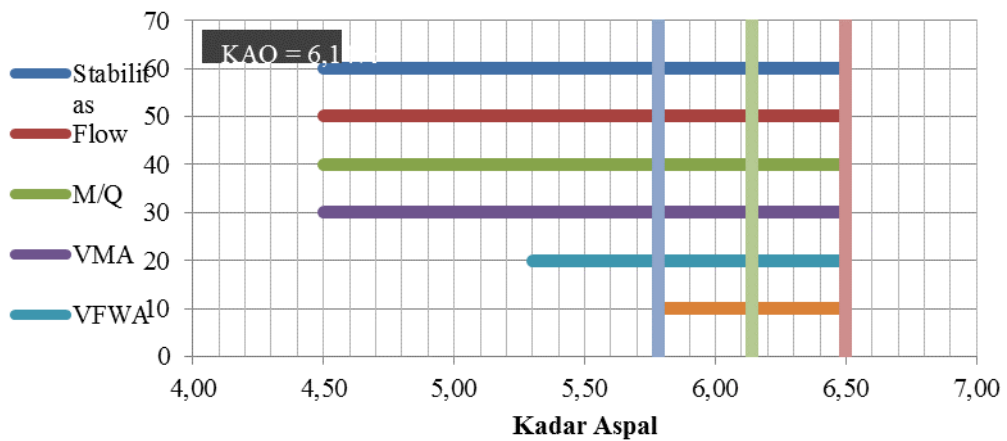
5.2 PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA CAMPURAN (AC-WC) ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE

Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia akan didapatkan nilai kadar aspal optimum yang ditentukan dengan merentangkan kadar aspal sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat pada campuran yang diinginkan, tetapi tidak selalu diperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi syarat, sehingga nilai-nilai kadar aspal optimum dapat diambil dari pengujian *Marshall* yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran. Berdasarkan perhitungan secara grafis, nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.1, sampai 5.5 dan Lampiran 15 sampai Lampiran 39.



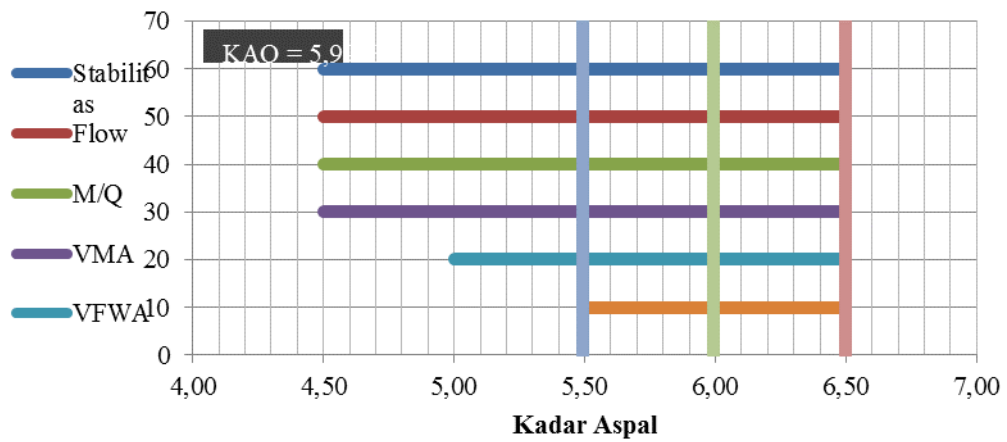
Gambar 5.1 Grafik Perhitungan KAO 0% Limbah Beton dan 100% Clereng

Pada Gambar 5.1 di atas menunjukkan variasi 1 dengan proporsi campuran 0% Limbah Beton dan 100% Clereng didapat nilai KAO sebesar 6,08%.



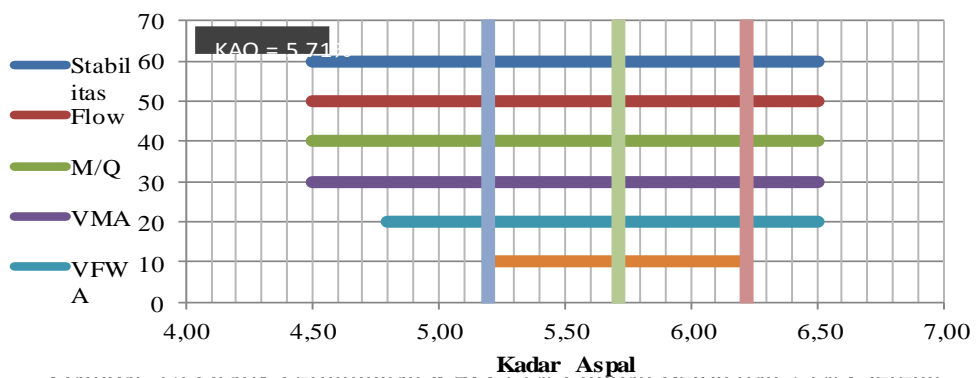
Gambar 5.2 Grafik Perhitungan KAO 25% Limbah Beton dan 75% Clereng

Pada Gambar 5.2 di atas menunjukkan variasi 2 dengan proporsi campuran 25% Limbah Beton dan 75% Clereng didapat nilai KAO sebesar 6,11%.



Gambar 5.3 Grafik Perhitungan KAO 50% Limbah Beton dan 50% Clereng

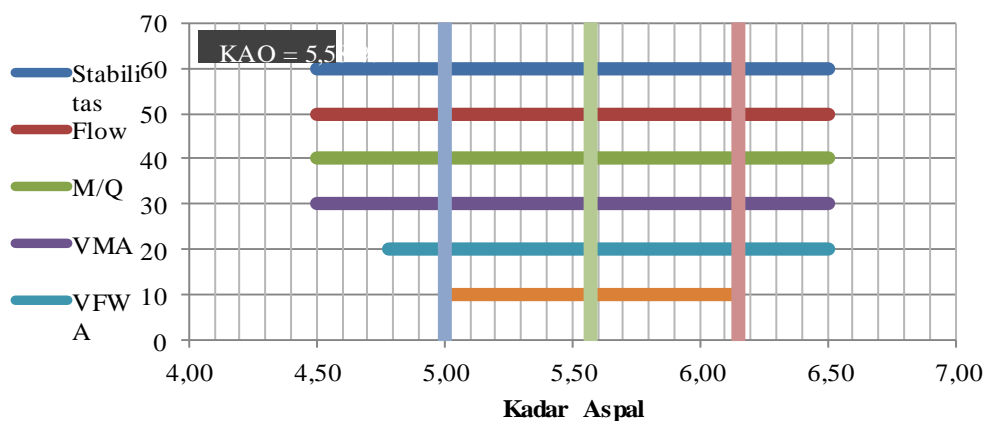
Pada Gambar 5.3 di atas menunjukkan variasi 3 dengan proporsi campuran 50% Limbah Beton dan 50% Clereng didapat nilai KAO sebesar 5,99%.



Gambar 5.4 Grafik Perhitungan KAO 75% Limbah Beton dan 25% Clereng

Pada Gambar 5.4 di atas menunjukkan variasi 4 dengan proporsi campuran

7



Gambar 5.5 Grafik Perhitungan KAO 100% Limbah Beton dan 0% Clereng

Pada Gambar 5.5 di atas menunjukkan variasi 5 dengan proporsi campuran 100% Limbah Beton dan 0% Clereng didapat nilai KAO sebesar 5,94%.

Tabel hasil rekapitulasi kadar aspal optimum pada setiap variasi campuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Hasil rekapitulasi kadar aspal optimum

Proporsi Agregat Halus	Variasi	KAO (%)
0% Limbah Beton dan 100% Clereng	1	6,16
25% Limbah Beton dan 75% Clereng	2	6,14
50% Limbah Beton dan 50% Clereng	3	5,99
75% Limbah Beton dan 25% Clereng	4	5,71
100% Limbah Beton dan 0% Clereng	5	5,58

Pada Tabel 5.9 di atas dilihat bahwa semakin besar penggantian persentase *filler* Limbah Beton ke agregat halus Clereng maka kadar aspal optimum yang dihasilkan semakin menurun.

Pada campuran Laston proporsi 25% Limbah Beton dan 75% Clereng kadar aspal menurun. Sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek, serta penguncian antar butiran yang tinggi dipengaruhi *filler* Limbah Beton yang kecil sehingga rongga dalam campuran menjadi kecil, dan penyerapan agregat halus clereng yang kecil, sehingga kebutuhan aspal pada variasi tersebut mengalami penurunan.

Pada campuran Laston proporsi 50% Limbah Beton dan 50% Clereng kadar aspal menurun. Hal ini dipengaruhi oleh Kepadatan *filler* Limbah Beton yang lebih besar dari *filler* clereng. Karena *filler* Limbah Beton mempunyai volume yang lebih besar sehingga menyebabkan kebutuhan aspal yang dibutuhkan untuk menyelimuti agregat menjadi lebih sedikit. Selain karena itu, disebabkan juga karena penyerapan *filler* Limbah Beton lebih kecil dari *filler* Clereng, sehingga kebutuhan aspal pada variasi tersebut mengalami penurunan.

Kadar aspal pada proporsi agregat 100% Limbah Beton lebih kecil dari 100% Clereng. Hal ini disebabkan Berat jenis dan penyerapan *filler* Limbah Beton sebesar 2,35 lebih kecil daripada *filler* Clereng yaitu 2,62, maka pada campuran

laston AC-WC yang menggunakan 100 % *filler* Limbah Beton mempunyai volume yang lebih besarsehingga menyebabkan kebutuhan aspal yang dibutuhkan untuk menyelimuti agregat menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan campuran yang menggunakan proporsi *filler* Clereng yang lebih tinggi.

Besarnya penyerapan agregat terhadap air akan mempengaruhi besarnya kadar aspal yang dibutuhkan dalam campuran aspal beton. Semakin besar nilai penyerapan agregat terhadap air maka semakin besar kebutuhan aspal yang dibutuhkan dalam campuran Laston. pada variasi 100% *filler* Limbah Beton dan 0% *filler* Clereng memiliki kadar aspal yang lebih kecil daripada variasi 100% *Filler* Clereng dan 0% *filler* Limbah Beton. Hal ini disebabkan karena penyerapan *filler* Limbah Beton lebih kecil dari *filler* Clereng, sehingga kebutuhan aspal pada variasi tersebut mengalami penurunan.

5.3 PEMBAHASAN

5.3.1 Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik aspal bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik aspal. Pada pengujian karakteristik aspal, pengujian yang dilakukan adalah berat jenis aspal, penetrasi aspal, daktilitas, titik nyala, kelarutan dalam TCE, dan titik lembek.

Tabel 5.10 Persyaratan Aspal AC 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70
3	Daktilitas (cm)	≥ 100
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232
5	Kelarutan aspal dalam TCE (%)	≥ 99
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48

1. Berat Jenis Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan *vicnometer*. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Hasil analisis

pengujian aspal penetrasi 60/70, yaitu diperoleh nilai berat jenis aspal menunjukkan nilai sebesar 1,035 gr/cc. Hasil ini menunjukkan bahwa pengujian aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 1,00$.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu dengan beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Hasil pengujian penetrasi aspal menunjukkan nilai sebesar 64,5 mm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu antara 60 sampai dengan 70 mm.

3. Daktilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar akan mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur. Hasil pengujian daktilitas menunjukkan nilai sebesar 165 cm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 100 cm.

4. Kelarutan dalam *TCE*

Pengujian kelarutan dalam *TCE* bertujuan untuk mengetahui kelarutan aspal dalam *Tetra Choro Ephilen TCE* sehingga dapat mengetahui persentase kandungan mineral lain dalam aspal. Semakin besar persentase kelarutannya maka semakin kecil kandungan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dengan batuan. Hasil pengujian kelarutan dalam *TCE* menunjukkan nilai sebesar 99,46. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar $> 99\%$.

5. Titik Lembek

Titik lembek adalah suhu pada saat bola-bola baja dengan berat tertentu mendesak turun ke suatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di

bawah cincin pada ketinggian tertentu, sebagai akibat kecepatan pada pemanasan suhu tertentu. Hasil pengujian titik lembek menunjukkan nilai sebesar $51,5^{\circ}\text{C}$. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 48^{\circ}$

6. Titik Nyala

Pengujian titik nyala bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal mulai menyala dan mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik nyala menunjukkan nilai sebesar 325°C . Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 232^{\circ}\text{C}$.

Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 yang berasal dari Laboratorium Jalan Raya Program Studi teknik Sipil, FTSP UII memenuhi persyaratan sehingga layak digunakan sebagai bahan pengujian.

5.3.2 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat kasar Clereng.

Tabel 5.11 Persyaratan agregat kasar

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3
3	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	> 95
4	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	< 40

Tabel 5.12 Persyaratan agregat kasar

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada temperatur tertentu. Material dengan berat jenis yang lebih kecil mempunyai pori yang lebih besar sehingga akan dibutuhkan aspal yang lebih banyak dan begitu

pula sebaliknya. hasil pengujian berat jenis agregat kasar Clereng sebesar 2,67. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Agregat yang mempunyai kadar pori yang besar akan lebih banyak membutuhkan aspal karena nilai penyerapannya semakin besar. Hasil pengujian penyerapan agregat kasar Clereng terhadap air sebesar 1,33%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan. Hasil pengujian kelekatan agregat Clereng terhadap aspal sebesar 99%. Hasil ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu sebesar $> 95\%$.

4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Nilai keausan agregat diperoleh dari perbandingan antara berat bahan yang aus terhadap saringan no.12 terhadap berat semula. Hasil pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* pada campuran agregat kasar Clereng sebesar 21,32 %. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 40\%$

Hasil pengujian agregat kasar Clereng memenuhi spesifikasi sehingga layak digunakan sebagai bahan penelitian.

5.3.3 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisik dan karakteristik agregat halus Clereng.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada temperatur tertentu. Material dengan berat jenis yang lebih kecil mempunyai pori yang lebih besar sehingga akan dibutuhkan aspal yang lebih banyak dan begitu pula sebaliknya. Pengujian berat jenis agregat halus Clereng didapatkan hasil sebesar 2,62. Nilai berat jenis dari agregat halus diatas memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Agregat yang mempunyai kadar pori yang besar akan lebih banyak membutuhkan aspal karena nilai penyerapannya semakin besar. Pada pengujian penyerapan agregat halus Clereng terhadap air sebesar 1,19%. Nilai penyerapan agregat halus memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Nilai *sand equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Pada pengujian *sand equivalent* dengan campuran agregat halus Clereng didapatkan hasil sebesar 87,31%. Nilai *sand equivalent* pada agregat halus Clereng memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 50\%$, ini bahwa agregat halus Clereng cukup bersih dan terbebas dari kandungan debu, lumpur, atau kotoran lainnya yang dapat mengganggu kelekatan aspal terhadap agregat.

4. *Filler* Limbah Beton berat jenis *filler* menurut SNI 0013 – 81 yaitu 2,25 – 2,7 gr/ml

Hasil pengujian agregat halus sudah memenuhi spesifikasi, sehingga layak digunakan sebagai bahan uji penelitian.

5.3.4 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* Standar

Karakteristik *Marshall* merupakan parameter yang penting yang sering digunakan pada pengujian campuran aspal. Adapun nilai-nilai yang dapat ditinjau dari hasil pengujian *Marshall* yaitu.

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, stabilitas adalah kemampuan aspal untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Nilai stabilitas tergantung dari gaya saling mengunci batuan (*internal friction*) dan kelekatan (*cohesion*). *Internal friction* tergantung pada tekstur permukaan, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan kadar aspal.

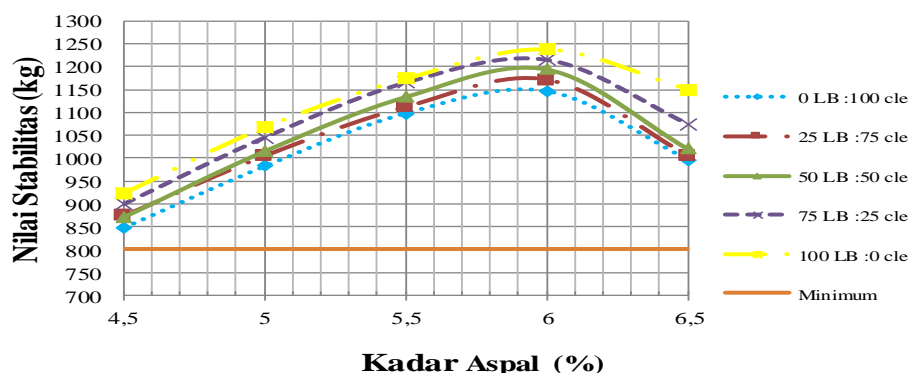
Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas ditunjukkan oleh peningkatan stabilitas seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hingga stabilitas mencapai batas maksimum selanjutnya penambahan kadar aspal akan menyebabkan turunnya nilai stabilitas. Hal ini disebabkan karena aspal yang pada awalnya berfungsi sebagai pengikat antar agregat berubah menjadi pelicin seiring dengan bertambahnya kadar aspal, sehingga menurunkan gaya saling mengunci antar agregat pada campuran.

Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan bersifat getas, sedangkan stabilitas yang rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel sehingga mudah mengalami *rutting*,

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik stabilitas seperti ditunjukkan pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.6 berikut ini.

Tabel 5. 13 Nilai stabilitas dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng

Variasi Campuran		Stabilitas (Kg)				
		Kadar Aspal (%)				
Limbah Beton	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	848,52	982,49	1097,54	1145,33	996,20
25%	75%	872,44	1003,95	1111,02	1170,17	1003,29
50%	50%	871,99	1016,22	1134,85	1194,38	1020,19
75%	25%	899,77	1045,53	1165,67	1215,18	1074,52
100%	0%	924,34	1068,29	1173,62	1237,22	1150,11



Gambar 5. 6 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan stabilitas

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat dilihat peningkatan nilai stabilitas pada kadar aspal berbeda dengan variasi campuran yang sama bahwa nilai stabilitas pada masing-masing variasi berada diatas spesifikasi yang disyaratkan yaitu 800kg. stabilitas mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan berat jenis *filler* Limbah Beton. Pada berat yang sama, Campuran yang menggunakan *filler* Limbah Beton mempunyai Volume yang lebih besar dan sebagai konsekuensinya kebutuhan aspal untuk mengikat butiran antar agregat juga semakin besar kemudian dapat dilihat juga bahwa pada kadar aspal 4,5%-6% nilai stabilitas mengalami kenaikan sedangkan pada aspal 6,5% Hal ini disebabkan oleh kadar aspal yang semula menjadi pengikat antara agregat pada perkerasan sampai kadar maksimum, selanjutnya berubah menjadi pelicin sehingga nilai stabilitas menurun. akibatnya pada jumlah aspal yang sama luas permukaan yang terselimuti semakin rendah dan menurunkan ketahanannya terhadap deformasi.

Dari grafik dapat dilihat bahwa campuran yang menggunakan komposisi *filler* Limbah Beton, didapatkan nilai stabilitas campuran AC-WC dengan *filler* Limbah Beton 0 % paling rendah sebesar 848,52 kg sedangkan paling tinggi Pada *filler* Limbah Beton 100 % paling tinggi sebesar 1237,22 kg maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa perkerasan campuran Laston dengan menggunakan *filler* Limbah Beton mampu menahan beban lalu lintas yang lebih besar daripada *filler* Clereng.

2. *Flow*

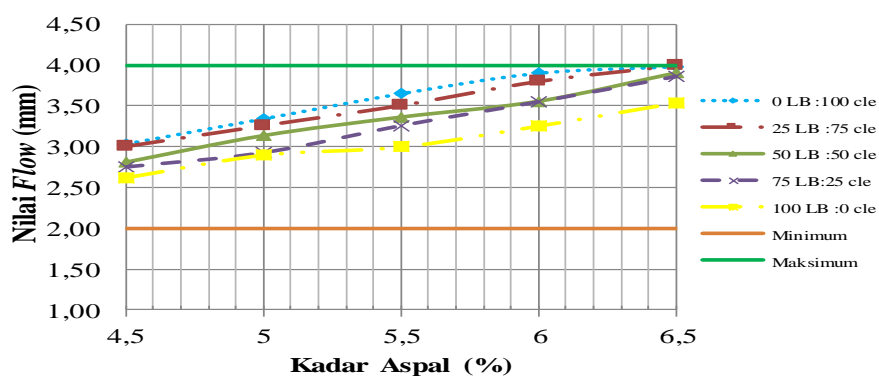
Kelelehan (*flow*) merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Kelelehan suatu campuran menunjukkan tingkat kelenturan lapisan perkerasan, tingkat kelelehan tersebut lebih banyak ditentukan oleh aspalnya, terutama sifat daktilitas, aspal yang mempunyai sifat daktilitas rendah dalam campuran akan menghasilkan lapis perkerasan yang fleksibilitasnya rendah.

Campuran yang mempunyai *flow* rendah dengan stabilitas tinggi cenderung kaku sehingga mudah mengalami retak apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu lintas. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan. Menurut Bina Marga 2010, nilai *flow* untuk beton aspal dengan lalu lintas tinggi yaitu $> 3\text{mm}$.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *flow* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.7 berikut ini.

Tabel 5. 14 Nilai *Flow* dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng

Variasi Campuran		<i>Flow</i> (mm)				
		Kadar Aspal (%)				
Limbah Beton	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	3,04	3,34	3,65	3,90	3,98
25%	75%	3,00	3,26	3,51	3,80	4,00
50%	50%	2,81	3,13	3,36	3,56	3,90
75%	25%	2,75	2,93	3,26	3,55	3,86
100%	0%	2,63	2,90	3,00	3,26	3,54

Gambar 5. 7 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan *Flow*

Berdasarkan Gambar 5.7 diatas dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal, nilai *flow* mengalami peningkatan. Semakin besar persentase penggantian Clereng ke Limbah Beton dalam campuran Laston menghasilkan nilai *flow* yang semakin besar. Peningkatan nilai *flow* pada *filler* Limbah Beton disebabkan *Filler* Limbah Beton lebih mudah bercampur dengan aspal membentuk mastik yang lebih rendah, menyebabkan campuran menjadi plastis dan jika menerima deformasi plastis yang lebih besar. Campuran Laston menggunakan 100% Limbah Beton memiliki nilai *flow* tinggi dengan stabilitas tinggi sehingga cenderung rapat. Hal ini dikarenakan *filler* Limbah Beton memiliki permukaan yang halus sehingga mengisi ke rongga, Volume yang besar dan penyerapan terhadap air kecil sehingga tidak dapat menyerap aspal dengan baik dan kandungan minyak pada aspal menguap saat pemanasan aspal sehingga aspal lebih cepat mengeras dan menyebabkan nilai *flow* menjadi lebih rendah.

Meskipun demikian semua variasi proporsi agregat halus Clereng memenuhi persyaratan Bina Marga (2010), yaitu 2 – 4 mm.

Dari hasil pengujian dilaboraturium, didapatkan nilai flow campuran AC-WC, didapatkan nilai flow campuran kadar *filler* Limbah Beton 0 % memiliki flow terendah 2,63 mm dan paling tinggi adalah 4,00 mm

3. *Marshall Quotient*

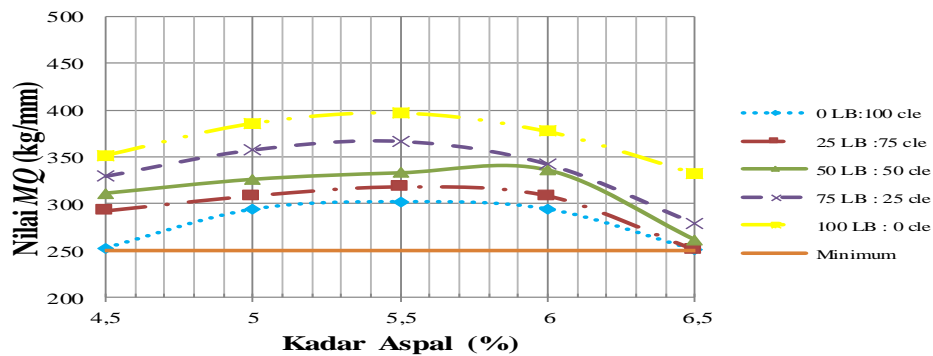
Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*). Nilai *marshall quotient* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Stabilitas yang tinggi disertai nilai *flow* yang rendah menyebabkan perkerasan menjadi kaku dan getas. Sebaliknya stabilitas yang rendah dan *flow* yang tinggi menunjukkan campuran lebih bersifat plastis dan apabila menerima beban lalu lintas, maka perkerasan akan mengalami deformasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *marshall quotient* adalah stabilitas dan *flow*. Hal ini berarti bahwa nilai *marshall quotient* juga tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas dan *flow*, seperti bentuk agregat, tekstur permukaan, gradasi agregat, daya lekat, kadar aspal, viskositas aspal, jumlah dan temperatur pemadatan.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *marshall quotient* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 15 Nilai *marshall quotient* dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng

Variasi Campuran		<i>Marshall Quotien (kg/mm)</i>				
		Kadar Aspal (%)				
Limbah Beton	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	252,61	294,11	302,14	294,35	250,55
25%	75%	292,51	308,47	318,02	308,54	251,36
50%	50%	311,29	326,16	333,10	336,02	261,25
75%	25%	329,28	357,51	366,74	342,31	278,64
100%	0%	351,92	386,30	397,50	377,57	332,25



Gambar 5.8 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan *marshall quotient*

Berdasarkan Grafik pada Gambar 5.8, dilihat bahwa nilai *marshall quotient* memberikan gambaran bahwa bertambahnya proporsi kadar *filler* Limbah Beton hal ini mengindikasikan bahwa aspal yang melekat dan terabsorpsi kedalam agregat mampu memperkuat campuran laston sehingga tertahan deformasi

Secara umum campuran laston yang menggunakan *filler* Limbah Beton mempunyai nilai MQ lebih rendah jika dibandingkan dengan *filler* Clereng.

Campuran Laston yang menggunakan *filler* Limbah Beton memiliki nilai stabilitas yang tinggi dan nilai *flow* yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa campuran laston *filler* Limbah Beton bersifat lentur dan kuat, dikarenakan *filler* Limbah Beton mempunyai tekstur dan permukaan yang lebih baik di bandingkan *filler* clereng untuk setiap variasi komposisi lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan, yaitu >250 kg/mm. Secara umum nilai *marshall quotient* memiliki kecenderungan naik seiring penambahan kadar aspal, namun nilai *marshall quotient* akan kembali turun apabila kadar aspal yang ditambahkan sudah berlebihan.

Campuran Laston yang menggunakan 100% Limbah Beton mempunyai nilai *marshall quotient* lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran Laston yang menggunakan 100% Clereng, hal ini dikarenakan nilai stabilitas campuran Laston yang menggunakan 100% Limbah Beton tinggi dan nilai *flow* rendah.

4. *VITM* (Void in the Total Mix)

VITM menunjukkan banyaknya rongga dalam campuran, yang dinyatakan dalam persentase terhadap total volume campuran agregat dan aspal. Persentase rongga yang disyaratkan Bina Marga 2010 untuk campuran beton aspal adalah 3% - 5%. Beton yang mempunyai nilai $VITM \leq 3\%$ akan memperbesar kemungkinan terjadinya *bleeding*. Akibat tingginya temperatur, aspal dalam campuran akan

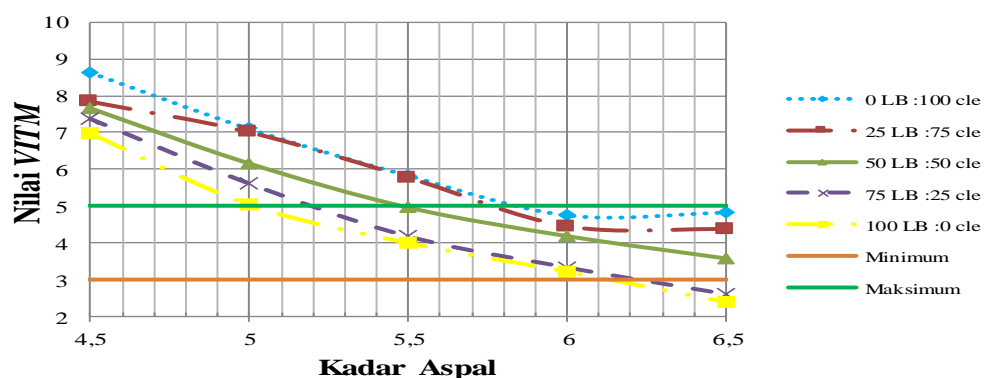
mencair sehingga saat perkerasan menerima beban, aspal akan mengalir di antara rongga agregat. Sebaliknya jika nilai $VITM \geq 5\%$ menunjukkan rongga yang terdapat didalam campuran besar, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, sehingga aspal mudah teroksidasi yang mengakibatkan melemahnya ikatan aspal terhadap agregat yang selanjutnya aspal tidak mampu untuk mengikat agregat.

Nilai $VITM$ oleh Bina Marga mensyaratkan batas maksimum 5% dan batas minimum 3% tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan keawetan campuran dan batas minimum untuk mencegah terjadinya deformasi plastis. Dalam campuran harus tersedia cukup rongga yang terisi udara yang berfungsi untuk menyediakan ruang gerak bagi unsur-unsur dalam campuran sesuai dengan keelastisan bahan penyusunnya.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik $VITM$ seperti ditunjukkan pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.9 berikut ini.

Tabel 5.16 Nilai $VITM$ dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng

Variasi Campuran		$VITM$ (%)				
		Kadar Aspal (%)				
Limbah Beton	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	8,64	7,12	5,84	4,77	4,84
25%	75%	7,84	7,01	5,77	4,45	4,37
50%	50%	7,67	6,17	4,96	4,18	3,57
75%	25%	7,39	5,62	4,18	3,33	2,61
100%	0%	6,97	5,04	4,00	3,22	2,40



Gambar 5. 9 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan $VITM$

Bedasarkan grafik Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa dengan besar proporsi kadar *filler* Limbah Beton nilai *VITM* mengalami penurunan, karena rongga udara yang terisi aspal semakin besar dan memperkecil volume rongga udara, kemampuan *filler* Limbah Beton semakin rapat proporsi penggantian *filler* Clereng ke *filler* Limbah Beton kedalam campuran laston menghasilkan nilai *VITM* menurun kemudian variasi nilai *VITM* memenuhi syarat dalam spesifikasi umum yang disyaratkan yaitu sebesar 3-5%. Dari gambar diatas juga dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya kadar aspal pada setiap variasi maka nilai *VITM* mengalami penurunan. Berarti dapat dijelaskan bahwa semakin banyak aspal yang ditambahkan kedalam campuran semakin kecil pula rongga udara pada campuran yang terselimuti oleh aspal.

Campuran Laston 100% Limbah Beton memiliki nilai *VITM* lebih kecil dibandingkan campuran Laston 100% Clereng, hal ini dikarenakan berat jenis *filler* Limbah Beton lebih kecil sehingga pada berat yang sama campuran Limbah Beton memiliki volume yang lebih besar. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran sehingga nilai *VITM* akan semakin kecil. Penyerapan agregat terhadap air yang kecil akan menyebabkan aspal yang diserap oleh agregat sedikit. Hal ini akan mengakibatkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi besar, sehingga persentase rongga dalam campuran menjadi sedikit.

Pada proporsi *filler* clereng 100% Clereng, dan 75% *filler* Clereng 25% *filler* Limbah Beton dengan kadar aspal 4,5%, 5% dan 5,5% menunjukkan bahwa nilai *VITM* tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010), yaitu 3–5%. Hal ini dikarenakan aspal pada campuran terlalu sedikit sehingga menyebabkan rongga udara dalam campuran banyak, artinya aspal tidak mampu mengisi lebih banyak rongga – rongga yang ada sehingga rongga dalam campuran semakin besar.

Pada proporsi agregat 50% *filler* Clereng 50% *filler* Limbah Beton, 25% *filler* Clereng 75% *filler* Limbah Beton, dan 100% *filler* Limbah Beton dengan kadar aspal 4,5%, dan 5% menunjukkan bahwa nilai *VITM* memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010), yaitu 3–5%. Hal ini dikarenakan aspal pada campuran terlalu

sedikit sehingga menyebabkan rongga udara dalam campuran banyak, artinya aspal tidak mampu mengisi lebih banyak rongga – rongga yang ada sehingga rongga dalam campuran semakin besar.

Pada kadar aspal 6,5% dalam campuran Laston dengan proporsi agregat 25% *Filler* Clereng 75% *filler* Limbah Beton, dan 100% Limbah Beton menunjukkan bahwa nilai *VITM* memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010), yaitu 3–5 %. Hal ini dikarenakan aspal pada campuran terlalu banyak sehingga menyebabkan rongga udara dalam campuran mengecil, artinya aspal mampu mengisi lebih banyak rongga – rongga yang ada sehingga campuran menjadi lebih rapat atau rongga menjadi semakin sedikit.

5. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

Nilai *VFWA* menunjukkan banyaknya persen rongga yang ada dalam campuran terisi oleh aspal. Besarnya nilai *VFWA* berpengaruh pada kedekatan campuran terhadap keawetan suatu perkerasan. Faktor – faktor yang mempengaruhi nilai *VFWA* adalah gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan. Menurut Bina Marga 2010 nilai *VFWA* yang disyaratkan yaitu >65%.

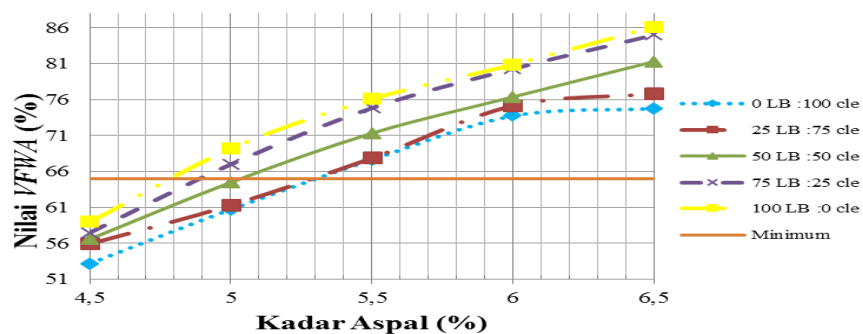
Nilai *VFWA* yang besar menunjukkan semakin banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi. Namun nilai *VFWA* yang terlalu tinggi akan berpotensi terjadinya *bleeding* atau naiknya aspal ke permukaan.

Nilai *VFWA* yang terlalu kecil akan menyebabkan lapisan kurang kedap terhadap air dan udara, karena banyak rongga yang kosong. Hal ini akan memudahkan air dan udara yang akan melarutkan bagian aspal yang teroksidasi tersebut, sehingga keawetan campuran berkurang.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VFWA* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.17 dan Gambar 5.10 berikut ini.

Tabel 5. 17 Nilai *VFWA* dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng

Variasi Campuran		<i>VFWA</i> (%)				
		Kadar Aspal (%)				
Limbah Beton	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	53,20	60,75	67,66	73,77	74,79
25%	75%	55,98	61,36	67,91	75,17	76,83
50%	50%	56,57	64,47	71,31	76,36	81,29
75%	25%	57,50	67,02	74,86	80,32	85,03
100%	0%	59,00	69,21	76,09	80,89	86,13



Berdasarkan Grafik Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa seiring dengan pertambahan kadar aspal maka nilai *VFWA* semakin bertambah. Semakin besar persentase pergantian *filler* Clereng ke *filler* Limbah Beton dalam campuran Laston maka nilai *VFWA* semakin besar. Hal ini dikarenakan Berat Volume Limbah Beton lebih besar daripada Clereng, sehingga pada berat yang sama volume *filler* Limbah Beton menjadi lebih besar. Hal ini menyebabkan berkurangnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran, sehingga pada kadar aspal yang sama banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal besar.

Penyerapan *filler* Limbah Beton terhadap air yang kecil akan menyebabkan aspal yang diserap agregat dan *filler* kecil. Hal ini akan menyebabkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih besar, sehingga banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal besar.

Pada kadar aspal 4,5 % nilai *VFWA* memenuhi syarat Bina Marga 2010 yaitu >65%. Hal ini disebabkan aspal pada campuran terlalu sedikit sehingga sulit untuk mengisi rongga diantara agregat saat proses pemadatan. Campuran Laston

menggunakan *filler* Limbah Beton lebih baik dari *filler* Clereng karena *filler* Limbah Beton memiliki permukaan yang halus, penyerapan agregat terhadap air menjadi kecil sehingga campuran Laston menjadi kedap dan awet.

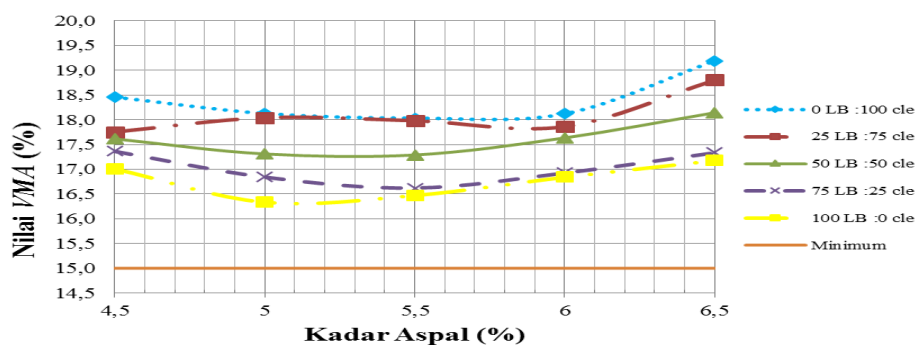
6. *VMA (Void in Mineral Aggregate)*

Nilai pori dalam agregat campuran *VMA* menunjukkan banyak pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. Nilai *VMA* dapat juga dinyatakan sebagai rongga yang tersedia untuk ditempati volume aspal dan udara yang diperlukan dalam campuran agregat dan aspal. Nilai *VMA* dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah tumbukan, dan kadar aspal. Nilai *VMA* berpengaruh terhadap sifat kekedapan dan keawetan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, namun nilai *VMA* yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan potensi terjadinya *bleeding* pada saat perkerasan menerima beban pada temperatur yang tinggi. Nilai *VMA* yang terlalu rendah akan menyebabkan lapisan kurang dapat mengikat aspal sehingga akan mudah terjadi *raveling*, *striping* dan lain sebagainya.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VMA* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.18 dan Gambar 5.11 berikut ini.

Tabel 5. 18 Nilai VMA dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng

Variasi Campuran		VMA (%)				
		Kadar Aspal (%)				
Limbah Beton	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	18,46	18,12	18,03	18,12	19,19
25%	75%	17,75	18,04	17,98	17,86	18,80
50%	50%	17,61	17,31	17,29	17,63	18,14
75%	25%	17,37	16,84	16,62	16,93	17,34
100%	0%	17,01	16,34	16,48	16,84	17,18



Gambar 5. 11 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan VMA

Berdasarkan Grafik pada Gambar 5.11 dapat dilihat pada setiap variasi terlihat persentase nilai VMA yang meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal. Akan tetapi nilai VMA antar variasi menurun seiring dengan bertambahnya kadar *filler* Limbah Beton pada campuran Laston. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai VMA, seperti temperatur pemadatan, kualitas pemadatan, dan karakteristik agregat. Kualitas pemadatan yang kurang baik menghasilkan benda uji dengan rongga yang cukup besar.

Campuran Laston 100% Limbah Beton memiliki nilai VMA lebih kecil dibandingkan dengan campuran Laston 100% Clereng. Hal ini dikarenakan berat volume *filler* Limbah Beton lebih besar daripada *filler* Clereng sehingga menyebabkan rongga yang tersedia untuk ditempati volume aspal dan udara menjadi kecil, sehingga nilai VMA yang kecil. *Filler* Limbah Beton memiliki permukaan yang halus sedangkan *filler* Clereng memiliki Berat Volume yang

lebih kecil. Nilai pori dalam campuran *VMA* menunjukkan banyak pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal.

7. *Density* (Kepadatan)

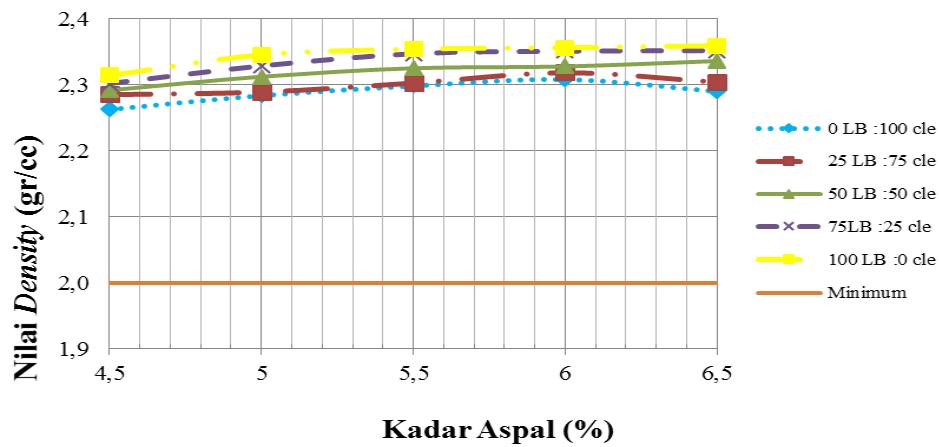
Density merupakan nilai yang menunjukkan besaran kepadatan suatu campuran yang diukur tiap satuan volume. Nilai *Density* dipengaruhi oleh gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. Nilai *Density* merupakan perbandingan antara massa dan volume, sehingga berat jenis yang lebih besar akan memiliki volume yang lebih kecil maka menghasilkan nilai *Density* yang lebih besar.

Campuran aspal beton dengan nilai *Density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki nilai *Density* rendah. Semakin besar nilai *Density*, maka kerapatan semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin padat dan rapat.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Density* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.19 dan Gambar 5.12 berikut ini.

Tabel 5.19 Nilai *Density* dengan proporsi campuran Limbah Beton dan Clereng

Variasi Campuran		<i>Density</i>				
		Kadar Aspal (%)				
LB	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	2,26	2,28	2,30	2,31	2,29
25%	75%	2,29	2,29	2,30	2,32	2,30
50%	50%	2,29	2,31	2,33	2,33	2,34
75%	25%	2,30	2,33	2,35	2,35	2,35
100%	0%	2,31	2,35	2,35	2,36	2,36



Gambar 5. 12 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan *Density*

Berdasarkan Grafik pada Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian *filler* dari *filler* Clereng ke *filler* Limbah Beton kedalam campuran Laston maka nilai *Density* semakin besar akan tetapi tidak memiliki lonjakan *Density* yang signifikan. Hal ini disebabkan karena bahan *filler* Limbah Beton mempunyai butiran lebih halus yang mengakibatkan lebih mudah bercampur dengan aspal membentuk mastik lebih rendah. Akibat bertambahnya *filler* Limbah Beton dalam campuran laston, maka kerapatan semakin baik. Campuran Laston 100% *filler* Limbah Beton mempunyai nilai *Density* yang lebih besar sehingga memiliki kerapatan yang lebih baik di bandingkan dengan campuran Laston 100% *filler* Clereng.

5.3.5 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

Berikut Tabel rancangan campuran agregat untuk KAO dapat dilihat pada Tabel 5.19

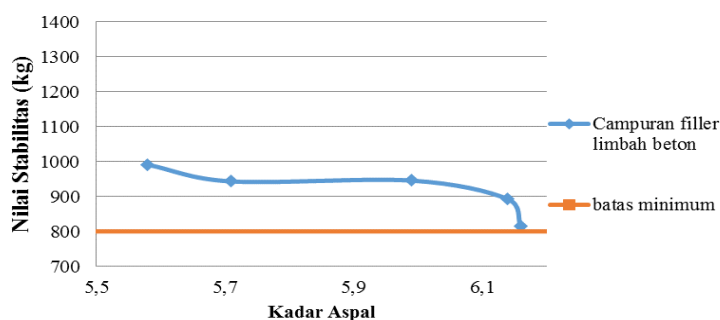
Tabel 5.19 Rancangan gradasi campuran pada nilai KAO

Ukuran saringan	VARIASI 1		VARIASI 2		VARIASI 3		VARIASI 4		VARIASI 5	
	0% LB	100% cel	25% LB	75% cel	50% LB	50% Cel	75% LB	25% cel	100% LB	0% cel
1/2 "	0	56,30	0	84,47	0	84,60	0	84,86	0	84,98
3/8 "	0	129,50	0	137,97	0	138,19	0	138,61	0	138,80
No. 4	0	253,37	0	261,87	0	262,27	0	263,07	0	263,45
No. 8	0	202,69	0	214,00	0	214,33	0	214,98	0	215,29
No. 16	0	140,76	0	137,97	0	138,19	0	138,61	0	138,80
No. 30	0	95,72	0	87,29	0	87,42	0	87,69	0	87,82
No. 50	0	73,20	0	64,76	0	64,86	0	65,06	0	65,15
No. 100	0	56,30	0	45,05	0	45,12	0	45,26	0	45,32
No. 200	0	45,04	0	33,79	0	33,84	0	33,94	0	33,99
Pan	0	73,20	14,78	44,35	29,61	29,61	44,55	14,85	59,49	0

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat dilihat bahwa berat volume *filler* Limbah Beton lebih besar daripada *filler* Clereng. Penyerapan air Limbah Beton lebih kecil daripada Clereng, dan tekstur kristalinitas dengan permukaan batuan halus. Hal itu akan berpengaruh terhadap persentase penggantian agregat halus Clereng pada campuran Laston. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada pembahasan berikut ini.

1. Stabilitas

Grafik stabilitas dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada



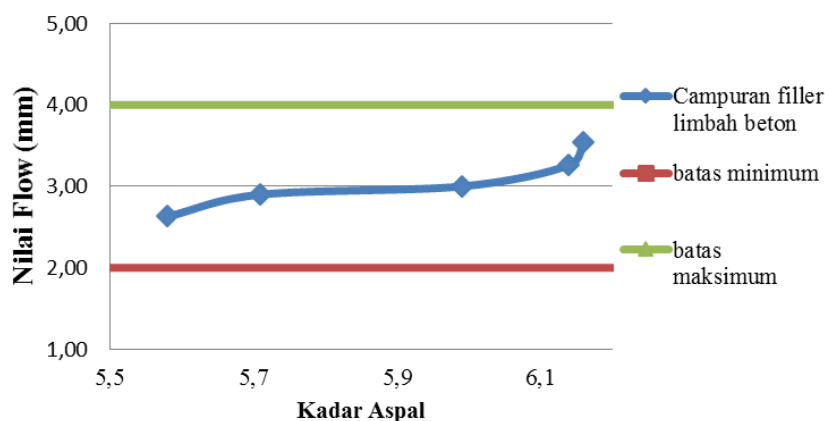
Gambar 5. 13 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* Limbah Beton dengan nilai stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Dari grafik dapat dilihat bahwa campuran beton aspal yang menggunakan

komposisi *filler* Limbah Beton, maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan. Disebabkan berkurangnya jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlampaui tinggi kadar *filler* cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas. Meskipun demikian nilai stabilitas masih diatas batas minimal yang ditentukan oleh Bina Marga 2010, yaitu 800 kg.

2. *Flow*

Grafik *Flow* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.14.



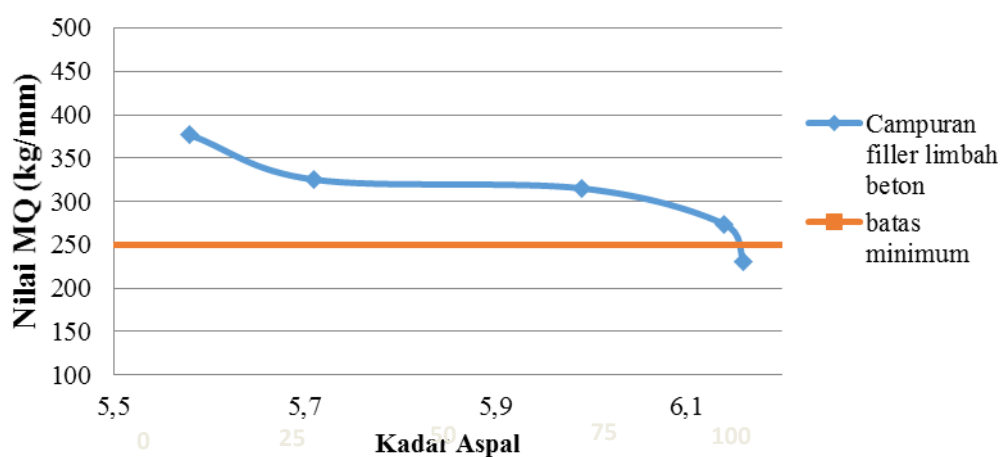
Gambar 5. 14 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* Clereng dengan nilai *flow*

Pada Gambar 5.14 dapat dilihat bahwa dengan persentase penambahan proporsi *filler* Limbah Beton menghasilkan nilai *flow* yang semakin menurun. Kelelahan suatu campuran menunjukkan tingkat kelenturan lapisan perkerasan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran Laston menggunakan 100% *filler* Limbah Beton memiliki nilai *flow* rendah. Hal ini di karenakan *filler* Limbah Beton memiliki permukaan halus yang bersifat kristalinitas dan penyerapan agregat terhadap air kecil sehingga tidak dapat menyerap aspal dengan baik dan kandungan minyak pada aspal menguap saat pemanasan aspal sehingga aspal lebih cepat mengeras dan menyebabkan nilai *flow* menjadi lebih rendah.

Meskipun demikian semua variasi proporsi *filler* Limbah Beton memenuhi persyaratan Bina Marga (2010), yaitu 2 – 4 mm.

3. *Marshall Quotient*

Grafik *marshall quotient* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.15.

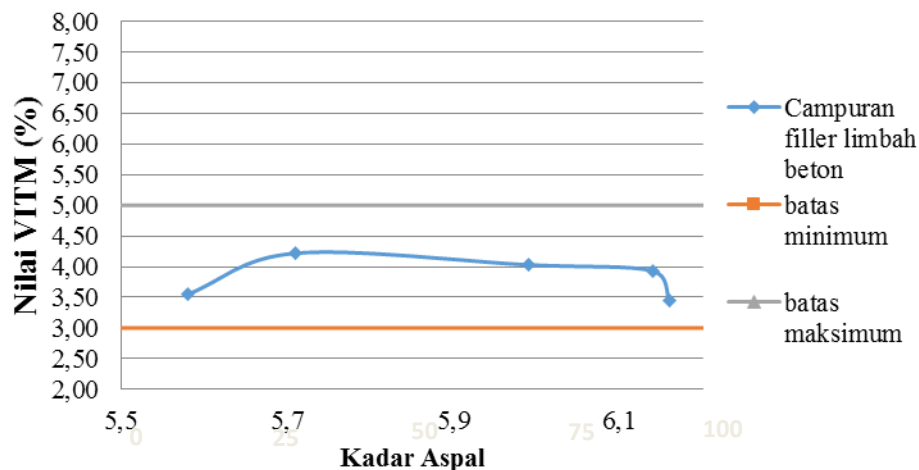


Gambar 5. 15 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* Limbah Beton dengan nilai *marshall quotient*

Pada Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase pengantian *filler* Clereng ke *filler* Limbah Beton dalam campuran Laston menghasilkan nilai *marshall quotient* yang semakin tinggi karena campuran dengan 100% Limbah Beton memiliki nilai stabilitas tinggi dan nilai *flow* rendah. Hal ini menunjukkan bahwa campuran Laston 100% Limbah Beton cenderung kaku.

4. *VITM*

Grafik *VITM* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.16.

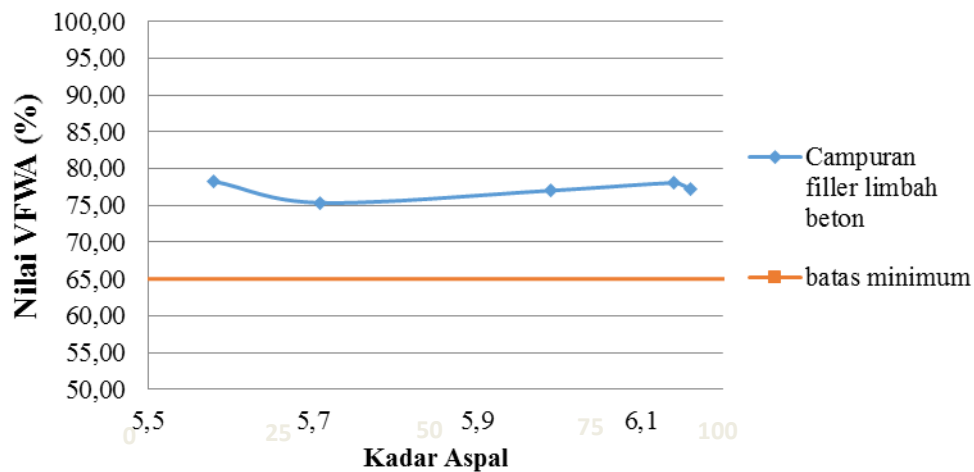


Gambar 5.16 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* Limbah Betondengan nilai *VITM*

Pada Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian *filler* Clereng ke Limbah Beton dalam campuran Laston menghasilkan nilai *VITM* yang menurun. Hal ini dikarenakan berat volume Limbah Beton lebih besar dari Clereng, sehingga memiliki volume yang lebih kecil sehingga rongga udara semakin kecil. Penyerapan agregat terhadap air yang kecil akan menyebabkan aspal yang diserap oleh agregat sedikit. Hal ini akan mengakibatkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi banyak, sehingga persentase rongga terhadap campuran menjadi lebih kecil. Meskipun demikian, nilai *VITM* campuran Laston menggunakan variasi *filler* Limbah Beton dan Clereng memenuhi persyaratan Bina Marga 2010, yaitu 3%-5%.

5. VFWA

Grafik VFWA dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.17.

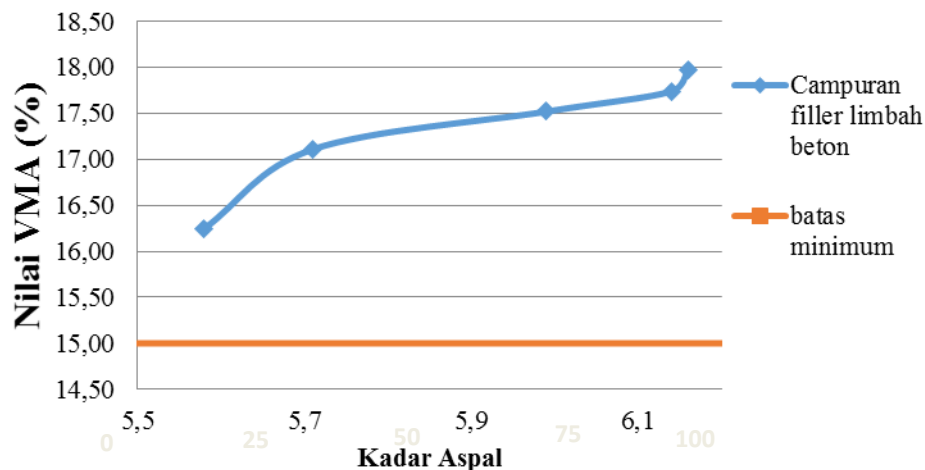


Gambar 5.17 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* limbah beton dengan nilai *VFWA*

Pada Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian *filler* Clereng ke Limbah Beton dalam campuran Laston menghasilkan nilai *VFWA* yang semakin besar. Hal ini dikarenakan berat volume Limbah Beton lebih besar daripada Clereng, menyebabkan berkurangnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran, sehingga pada kadar aspal yang sama banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal besar. Penyerapan agregat terhadap air yang kecil akan menyebabkan aspal yang diserap oleh air juga kecil. Hal ini akan menyebabkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi sedikit, sehingga persen rongga dalam campuran yang terisi aspal besar. *Filler* Limbah Beton memiliki permukaan yang halus, menyebabkan penyerapan agregat terhadap air menjadi kecil sehingga campuran Laston menjadi kedap dan awet.

6. VMA

Grafik *VMA* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.18.

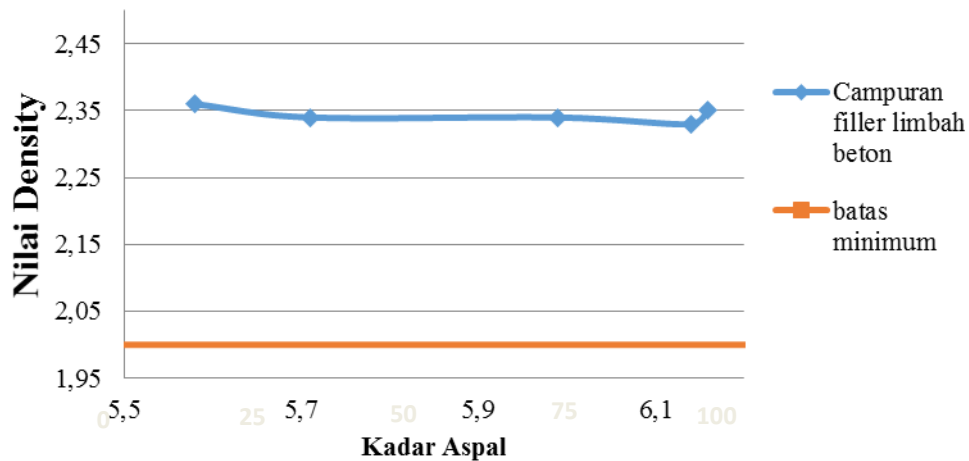


Gambar 5. 18 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* Limbah Beton dengan nilai *VMA*

Pada gambar 5.18 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian *filler* Clereng ke Limbah Beton ke dalam campuran Laston menghasilkan nilai *VMA* yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan berat volume *filler* lebih besar daripada Clereng sehingga menyebabkan rongga yang tersedia untuk ditempati volume aspal dan udara menjadi sedikit, sehingga mengakibatkan nilai *VMA* yang kecil. *Filler* Limbah Beton memiliki permukaan yang halus sedangkan agregat halus Clereng memiliki permukaan sedikit lebih kasar. Hal inilah yang menyebabkan nilai *VMA* campuran Laston menggunakan 100% Limbah Beton lebih kecil dibandingkan 100% Clereng. Nilai pori dalam agregat campuran *VMA* menunjukkan banyak pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal.

7. *Density*

Grafik *Density* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5. 19 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* Limbah Beton dengan nilai *Density*

Pada Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian *filler* dari *filler* clereng ke *filler* Limbah Beton dalam campuran Laston maka nilai *Density* stagnan atau stabil. Hal ini disebabkan oleh berat jenis Limbah Beton hampir sama dengan berat jenis Clereng. Sehingga akan mengakibatkan volume yang ada pada campuran menjadi sama rapat dan padat. Semakin besar nilai *Density*, maka kerapatan semakin baik. Campuran Laston 100% *filler* Limbah Beton mempunyai nilai *Density* yang hampir sama sehingga memiliki kerapatan yang sama baik pada campuran Laston 100% *filler* Clereng.

Adapun hasil rekapitulasi karakteristik *Marshall* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.18 di bawah ini.

Tabel 5. 20 Hasil Rekapitulasi Karakteristik *Marshall* pada KAO

Variasi		KAO	Densit	VMA	VFWA	VITM	Stabilitas	Flow	MQ
Campuran		(%)	y	(%)	(%)	(%)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
LB	Clereng								
0	100	6,16	2,35	17,97	77,15	3,44	816,09	3,54	228,69
25	75	6,14	2,33	17,74	78,03	3,93	892,78	3,26	280,84
50	50	5,99	2,34	17,52	77,01	4,03	945,73	3,00	304,22
75	25	5,71	2,34	17,11	75,35	4,22	943,19	2,90	332,13
100	0	5,58	2,36	16,25	78,26	3,55	990,97	2,63	375,68
Syarat			>2	>15%	>65%	3% - 5%	>800	2mm - 4mm	>250

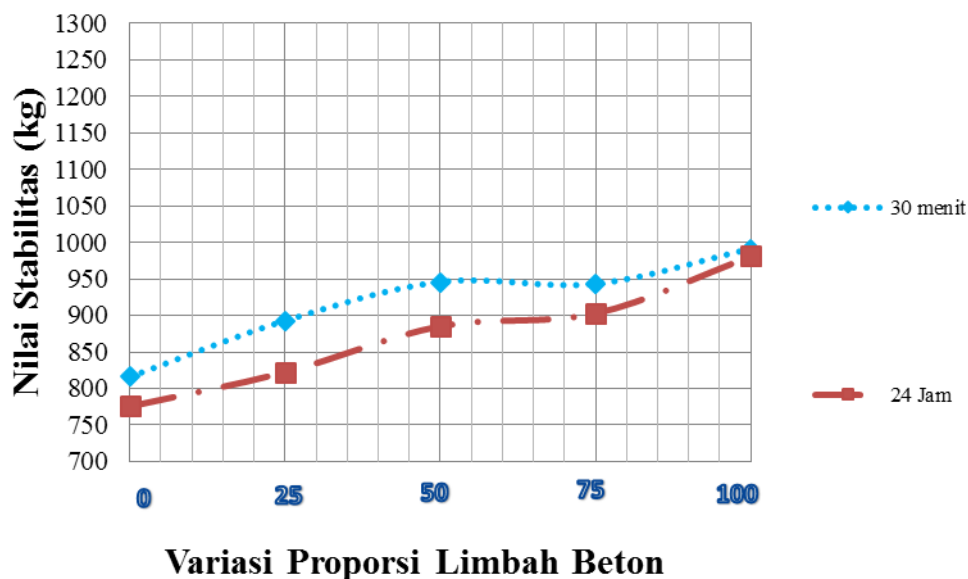
5.3.6 Tinjauan Terhadap Karakteristik *ImmersionTest*

Uji perendaman (*Immersion*) bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan pengujian *Marshall* hanya saja waktu perendaman dalam *waterbath* dengan suhu konstan 60°C selama 24 jam.

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang terjadi. Perendaman selama 24 jam dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai penurunan stabilitas. Berdasarkan Bina Marga 2010, nilai indeks perendaman adalah $\geq 90\%$.

1. Stabilitas rendaman

Stabilitas rendaman 24 jam dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat perubahan suhu, cuaca, dan air. Nilai stabilitas rendaman 0,5 jam dan rendaman 24 jam dapat dilihat pada Gambar 5.20.



Gambar 5. 20 Hubungan persentase campuran *filler* Limbah Beton dengan stabilitas terhadap waktu perendaman

Berdasarkan Gambar 5.20 dapat diketahui bahwa semakin besar pergantian *filler* Clereng ke *filler* Limbah Beton maka nilai stabilitas semakin tinggi. Nilai stabilitas pada rendaman 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan rendaman 30 menit. Hal ini disebabkan proses perendaman, air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang terjadi. Perendaman selama 24 jam dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai penurunan stabilitas untuk menahan beban akibat air dengan suhu tertentu. Pada perendaman 24 jam campuran Laston menggunakan 100% Clereng mengalami penurunan sebesar 84,15 kg, sedangkan pada campuran Laston menggunakan 100% Limbah Beton mengalami penurunan sebesar 19,33 kg. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar pergantian *filler* Clereng ke *filler* Limbah Beton kemampuan untuk menahan beban semakin baik. Hal ini disebabkan penyerapan agregat terhadap air oleh clereng lebih kecil, sehingga air yang masuk ke dalam pori-pori campuran sedikit dan tidak banyak mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

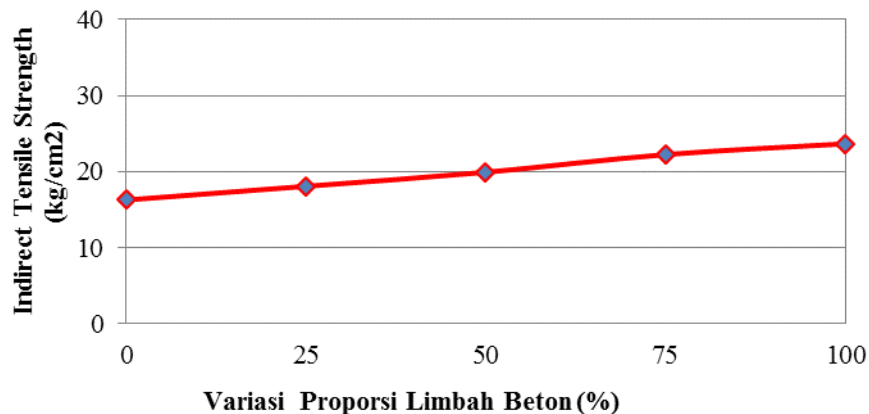
5.3.7 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Indirect Tensile Strength Test*

Indirect Tensile Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Adapun dari hasil pengujian *Indirect Tensile Test* terhadap variasi proporsi filler Limbah Beton pada KAO dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5. 21 Hasil pengujian *Indirect Tensile Test* terhadap variasi proporsi *filler* Limbah Beton pada KAO

Jenis Campuran (%)		KA O (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	<i>Indirect Tensile Strength</i> (kg/cm ²)
LB	Clereng						
0	100	6,16	683,263	10	6,651	0,159	16,285
25	75	6,14	753,072	10	6,601	0,159	18,084
50	50	5,99	796,736	10	6,336	0,159	19,935
75	25	5,71	861,244	10	6,134	0,159	22,255
100	0	5,58	916,967	10	6,140	0,159	23,674

Adapun hubungan persentase variasi proporsi *filler* Limbah Beton dengan *Indirect Tensile Strength* pada KAO ditunjukkan pada gambar 5.21 Berikut ini.



Gambar 5. 21 Hubungan Persentase Campuran *filler* Limbah Beton dengan *Indirect Tensile Strength*

Berdasarkan Gambar 5.21 dapat dilihat bahwa semakin besar penggantian Clereng ke Limbah Beton dalam campuran Laston maka nilai *Indirect Tensile Strength* semakin tinggi. Hal ini dikarenakan Limbah Beton memiliki berat volume yang lebih tinggi daripada Clereng, sehingga kekuatan untuk saling mengunci (*interlocking*) menjadi semakin tinggi dan rongga yang terdapat setelah pemadatan akan lebih sedikit serta penyerapan aspal untuk mengisi rongga akan lebih sedikit. Hal ini menyebabkan aspal yang berfungsi untuk mengikat antar

agregat menjadi semakin besar. Sehingga kekuatan saling mengunci antar agregat dan aspal menjadi tinggi. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggantian campuran Laston menggunakan *filler* Clereng ke *filler* Limbah Beton membuat nilai kuat tarik langsung pada campuran semakin baik.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan karakteristik campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang menggunakan *filler* Limbah Beton sebagai pengganti *filler* Clereng, maka dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut ini.

1. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa berdasarkan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% maka KAO (kadar aspal optimum) yang digunakan adalah 5,5% - 6% aspal dan dari pengujian Marshall menunjukkan bahwa semakin bertambah persentase *filler* Limbah Beton dalam campuran aspal AC–WC, maka semakin meningkat nilai Stabilitas dan meningkatkan nilai Flow hal ini disebabkan nilai VITM dapat menerima peningkatan kadar *filler* Limbah Beton dan rongga dalam campuran bertambah Rapat. Nilai parameter Marshall yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 .
2. *Filler* Limbah Beton dapat digunakan dan berpengaruh dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course(AC-WC)*, karena hasil pengujian berat jenis, penyerapan air, dan *Sand Equivalents* sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010).
3. Semakin besar penggantian persentase Clereng ke Limbah Beton maka kadar aspal optimum yang dihasilkan semakin menurun. Pada variasi 1 (0% LB) menghasilkan KAO 6,16%, sedangkan pada variasi 5 (100% LB) menghasilkan KAO 5,58%.
4. Hasil pengujian karakteristik *Marshall* diperoleh nilai stabilitas campuran 100% Limbah Beton sebesar 1267,38 kg lebih besar dari campuran 0% Limbah Beton yaitu sebesar 1145,33 kg. nilai *flow* campuran 0% Limbah Beton sebesar 3,98 mm lebih besar daripada campuran 100% Limbah Beton

sebesar 3,54mm, dan nilai *VITM* campuran 0% Limbah Beton sebesar 8,64 % lebih besar daripada campuran 100% Limbah Beton sebesar 5,04 %.

5. Semakin besar persentase penggantian campuran agregat halus Clereng ke *filler* Limbah Beton dalam campuran AC-WC, maka menghasilkan nilai *Indirect Tensile Test* semakin tinggi.

6.2 SARAN

Dari berbagai pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan *filler* Limbah Beton sebagai bahan pengisi dalam campuran ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga.

1. Campuran Laston dengan *filler* Limbah Beton mampu menahan beban lalu lintas yang lebih besar daripada *filler* Clereng. Oleh sebab itu lebih cocok digunakan pada penanganan jalan lalu lintas dengan beban yang berat, karena campurannya lebih rapat.
2. Saran sebagai bentuk rekomendasi sebagai berikut: Limbah Beton yang merupakan limbah produksi secara physical mirip dengan abu batu (dust) . sebaiknya abu batu bara tidak digunakan untuk campuran aspal beton karena nilai stabilitas akan rendah meskipun nilai flow meningkat. Perlu penelitian lebih lanjut dengan mempertimbangkan variasi Limbah Beton.
3. Perlu pengkajian lebih lanjut untuk pengaruh sifat fisik lain seperti bentuk, permukaan dan sifat kimiawi yang terkandung dalam *filler* Limbah Beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2015, *Perkerasan Jalan*. (Online) :
(<http://zanius.blogspot.co.id/2012/03/perkerasan-jalan.html>, Diakses 10 April 2016)
- Hardiyatmo, 2011, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga Departement Pekerjaan Umum Republik Indonesia. *Spesifikasi Umum*. 2010. Divisi 6.
- Hardihardaja, Joetata, 1997. *Transportasi*, Jakarta; Bumi Aksara
- Direktorat Jendral Bina Marga Departement Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2010, *Spesifikasi Umum* Divisi 6.
- Muqarramah, Al, 2012, *Karakteristik Bahan Perkerasan Jalan*, (Online):
(http://cyber007-cyber.blogspot.co.id/2012/02/karakteristik-bahan-perkerasan-jalan_02.html , Diakses 10 Oktober 2016)
- Muqarramah, Al, 2012, *Perencanaan Campuran Aspal Metode Bina Marga*, (Online),(<http://cyber007-cyber.blogspot.co.id/2012/01/perencanaan-campuran-aspal-metode-bina.html>),Diakses 19 Oktober 2016)
- Chandra Novyan NF, 2012, *Penelitian pemanfaatan Limbah Beton sebagai agregat kasar dan medium pada campuran laston*
- Muhammad Fariza Haqqi Mabur, 2015, *Kajian Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Filler pada Campuran Split Aspal (SMA)*

LAMPIRAN 1

Lampiran 1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
 Sumber : Pertamina, Cilacap
 Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	09.10 WIB
	Selesai	130°C	09.25 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	25 °C	09.25 WIB
	Selesai	25 °C	10.35 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	10.35 WIB
	Selesai	25 °C	10.55 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	(mm)	(mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	62	68		
2	61	68		
3	60	66		
4	63	67		
5	62	68		
Rata2	61,6	67,4		

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 2. Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN KELEKATAN ASPAL TERHADAP BATUAN

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
 Sumber : Pertamina, Cilacap
 Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Pembacaan	
		Waktu	Suhu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	10.30 WIB	28 °C
	Selesai	11.30 WIB	70 °C
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	11.30 WIB	70 °C
	Selesai	12.40 WIB	30 °C
3	Diperiksa		
	Mulai	12.25 WIB	28 °C
	Selesai	14.00 WIB	28 °C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1	Benda Uji 1	99,7 %	
2	Benda Uji 2	99,3%	
3	Rata-rata	99,5%	

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
 Sumber : Pertamina, Cilacap
 Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	23 °C	09.45 WIB
	Selesai	42 °C	09.57 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	23 °C	09.45 WIB
	Selesai	42 °C	09.57 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	42 °C	14.57 WIB
	Selesai	42 °C	14.50 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
5	25 °C				
6	30 °C	155	155		
7	35 °C	295	295		
8	40 °C	441	441	52	51
9	45 °C				
10	50 °C				
Rata-rata				51,5	

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 4. Pemeriksaan Daktilitas (*Ductility*) / Residue

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (*DUCTILITY*) / RESIDUE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
 Sumber : Pertamina, Cilacap
 Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan Benda Uji	Aspal dipanaskan	15 menit	Suhu pemanas $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2	Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	Suhu ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$
3	Peredaman benda uji	Direndam dalam waterbath pada suhu 25°C	60 menit	Suhu waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4	Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25°C , kecepatan 5 cm per menit	20 menit	Suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN

No	Benda uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	165 cm	Tidak putus
2	Sampel 2	165 cm	Tidak putus

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 5. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



**LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



**Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta**

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Piknometer kosong (gr)	13,38	12,34
2	Berat Piknometer +Aquadest (gr)	24,63	24,83
3	Berat Aquadest (2-1) (gr)	11,26	12,48
4	Berat Piknometer + Aspal (gr)	14,72	12,78
5	Berat Aspal (4-1) (gr)	1,35	0,43
6	Berat Piknometer +Aspal + Aquadest (gr)	24,66	24,85
7	Berat Aquadest (6-4) (gr)	9,95	12,06
8	Volume Aspal (3-7) (gr)	1,30	0,43
9	Berat Jenis Aspal = Berat/Vol (5/8)	1,022	1,048
10	Rata-rata BJ Aspal	1,035	

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 6. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,

Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
 Sumber : Pertamina, Cilacap
 Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan benda uji		
	Mulai	27 °C	13.40 WIB
	Selesai	325 °C	14.10 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	27 °C	14.10 WIB
	Selesai	27 °C	14.50 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	100 °C	14.50 WIB
	Selesai	325 °C	15.20 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda uji 1	325 °C	342 °C

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 7. Pemeriksaan kelarutan Aspal dalam CCL₄ / TCE



**LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,

Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL₄ / TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
2	Penimbangan	Mulai	13.00 WIB	26 °C
3	Pelarutan	Mulai	13.05 WIB	26 °C
4	Penyaringan	Mulai	13.15 WIB	26 °C
		Selesai	13.25 WIB	26 °C
5	Di Oven	Mulai	13.25 WIB	100 °C
6	Penimbangan	Selesai	13.41 WIB	26 °C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat erlen meyer kosong	76,20 gr	75,27 gr
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	76,22 gr	76,76 gr
3	Berat Aspal (2-1)	2gr	1,49 gr
4	Berat kertas saring bersih	0,63 gr	60,60 gr
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,65 gr	0,61 gr
6	Berat mineral (5-4)	0,02 gr	0,01 gr
7	Persentase mineral (6/3x100%)	1 gr	0,67 gr
8	Aspal yang larut (100%-7)	99,6 gr	99,33 gr
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,46 %	

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
 Sumber : Clereng, Kulonprogo
 Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	610,65 gr	612,75 gr	611,70 gr
2	Berat Piknometer + air (B)	664,05 gr	665,39 gr	664,72 gr
3	Berat Piknometer + air + benda uji (BT)	975,70 gr	970,8 gr	973,25 gr
4	Berat benda uji kering (BK)	494,13 gr	494,13 gr	494,13 gr
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,54	2,62	2,58
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,77	2,46	2,61
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,61	2,71	2,66
8	Penyerapan air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	0,98	1,29	1,19

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 9. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,

Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
 Sumber : Clereng, Kulonprogo
 Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1596,21 gr	1613,15 gr	1604,68 gr
2	Berat benda uji alam air (BA)	1000,02 gr	1001,95 gr	1000,99 gr
3	Berat benda uji dikering oven (BK)	1572,50 gr	1594,62 gr	1583,56 gr
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,74	2,51	2,62
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,58	2,74	2,66
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,75	2,69	2,72
8	Penyerapan air = $\frac{BK}{BK-BA} \times 100\%$	1,44 %	1,23 %	1,33 %

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 10. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Clereng Terhadap Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT CLERENG
 TERHADAP ASPAL**

Sumber : Clereng, Kulonprogo

Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Pembacaan	
		Suhu	Waktu
1	Mulai pemanasan benda uji	0 °C	13.30 WIB
2	Selesai pemanasan benda uji	150°C	13.40 WIB
3	Mulai didiamkan pada suhu ruang	150°C	13.40 WIB
4	Selesai didiamkan pada suhu tuang	26°C	15.10 WIB
5	Mulai direndam aquadest	26°C	15.10 WIB
6	Selesai direndam aquadest	26 °C	16.00 WIB

No	Keterangan	% Yang diselimuti aspal
1	Benda uji 1	99%
2	Benda uji 2	98%
3	Rata-rata	98,5%

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 11. Pemeriksaan Sand Equivalent



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,

Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Sumber : Clereng, Kulon Progo

Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	
1	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl ₂ selama (±10,1 menit)	Mulai	14.00	14.00
		Selesai	14.07	14.07
2	Waktu pengendapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	14.14	14.14
		Selesai	14.34	14.34
3	Clay reading (pembacaan lumpur)	4,46 inc	4,58 inc	
4	Sand reading (pembacaan pasir)	3,97 inc	3,99 inc	
5	Sand equivalent = $\frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}} \times 100$	89,01%	87,12%	
6	Rata-rata	88,06%		
Remark : Kadar Lumpur = 100% - ASE = 100% - 88,06 = 11,94%				

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 12. Pemeriksaan Keausan Agregat Clereng (*Abrasi Test*)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT CLERENG (*ABRASI TEST*)

Sumber : Clereng, Kulonprogo

Tanggal Uji : 2017

No	Jenis gradasi		F	
	Saringan		Benda uji (gram)	
	Lolos	Tertahan	I	II
1	72,2 mm (3'')	63,5 mm (2,5'')		
2	63,5 mm (2,5'')	50,8 mm (2'')		
3	50,8 mm (2'')	37,5 mm (1,5'')		
4	37,5 mm (1,5'')	25,4 mm (1'')		
5	25,4 mm (1'')	19 mm (3/4'')		
6	19 mm (3/4'')	12,5 mm (0,5'')	2500 gr	2500 gr
7	12,5 mm (0,5'')	09,5 mm (3/8'')	2500 gr	2500 gr
8	09,5 mm (3/8'')	06,3 mm (1/4'')		
9	06,3 mm (1/4'')	04,75 mm (No. 4)		
10	04,75 mm (No. 4)	02,36 mm (No. 8)		
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	5000 gr
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		4402,19 gr	3465,19 gr
13	KEAUSAN = (A-B)/A X 100		10,95 %	31,69 %
14	Rata-rata keausan		21,32 %	

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 13. Hasil Pengujian MARSHALL Variasi 1 (0% Limbah Beton : 100% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14.4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta E-mail: lab.jlraya@yahoo.com

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 9 November 2017

Tipe Campuran : AC-WC

: Dengan 0% Limbah Beton

Dikerjakan oleh

: Fauzi Ardiawan Nugraha

Diperiksa oleh

: Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4,5A	6,70	4,71	4,5	1179,62	1191,98	672,72	519,26	2,272	2,48	9,85	81,86	8,28	18,14	54,32	8,28	43	956,41	0,88	845,83	2,98	283,84
4,5B	6,67	5,26	4,5	1175,02	1187,78	666,50	521,28	2,254	2,48	9,78	81,23	9,00	18,77	52,08	9,00	43	956,41	0,89	851,21	3,09	275,47
4,5C	6,51	5,26	4,5	1168,35	1181,89	687,08	494,81	2,361	2,48	10,24	85,09	4,67	14,91	68,67	4,67	31	689,51	0,93	641,24	3,23	198,53
								2,296					17,28	58,36	7,32		956,41		779,43	3,10	252,61
5A	6,50	5,26	5,0	1165,04	1173,67	662,40	511,27	2,279	2,46	10,98	81,68	7,33	18,32	59,96	7,33	49	1089,87	0,93	1016,55	3,25	312,78
5B	6,67	5,26	5,0	1175,97	1188,67	672,60	516,07	2,279	2,46	10,98	81,68	7,34	18,32	59,95	7,34	47	1045,38	0,89	930,39	3,38	275,26
5C	6,89	5,26	5,0	1191,78	1204,91	685,58	519,33	2,295	2,46	11,06	82,26	6,68	17,74	62,35	6,68	53	1178,84	0,85	1000,54	3,40	294,28
								2,284					18,12	60,75	7,12		1067,63		982,49	3,34	294,11
5,5A	6,74	5,82	5,5	1184,83	1190,71	676,97	513,74	2,306	2,44	12,23	82,24	5,54	17,76	68,83	5,54	47	1045,38	0,88	917,32	3,68	249,27
5,5B	6,36	5,82	5,5	1183,57	1183,21	671,39	511,82	2,312	2,44	12,26	82,46	5,28	17,54	69,88	5,28	55	1223,32	0,99	1213,53	3,95	307,22
5,5C	6,50	5,82	5,5	1186,11	1195,78	675,03	520,75	2,278	2,44	12,07	81,22	6,71	18,78	64,29	6,71	56	1245,56	0,93	1161,77	3,32	349,93
								2,299					18,03	67,66	5,84		1134,35		1097,54	3,65	302,14
6A	6,51	6,38	6,0	1177,88	1180,67	668,97	511,70	2,302	2,42	13,31	81,65	5,04	18,35	72,53	5,04	56	1245,56	0,93	1158,37	3,97	291,78
6B	6,32	6,38	6,0	1178,80	1184,23	670,46	513,77	2,294	2,42	13,27	81,38	5,35	18,62	71,26	5,35	51	1134,35	1,01	1143,96	3,65	313,41
6C	6,46	6,38	6,0	1183,67	1186,91	678,75	508,16	2,329	2,42	13,47	82,62	3,91	17,38	77,50	3,91	54	1201,08	0,94	1133,67	4,08	277,86
								2,309					18,12	73,77	4,77		1189,96		1145,33	3,90	294,35
6,5A	6,34	6,95	6,5	1172,68	1179,21	665,90	513,31	2,285	2,41	14,31	80,60	5,09	19,40	73,78	5,09	43	956,41	1,00	958,44	4,05	236,65
6,5B	6,31	6,95	6,5	1178,48	1185,74	672,56	513,18	2,296	2,41	14,39	81,02	4,59	18,98	75,80	4,59	46	1023,14	1,01	1033,97	3,91	264,44
6,5C	6,44	6,95	6,5	1185,71	1190,02	684,08	505,94	2,344	2,41	14,68	82,68	2,64	17,32	84,78	2,64	50	1112,11	0,95	1054,54	4,29	245,81
								2,308					18,57	78,12	4,11		989,78		1015,65	4,08	248,97

Mengetahui

Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 14. Grafik *MARSHALL* Variasi 1 (0% Limbah Beton : 100% Clereng)

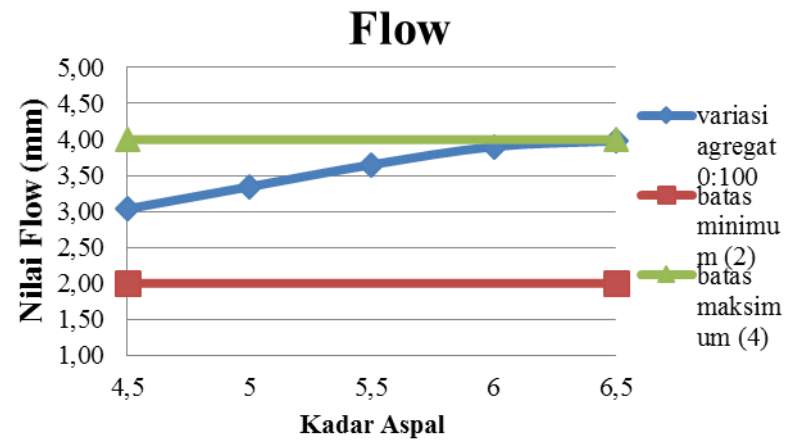
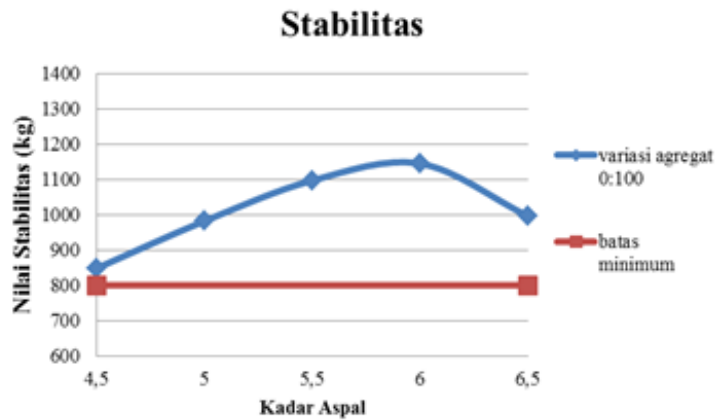


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 1 (0% Limbah Beton : 100% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 15. Grafik *MARSHALL* Variasi 1 (0% Limbah Beton: 100% Clereng)

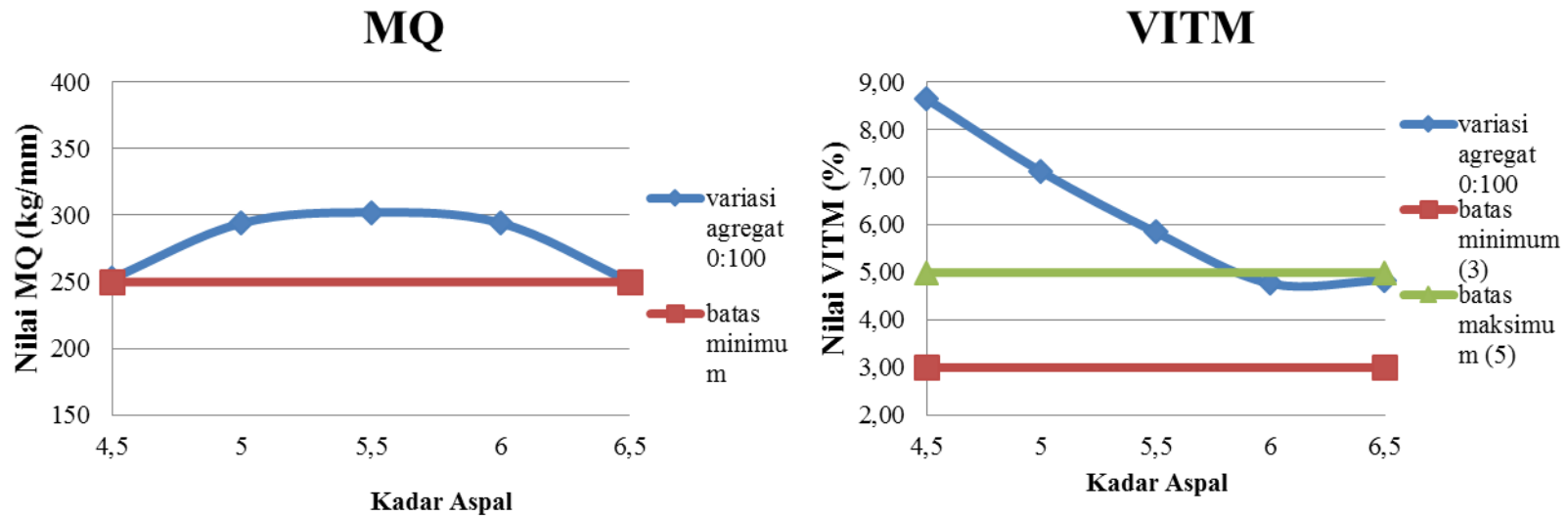


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 1 (0% Limbah Beton : 100% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 16. Grafik *MARSHALL* Variasi 1 (0% Limbah Beton : 100% Clereng)

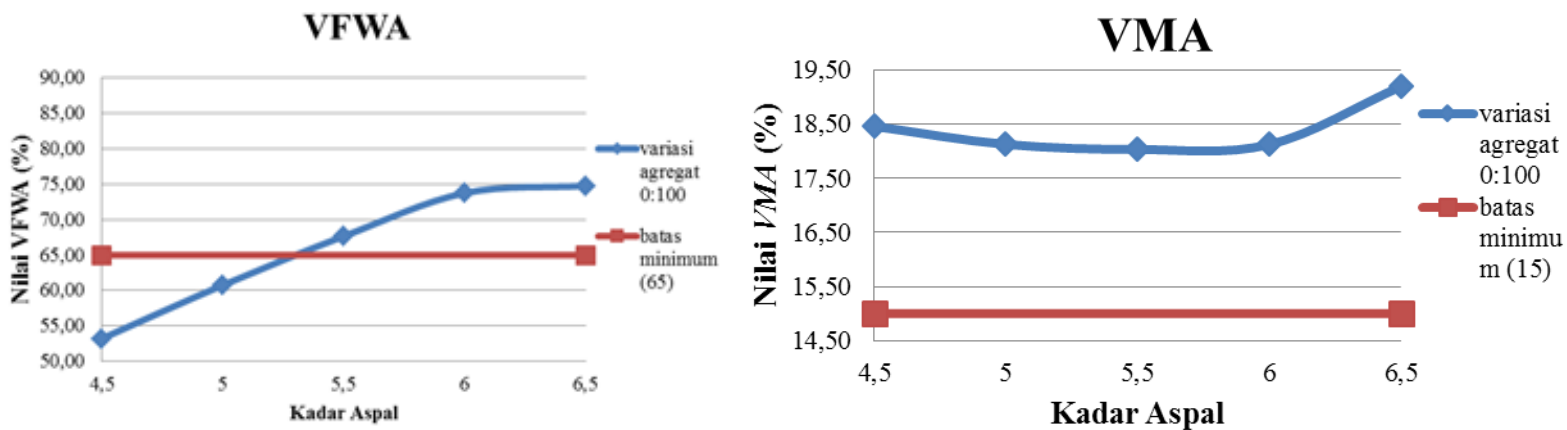


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 1 (0% Limbah Beton : 100% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 17. Grafik *MARSHALL* Variasi 1 (0% Limbah Beton : 100% Clereng)

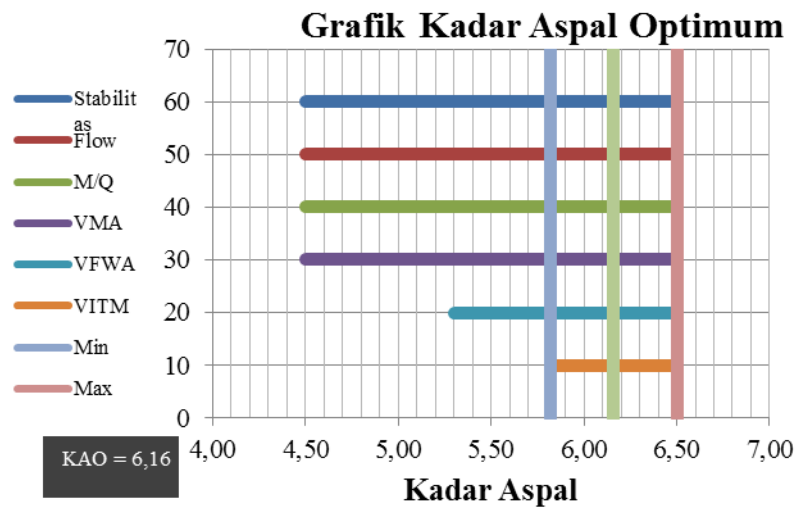
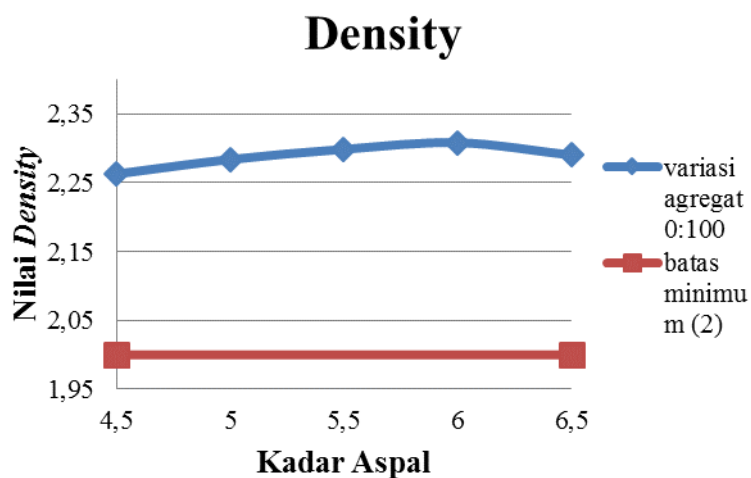


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 1 (0% Limbah Beton : 100% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 18. Hasil Pengujian MARSHALL Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta E-mail: lab.jlraya@yahoo.com

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 9 November 2017
Tipe Campuran : AC-WC
: Dengan 25% Limbah Beton

Dikerjakan oleh : Fauzi Ardiawan Nugraha
Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o Meas	p	Koreksi Te bal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4,5A	6,77	4,71	4,5	1170,69	1169,50	662,06	507,44	2,307	2,48	10,01	83,04	6,96	16,96	58,98	6,96	42	934,17	0,87	814,48	3,15	258,57
4,5B	6,67	5,26	4,5	1174,75	1183,98	664,98	519,00	2,263	2,48	9,82	81,47	8,72	18,53	52,97	8,72	47	1045,38	0,89	930,39	2,85	326,45
4,5C	6,83	5,26	4,5	1195,18	1196,17	698,74	497,43	2,403	2,48	10,42	86,48	3,10	13,52	77,07	3,10	41	911,93	0,86	784,26	3,00	261,42
								2,324					16,34	63,01	6,26		989,78		843,04	3,00	282,15
5A	6,60	5,26	5,0	1183,77	1194,44	676,68	517,76	2,286	2,46	11,02	81,86	7,12	18,14	60,74	7,12	49	1089,87	0,91	989,96	3,36	294,63
5B	6,68	5,26	5,0	1198,03	1203,27	687,29	515,98	2,322	2,46	11,19	83,13	5,68	16,87	66,33	5,68	50	1112,11	0,89	987,69	3,18	310,60
5C	6,65	5,26	5,0	1199,89	1206,54	675,49	531,05	2,259	2,46	10,89	80,90	8,21	19,10	57,00	8,21	52	1156,59	0,89	1034,19	3,23	320,18
								2,289					18,04	61,36	7,01		1100,99		1003,95	3,26	308,47
5,5A	6,49	5,82	5,5	1176,71	1185,62	674,33	511,29	2,301	2,44	12,20	81,97	5,83	18,03	67,65	5,83	50	1112,11	0,94	1040,33	3,56	292,23
5,5B	6,60	5,82	5,5	1181,33	1189,12	675,54	513,58	2,300	2,44	12,19	81,92	5,89	18,08	67,45	5,89	52	1156,59	0,91	1049,61	3,61	290,75
5,5C	6,21	5,82	5,5	1175,57	1183,45	673,96	509,49	2,307	2,44	12,23	82,18	5,59	17,82	68,63	5,59	54	1201,08	1,04	1243,12	3,35	371,08
								2,303					17,98	67,91	5,77		1134,35		1111,02	3,51	318,02
6A	6,73	6,38	6,0	1188,27	1186,71	679,01	507,70	2,340	2,43	13,54	82,92	3,55	17,08	79,23	3,55	63	1401,26	0,88	1231,34	3,64	338,28
6B	6,71	6,38	6,0	1180,28	1184,17	673,29	510,88	2,310	2,43	13,36	81,85	4,79	18,15	73,59	4,79	58	1290,05	0,88	1137,48	3,75	303,33
6C	6,43	6,38	6,0	1184,65	1192,55	678,63	513,92	2,305	2,43	13,33	81,66	5,01	18,34	72,70	5,01	54	1201,08	0,95	1141,68	4,02	284,00
								2,319					17,86	75,17	4,45		1345,65		1170,17	3,80	308,54
6,5A	6,43	6,95	6,5	1195,28	1207,22	687,14	520,08	2,298	2,41	14,40	80,99	4,61	19,01	75,73	4,61	48	1067,63	0,95	1014,83	4,29	236,56
6,5B	6,36	6,95	6,5	1167,62	1173,77	671,20	502,57	2,323	2,41	14,56	81,87	3,58	18,13	80,28	3,58	45	1000,90	0,99	994,12	3,86	257,54
6,5C	6,41	6,95	6,5	1183,04	1190,38	673,99	516,39	2,291	2,41	14,35	80,73	4,92	19,27	74,48	4,92	47	1045,38	0,96	1000,93	3,85	259,98
								2,304					18,80	76,83	4,37		1034,26		1003,29	4,00	251,36

Mengetahui

Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 19. Grafik *MARSHALL* Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)

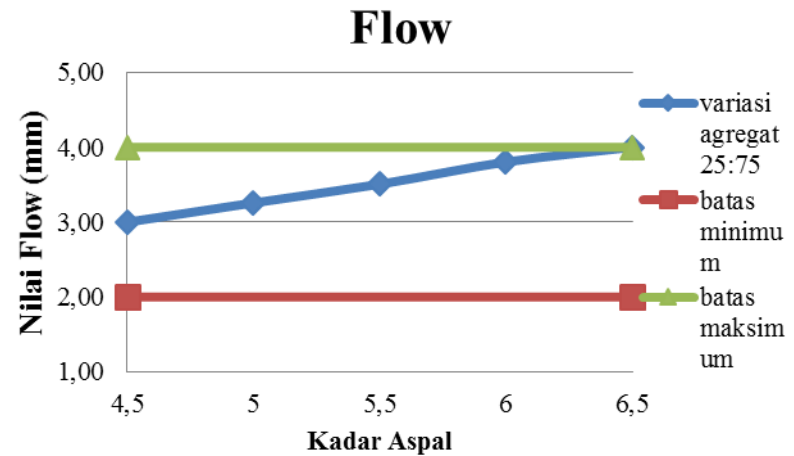
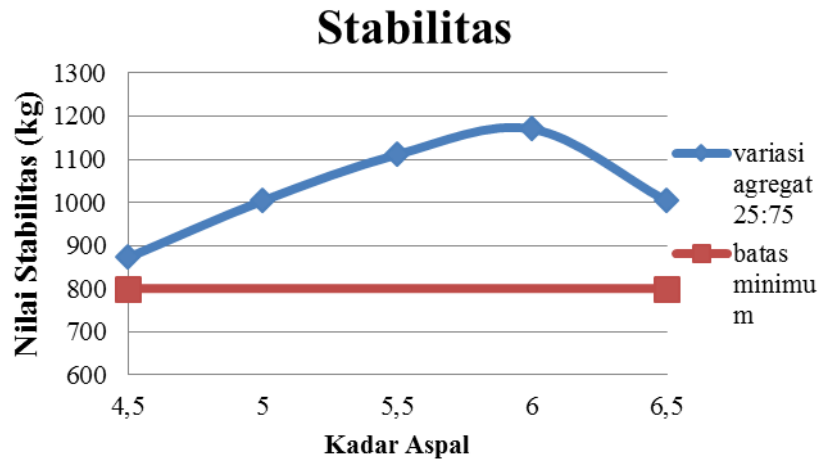


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 2 (25% Limbah Beton : 75% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 20. Grafik *MARSHALL* Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)

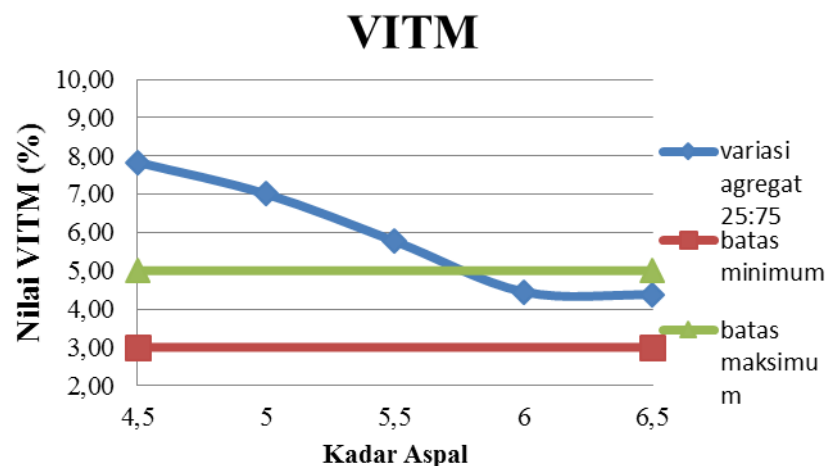
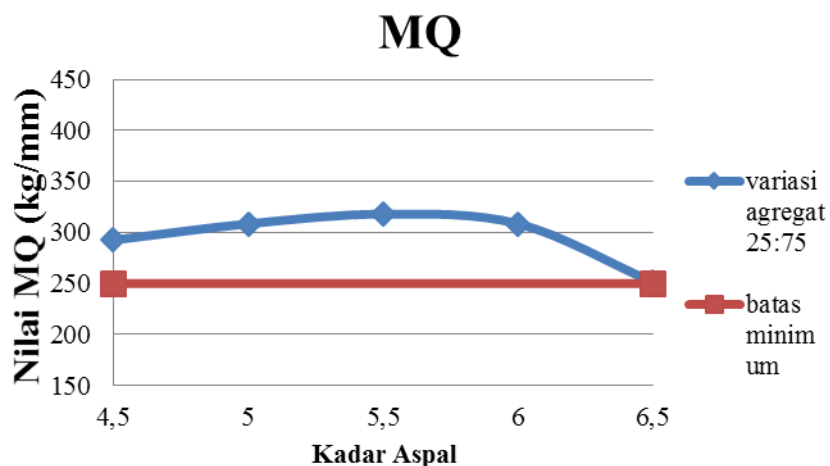


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UIL Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 2 (25% Limbah Beton : 75% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 21. Grafik *MARSHALL* Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)

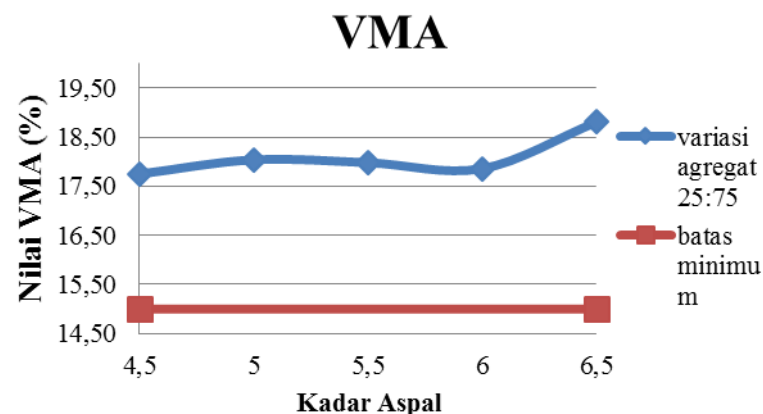
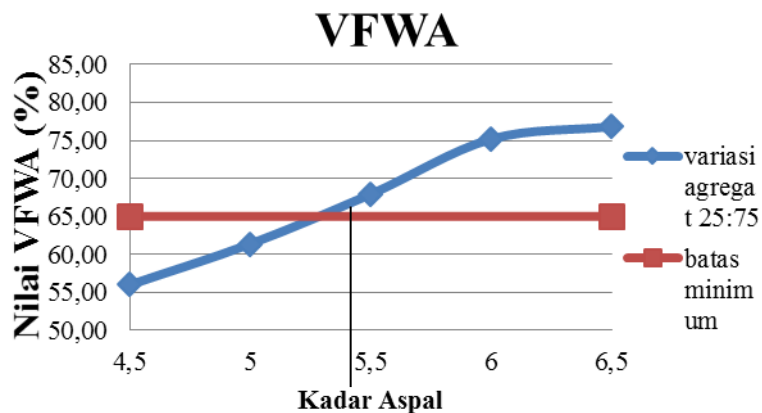


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 2 (25% Limbah Beton : 75% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 22. Grafik MARSHALL Variasi 2 (25% Limbah Beton : 75% Clereng)

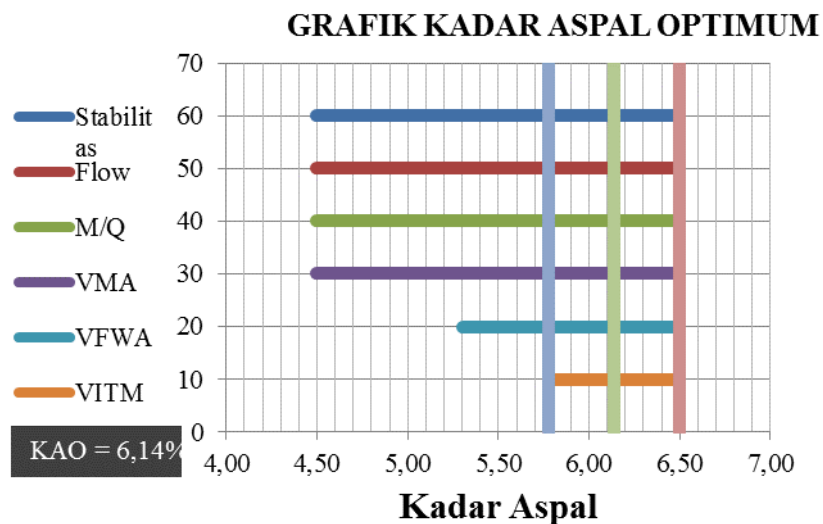
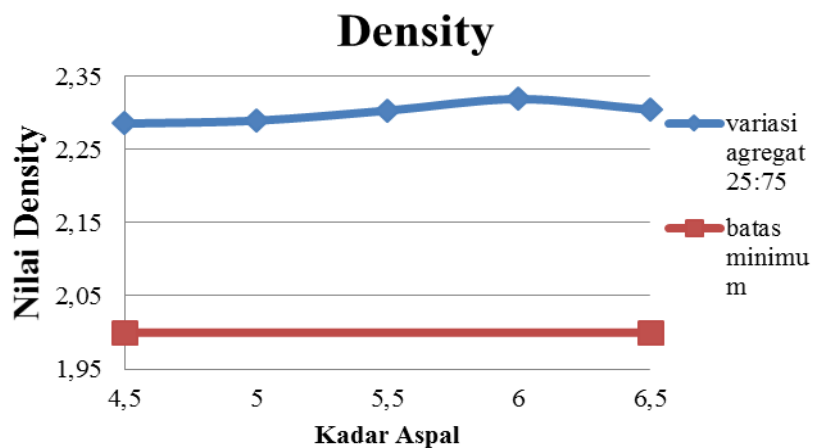


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK MARSHALLTEST VARIASI 2 (25% Limbah Beton : 75% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 23. Hasil pengujian *MARSHALL* variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta E-mail: lab.jlraya@yahoo.com

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 9 November 2017
Tipe Campuran : AC-WC
: Dengan 50% Limbah Beton

Dikerjakan oleh : Fauzi Ardiawan Nugraha
Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VIIM (%)	o Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4,5A	6,90	4,71	4,5	1168,21	1174,77	669,86	504,91	2,314	2,48	10,04	83,18	6,79	16,82	59,65	6,79	42	934,17	0,85	797,06	2,90	274,85
4,5B	6,64	5,26	4,5	1165,73	1179,06	663,61	515,45	2,262	2,48	9,81	81,30	8,89	18,70	52,46	8,89	47	1045,38	0,90	939,10	2,85	329,51
4,5C	6,47	5,26	4,5	1169,93	1178,56	669,88	508,68	2,300	2,48	9,98	82,68	7,34	17,32	57,60	7,34	42	934,17	0,94	879,82	2,67	329,52
								2,292					17,61	56,57	7,67		989,78		871,99	2,81	311,29
5A	6,40	5,26	5,0	1187,28	1191,50	678,70	512,80	2,315	2,46	11,16	82,80	6,05	17,20	64,86	6,05	48	1067,63	0,96	1024,92	3,46	296,22
5B	6,44	5,26	5,0	1193,90	1203,33	682,03	521,30	2,290	2,46	11,04	81,90	7,06	18,10	60,98	7,06	47	1045,38	0,95	991,21	3,05	324,99
5C	6,31	5,26	5,0	1180,43	1184,43	678,12	506,31	2,331	2,46	11,24	83,37	5,39	16,63	67,58	5,39	46	1023,14	1,01	1032,52	2,89	357,27
								2,312					17,31	64,47	6,17		1056,50		1016,22	3,13	326,16
5,5A	6,54	5,82	5,5	1118,68	1135,96	621,44	514,52	2,174	2,45	11,53	77,34	11,13	22,66	50,87	11,13	47	1045,38	0,92	965,24	2,76	349,72
5,5B	6,56	5,82	5,5	1173,18	1176,52	670,36	506,16	2,318	2,45	12,29	82,45	5,26	17,55	70,01	5,26	53	1178,84	0,92	1082,56	3,25	333,10
5,5C	6,49	5,82	5,5	1177,54	1179,90	675,05	504,85	2,332	2,45	12,36	82,97	4,66	17,03	72,61	4,66	57	1267,81	0,94	1187,13	3,47	342,11
								2,275					19,08	64,50	7,02		1112,11		1078,31	3,16	341,64
6A	6,45	6,38	6,0	1183,04	1186,97	676,90	510,07	2,319	2,43	13,41	82,07	4,52	17,93	74,81	4,52	55	1223,32	0,95	1157,17	3,57	324,14
6B	6,69	6,38	6,0	1210,77	1218,15	697,85	520,30	2,327	2,43	13,46	82,34	4,20	17,66	76,21	4,20	58	1290,05	0,89	1143,63	4,63	247,00
6C	6,25	6,38	6,0	1184,79	1186,89	679,73	507,16	2,336	2,43	13,51	82,66	3,83	17,34	77,92	3,83	54	1201,08	1,03	1231,59	3,54	347,91
								2,328					17,64	76,31	4,18		1256,68		1177,46	3,91	306,35
6,5A	6,36	6,95	6,5	1168,10	1171,92	676,20	495,72	2,356	2,41	14,76	82,93	2,30	17,07	86,51	2,30	49	1089,87	0,99	1082,49	3,98	271,98
6,5B	6,49	6,95	6,5	1165,69	1176,22	658,45	517,77	2,251	2,41	14,10	79,24	6,66	20,76	67,94	6,66	46	1023,14	0,93	956,00	3,86	247,67
6,5C	6,27	6,95	6,5	1182,23	1185,75	686,83	498,92	2,370	2,41	14,85	83,40	1,75	16,60	89,43	1,75	45	1000,90	1,02	1022,08	3,87	264,10
								2,326					18,14	81,29	3,57		1056,50		1020,19	3,90	261,25

Mengetahui
Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 24. Grafik *MARSHALL* Variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)

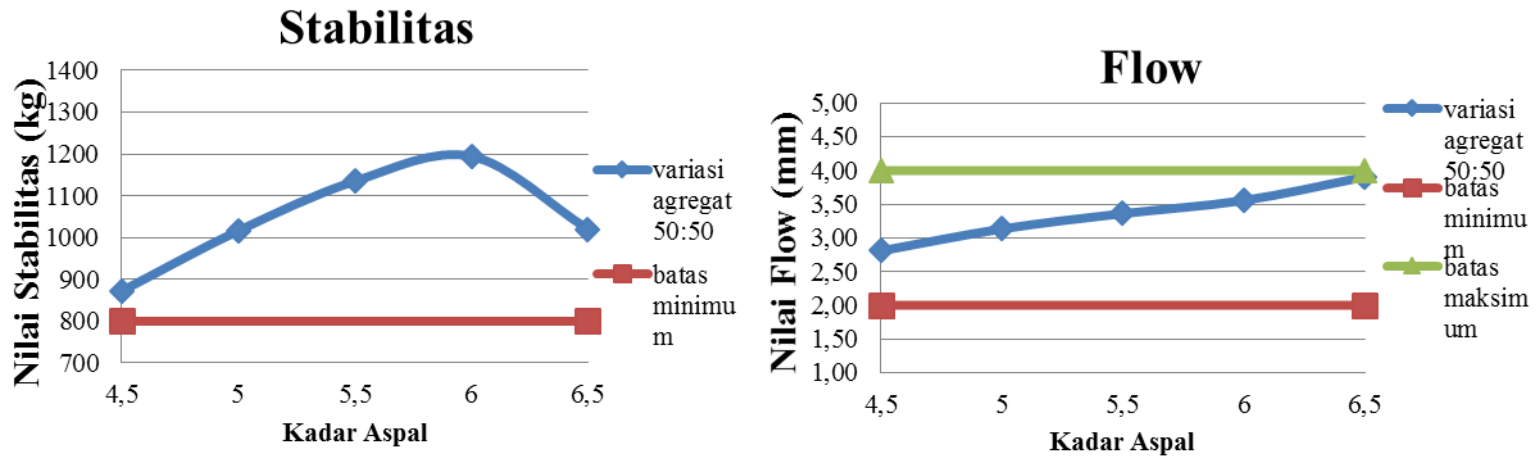


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 3 (50% Limbah Beton : 50% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

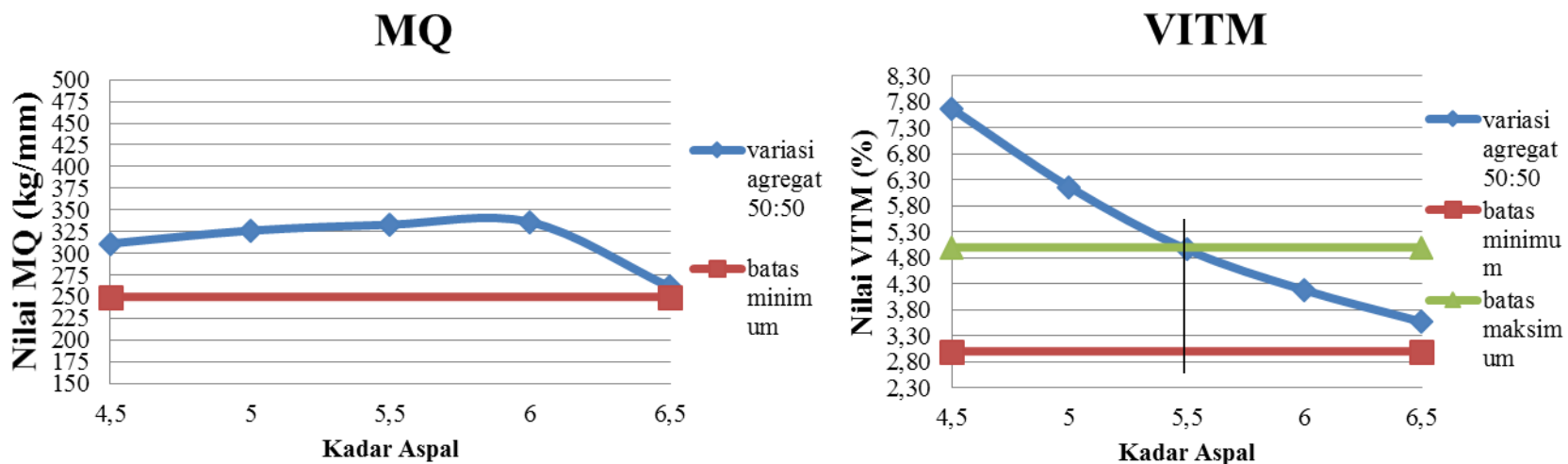
Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 25. Grafik *MARSHALL* Variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)



GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 3 (50% Limbah Beton : 50% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 26. Grafik *MARSHALL* Variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)

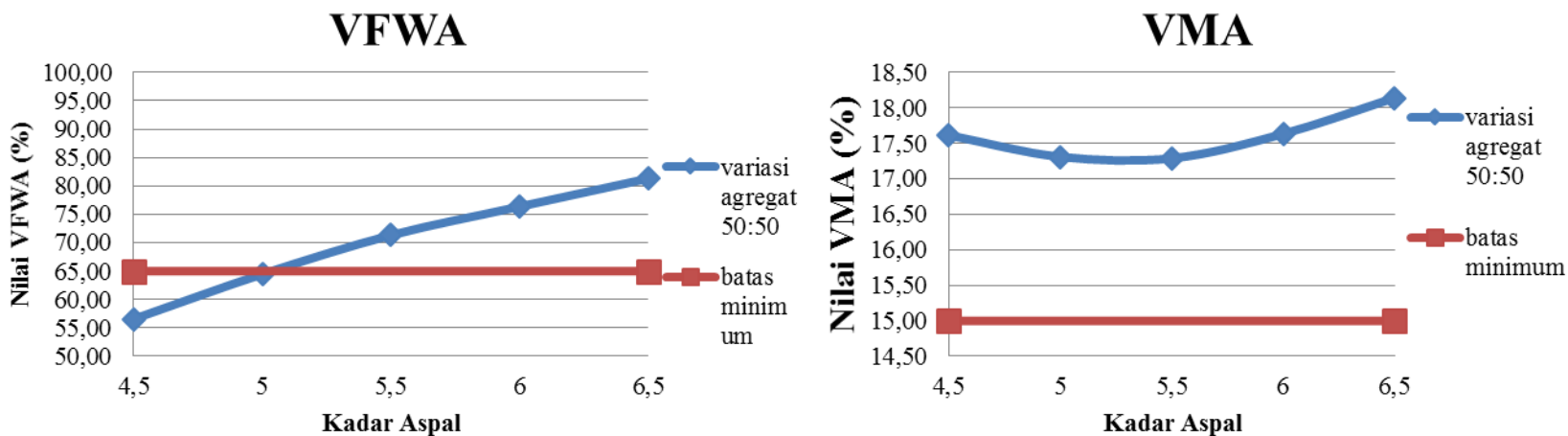


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 3 (50% Limbah Beton : 50% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 27. Grafik *MARSHALL* Variasi 3 (50% Limbah Beton : 50% Clereng)

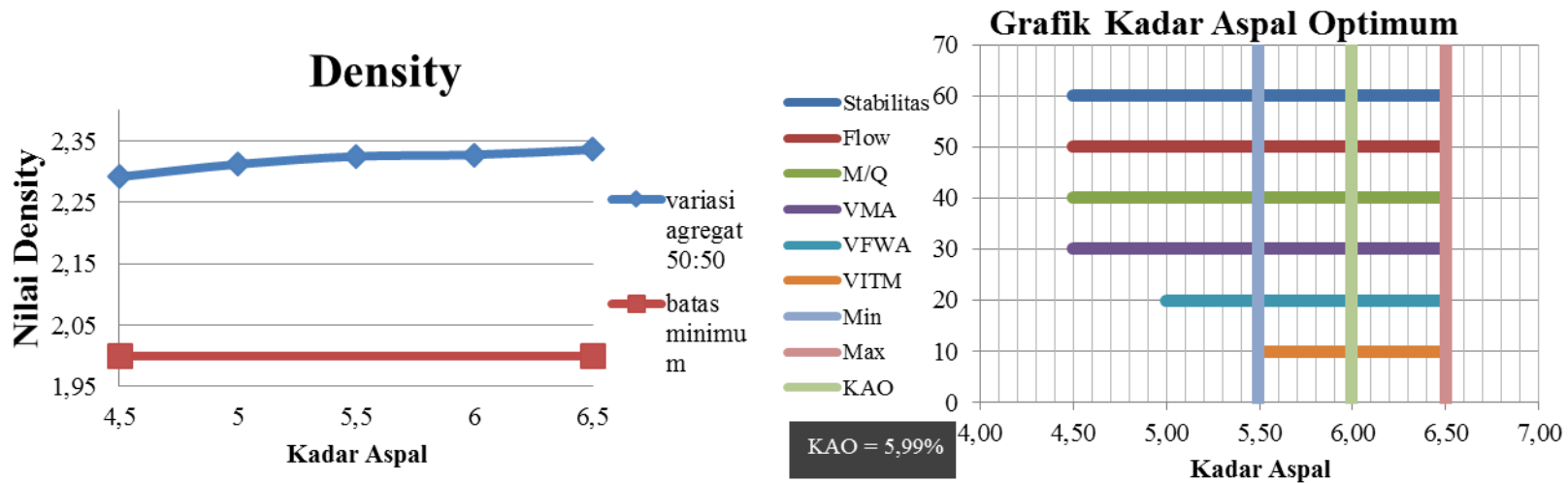


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 3 (50% Limbah Beton : 50% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 28. Hasil Pengujian *MARSHALL* Variasi 4 (75% Limbah Beton : 25% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta E-mail: lab.jlraya@yahoo.com

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 9 November 2017

Tipe Campuran : AC-WC

: Dengan 75% Limbah Beton

Dikerjakan oleh : Fauzi Ardiawan Nugraha

Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4,5A	6,35	4,71	4,5	1174,75	1179,31	669,94	509,37	2,306	2,48	10,00	82,81	7,19	17,19	58,19	7,19	40	889,69	1,00	889,69	2,49	357,30
4,5B	6,35	5,26	4,5	1171,87	1177,63	665,58	512,05	2,289	2,48	9,93	82,17	7,90	17,83	55,69	7,90	42	934,17	1,00	934,17	2,75	339,70
4,5C	6,40	5,26	4,5	1182,55	1189,10	676,99	512,11	2,309	2,48	10,02	82,91	7,07	17,09	58,62	7,07	41	911,93	0,96	875,45	3,01	290,85
								2,301					17,37	57,50	7,39		911,93		899,77	2,75	329,28
5A	6,20	5,26	5,0	1194,81	1196,48	690,87	505,61	2,363	2,47	11,39	84,41	4,21	15,59	73,03	4,21	44	978,66	1,04	1015,36	2,78	365,24
5B	6,20	5,26	5,0	1159,92	1164,97	656,69	508,28	2,282	2,47	11,00	81,51	7,49	18,49	59,48	7,49	48	1067,63	1,04	1107,66	3,15	351,64
5C	6,51	5,26	5,0	1194,21	1198,81	688,31	510,50	2,339	2,47	11,27	83,56	5,17	16,44	68,55	5,17	49	1089,87	0,93	1013,58	2,85	355,64
								2,328					16,84	67,02	5,62		1023,14		1045,53	2,93	357,51
5,5A	6,73	5,82	5,5	1192,97	1197,12	689,82	507,30	2,352	2,45	12,47	83,55	3,98	16,45	75,80	3,98	58	1290,05	0,88	1132,82	3,50	323,66
5,5B	7,00	5,82	5,5	1189,07	1193,71	685,16	508,55	2,338	2,45	12,40	83,07	4,53	16,93	73,23	4,53	60	1334,53	0,84	1125,74	3,60	312,71
5,5C	6,40	5,82	5,5	1181,99	1183,71	680,80	502,91	2,350	2,45	12,46	83,51	4,03	16,49	75,54	4,03	58	1290,05	0,96	1238,45	2,67	463,84
								2,347					16,62	74,86	4,18		1312,29		1165,67	3,26	366,74
6A	6,00	6,38	6,0	1182,48	1188,38	683,95	504,43	2,344	2,43	13,56	82,85	3,59	17,15	79,04	3,59	50	1112,11	1,10	1221,63	3,54	345,09
6B	5,97	6,38	6,0	1187,33	1191,70	687,92	503,78	2,357	2,43	13,63	83,30	3,07	16,70	81,60	3,07	49	1089,87	1,11	1208,73	3,56	339,53
6C	5,92	6,38	6,0	1161,36	1184,42	672,52	511,90	2,269	2,43	13,12	80,18	6,70	19,82	66,20	6,70	53	1178,84	1,12	1326,12	3,30	401,85
								2,323					17,89	75,61	4,46		1100,99		1252,16	3,47	362,16
6,5A	6,29	6,95	6,5	1197,75	1205,38	698,61	506,77	2,363	2,41	14,81	83,09	2,11	16,91	87,55	2,11	50	1112,11	1,01	1128,59	3,75	300,96
6,5B	6,37	6,95	6,5	1190,40	1201,42	691,38	510,04	2,334	2,41	14,62	82,05	3,33	17,95	81,45	3,33	46	1023,14	0,99	1009,28	3,87	260,80
6,5C	6,28	6,95	6,5	1189,37	1198,50	693,83	504,67	2,357	2,41	14,77	82,85	2,39	17,15	86,09	2,39	48	1067,63	1,02	1085,70	3,96	274,17
								2,351					17,34	85,03	2,61		1067,63		1074,52	3,86	278,64

Mengetahui


Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji


Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 29. Grafik *MARSHALL* Variasi 4 (75% Limbah Beton : 25% Clereng)

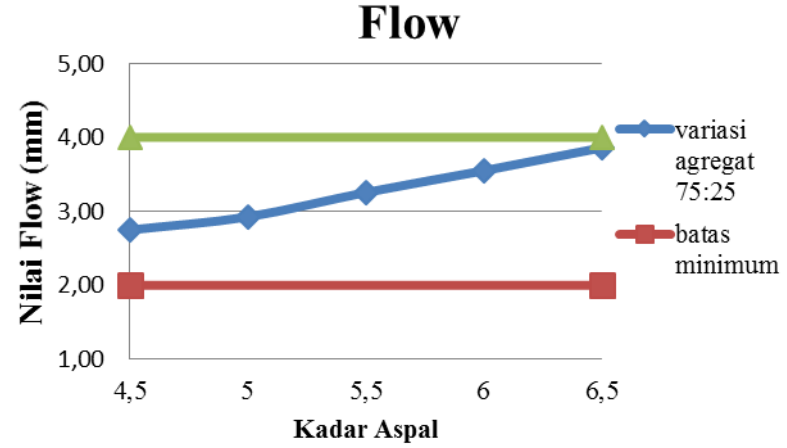
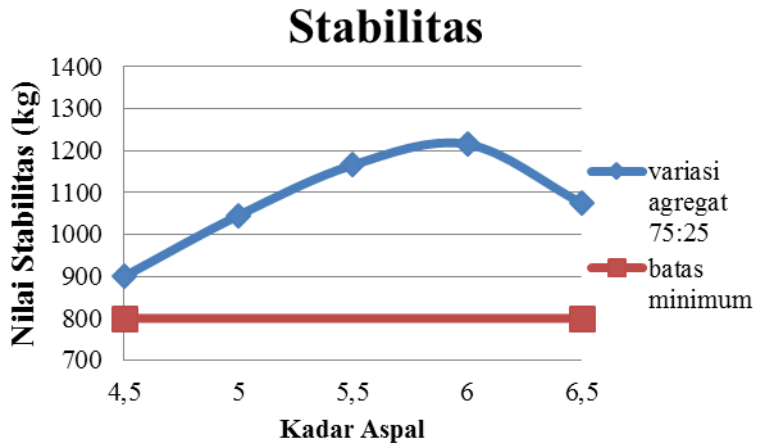


LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UIL Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



GRAFIK *MARSHALL* TEST VARIASI 4 (75% Limbah Beton : 25% CLERENG)



Mengetahui
Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 30. Grafik *MARSHALL* Variasi 4 (75% Limbah Beton : 25% Clereng)

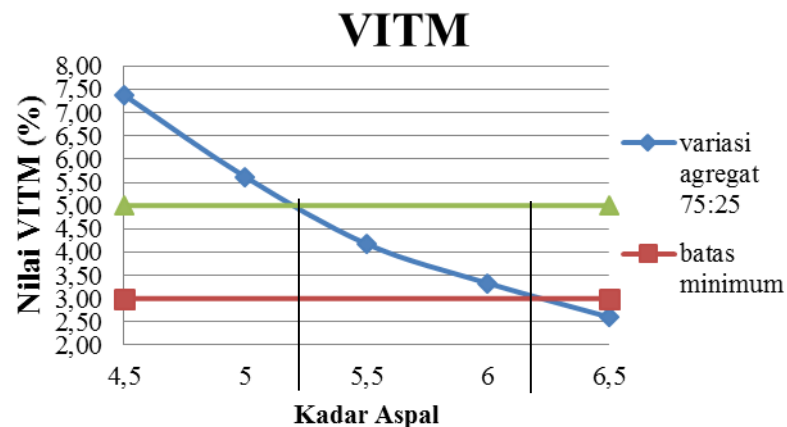
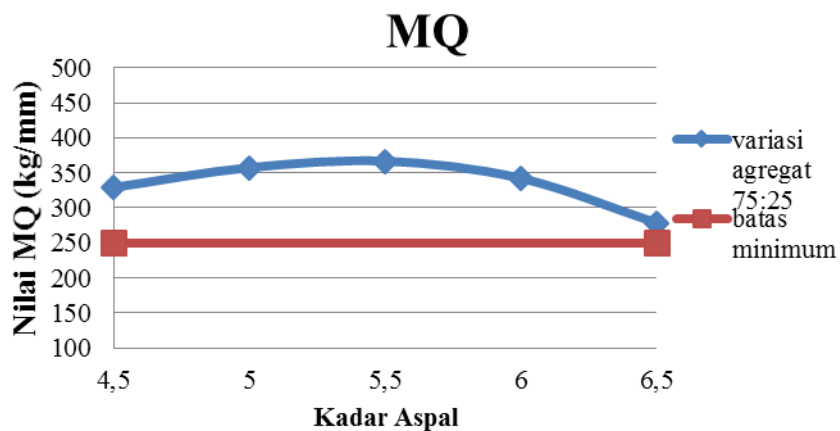


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 4 (75% Limbah Beton : 25% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 31. Grafik *MARSHALL* Variasi 4 (75% Limbah Beton : 25% Clereng)

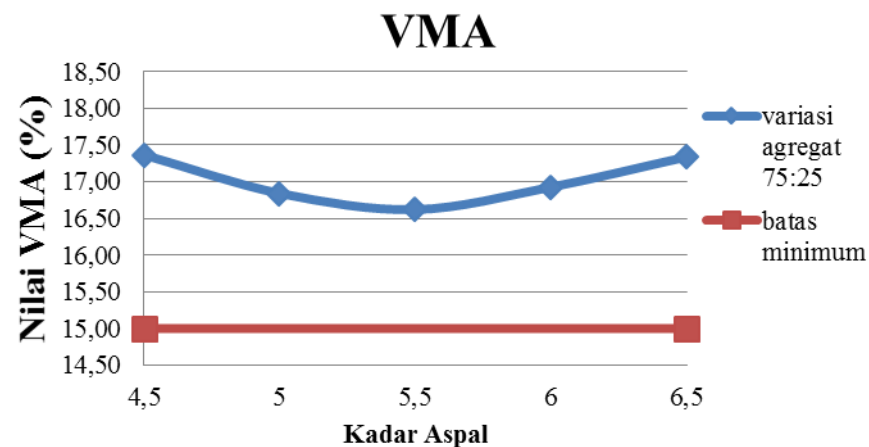
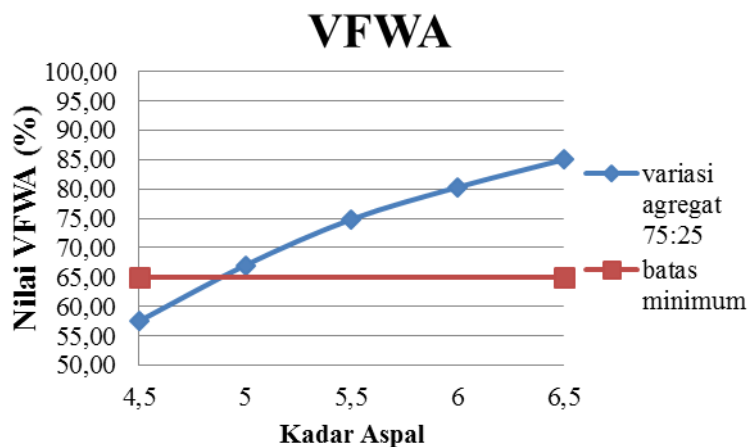


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 4 (75% LIMBAH BETON: 25% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 32. Grafik *MARSHALL* Variasi 4 (75% Limbah Beton: 25% Clereng)

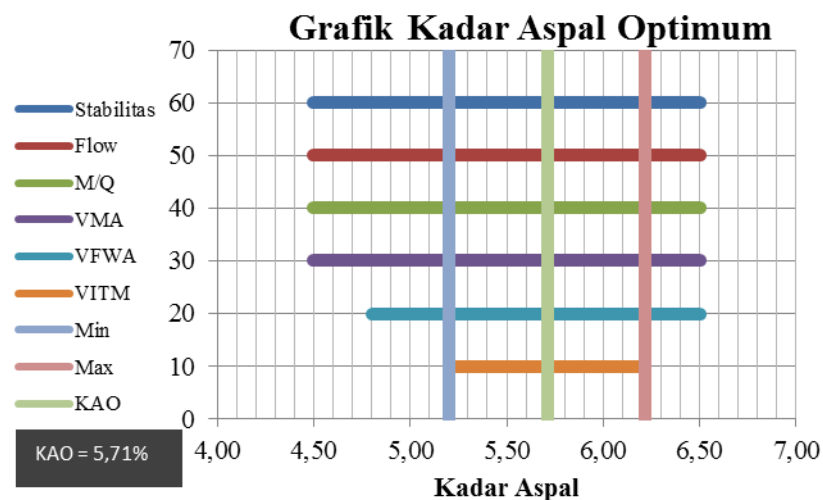
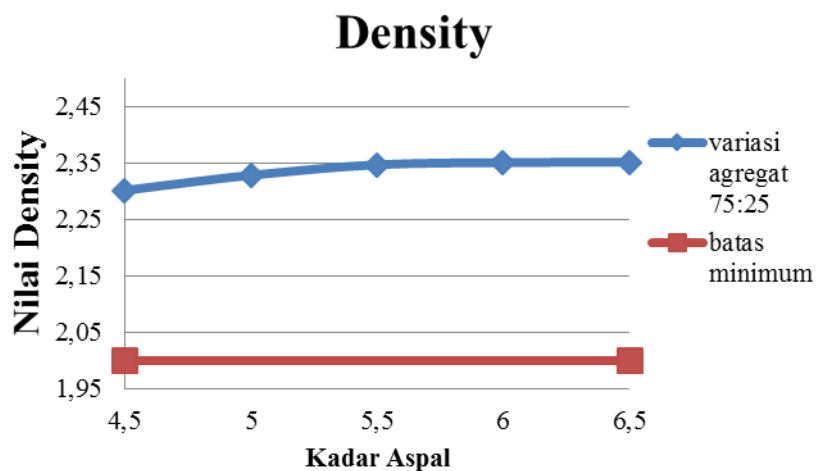


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 4 (75% LIMBAH BETON: 25% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 33. Hasil Pengujian *MARSHALL* Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta E-mail: lab.jlraya@yahoo.com

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 9 November 2017

Tipe Campuran : AC-WC

: Dengan 100% Limbah Beton

Dikerjakan oleh : Fauzi Ardiawan Nugraha

Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampe1	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4,5A	6,24	4,71	4,5	1175,78	1184,87	676,22	508,65	2,312	2,49	10,03	82,90	7,07	17,10	58,63	7,07	43	956,41	1,03	982,72	2,76	356,06
4,5B	6,38	5,26	4,5	1173,06	1179,04	672,64	506,40	2,316	2,49	10,05	83,08	6,88	16,92	59,37	6,88	40	889,69	0,97	865,96	2,49	347,78
4,5C	6,64	5,26	4,5	1181,03	1191,94	678,66	513,28	2,301	2,49	9,98	82,52	7,50	17,48	57,09	7,50	44	978,66	0,90	878,34	2,67	328,97
								2,310					17,17	58,36	7,15		923,05		909,01	2,64	344,27
5A	6,19	5,26	5,0	1169,53	1174,60	673,45	501,15	2,334	2,47	11,25	83,26	5,50	16,74	67,17	5,50	45	1000,90	1,04	1040,93	2,55	408,21
5B	6,28	5,26	5,0	1186,27	1192,06	685,74	506,32	2,343	2,47	11,29	83,59	5,12	16,41	68,79	5,12	48	1067,63	1,02	1086,31	3,85	282,16
5C	6,23	5,26	5,0	1174,82	1176,57	678,44	498,13	2,358	2,47	11,37	84,14	4,49	15,86	71,66	4,49	47	1045,38	1,03	1077,62	2,30	468,53
								2,345					16,34	69,21	5,04		1034,26		1068,29	2,90	386,30
5,5A	6,20	5,82	5,5	1188,48	1194,60	689,94	504,66	2,355	2,45	12,48	83,57	3,94	16,43	76,00	3,94	53	1178,84	1,04	1222,06	3,20	381,89
5,5B	6,26	5,82	5,5	1195,86	1197,20	696,60	500,60	2,389	2,45	12,66	84,78	2,56	15,22	83,18	2,56	52	1156,59	1,02	1183,58	2,80	422,71
5,5C	6,25	5,82	5,5	1181,91	1195,09	684,97	510,12	2,317	2,45	12,28	82,22	5,50	17,78	69,09	5,50	51	1134,35	1,03	1163,66	3,00	387,89
								2,354					16,48	76,09	4,00		1167,72		1189,77	3,00	397,50
6A	6,32	6,38	6,0	1185,71	1189,97	658,84	531,13	2,232	2,43	12,91	78,80	8,28	21,20	60,91	8,28	56	1245,56	1,01	1253,47	3,02	415,06
6B	6,27	6,38	6,0	1182,70	1195,81	692,85	502,96	2,351	2,43	13,60	83,01	3,39	16,99	80,03	3,39	53	1178,84	1,02	1203,79	3,21	375,01
6C	6,25	6,38	6,0	1189,03	1197,86	694,02	503,84	2,360	2,43	13,65	83,31	3,05	16,69	81,75	3,05	55	1223,32	1,03	1254,39	3,30	380,12
								2,315					18,29	74,23	4,91		1212,20		1237,22	3,18	390,06
6,5A	6,26	6,95	6,5	1173,77	1178,43	676,55	501,88	2,339	2,42	14,65	82,12	3,23	17,88	81,94	3,23	53	1178,84	1,02	1205,36	3,17	380,24
6,5B	6,32	6,95	6,5	1179,03	1185,20	687,93	497,27	2,371	2,42	14,85	83,25	1,89	16,75	88,69	1,89	48	1067,63	1,01	1075,63	4,19	256,71
6,5C	6,23	6,95	6,5	1186,79	1191,39	689,96	501,43	2,367	2,42	14,83	83,10	2,07	16,90	87,76	2,07	51	1134,35	1,03	1169,33	3,25	359,79
								2,359					17,18	86,13	2,40		1123,23		1150,11	3,54	332,25

Mengetahui

Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 34. Grafik *MARSHALL* Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)

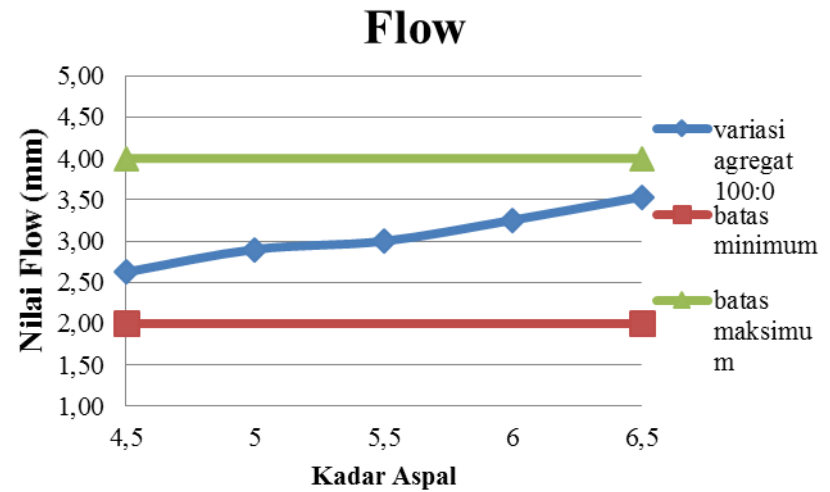
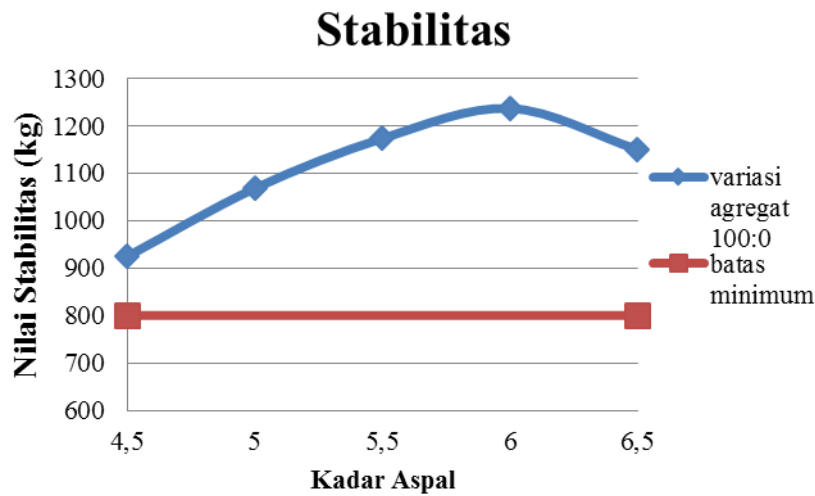


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 5 (100% LIMBAH BETON: 0% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 35. Grafik *MARSHALL* Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)

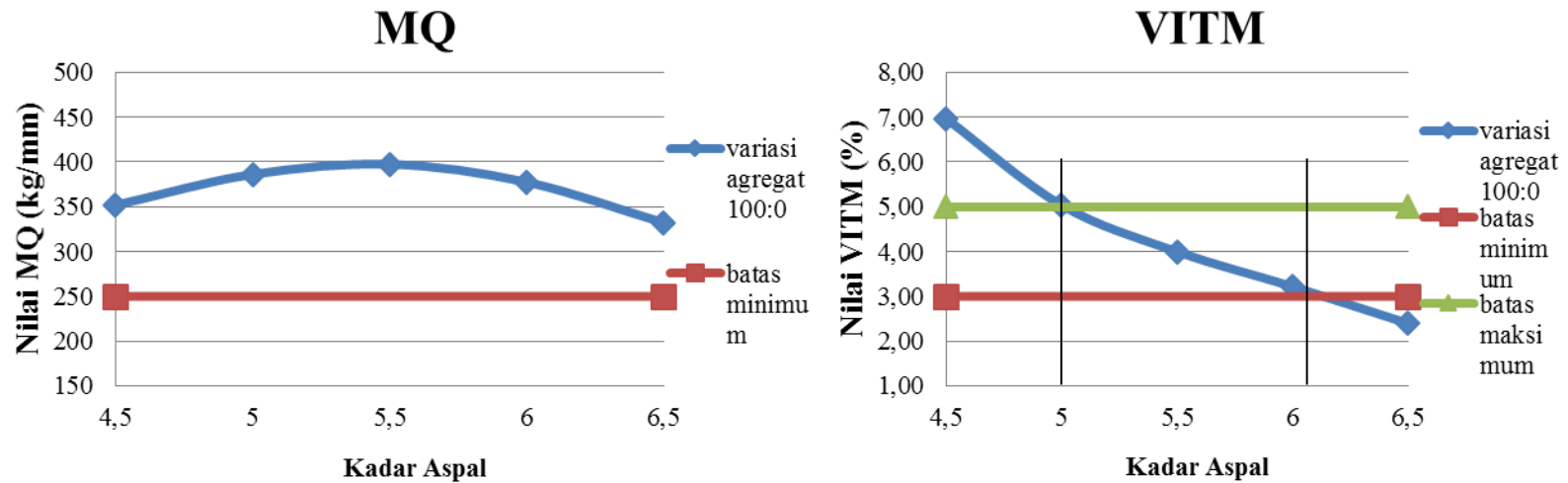


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UIL, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL*TEST VARIASI 5 (100% LIMBAH BETON: 0% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 36. Grafik *MARSHALL* Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)

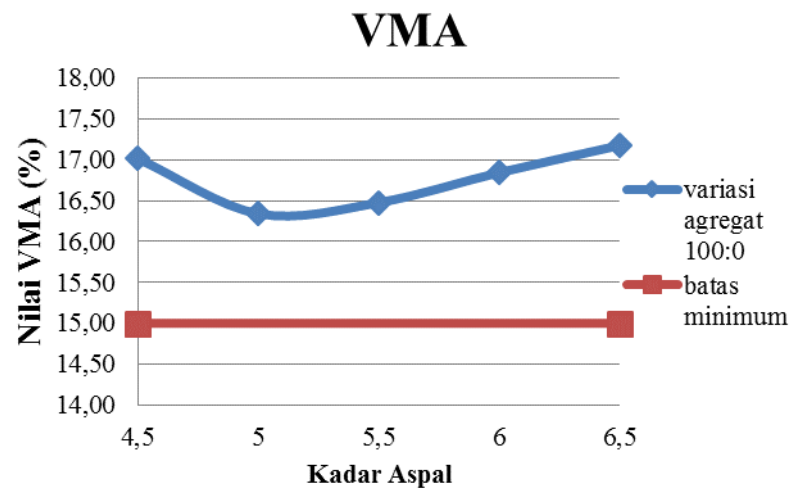
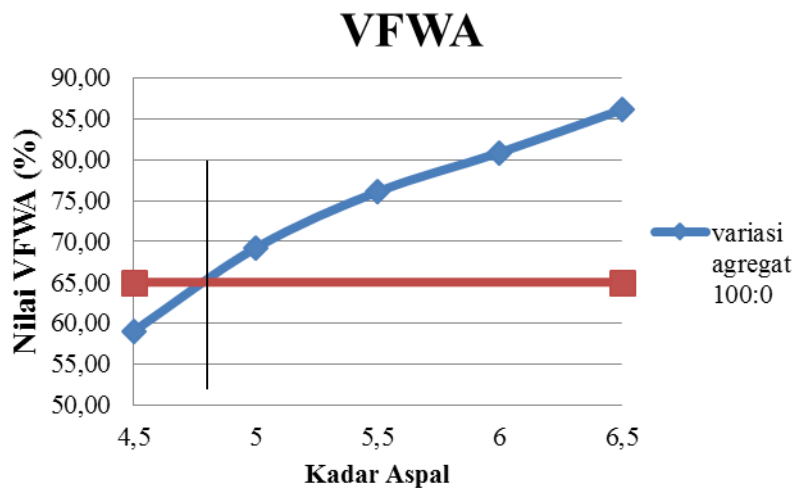


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK *MARSHALL* TEST VARIASI 5 (100% LIMBAH BETON: 0% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 37. Grafik MARSHALL Variasi 5 (100% Limbah Beton: 0% Clereng)

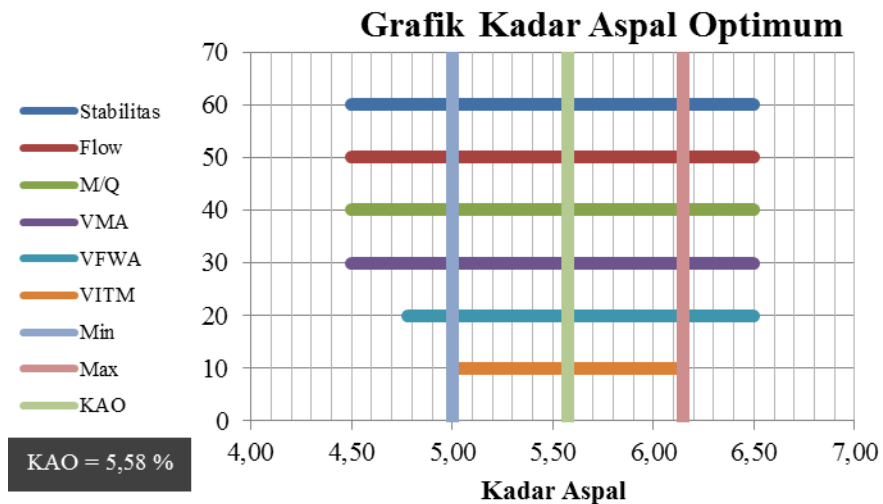
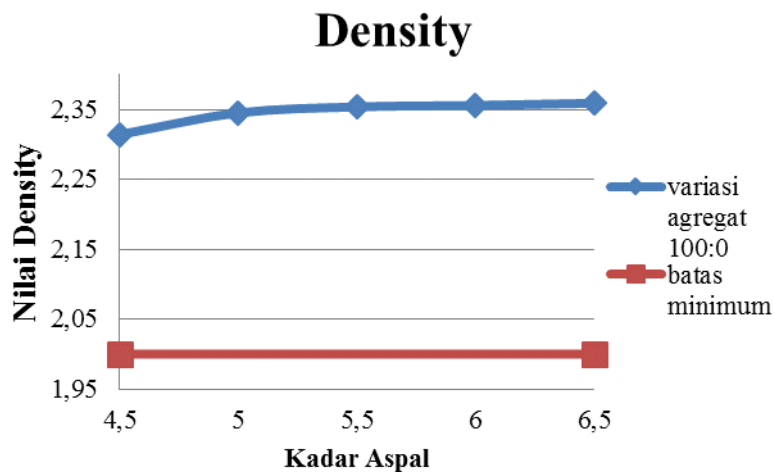


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK MARSHALL TEST VARIASI 5 (100% LIMBAH BETON: 0% CLERENG)



Mengetahui
 Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 38. Hasil Pengujian *Immersion Test* Variasi 1 (0% Limbah Beton: 100% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN *IMMERSION TEST* KADAR ASPAL OPTIMUM GRADASI RAPAT ASPAL ASPAL PERTAMINA 60/70

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : AC - WC (Variasi 1 : 0% Limbah Beton + 100% Clereng)
Di kerjakan Oleh : Fauzi Ardiawan Nugraha

Sampe1	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)	
0,5	1	6,42	6,56	6,16	1186,93	1195,03	657,87	537,16	2,210	2,306	13,151	82,681	4,167	17,319	75,936	4,167	38,00	810,03	0,955	773,95	3,490	221,761
	2	6,47	6,56	6,16	1179,30	1188,60	648,11	540,49	2,182	2,306	12,986	81,644	5,370	18,356	70,745	5,370	50,00	1065,83	0,941	1002,85	3,670	273,255
	3	6,63	6,56	6,16	1151,76	1171,41	646,98	524,43	2,196	2,306	13,071	82,179	4,750	17,821	73,347	4,750	44,00	937,93	0,900	844,14	3,660	230,638
								2,196					17,832	73,343	4,762				873,64	3,607	241,88	
24	1	6,52	6,56	6,16	1170,38	1183,98	672,59	511,39	2,289	2,306	13,621	85,637	0,742	14,363	94,835	0,742	43,00	916,61	0,927	849,39	3,870	219,481
	2	6,57	6,56	6,16	1174,31	1189,92	670,72	519,20	2,262	2,306	13,461	84,632	1,907	15,368	87,593	1,907	36,00	767,40	0,916	702,81	3,850	182,547
	3	6,50	6,56	6,16	1181,69	1197,69	675,14	522,55	2,261	2,306	13,459	84,618	1,923	15,382	87,498	1,923	41,00	873,98	0,933	815,18	4,320	188,700
								2,271					15,038	89,975	1,524				789,13	4,013	196,91	

Mengetahui
Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 39. Hasil Pengujian *Immersion Test* Variasi 2 (25% Limbah Beton: 75% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN *IMMERSION TEST* KADAR ASPAL OPTIMUM GRADASI RAPAT ASPAL ASPAL PERTAMINA 60/70

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
 Jenis Campuran : AC - WC (Variasi 2 : 25% Limbah Beton + 75% Clereng)
 Di kerjakan Oleh : Fauzi Ardiawan N

Sampe1	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)	
0,5	1	6,66	6,54	6,14	1183,23	1196,92	675,71	521,21	2,270	2,385	13,467	81,712	4,820	18,288	73,642	4,820	44,00	937,93	0,892	836,32	2,780	300,834
	2	6,31	6,54	6,14	1158,40	1157,45	651,22	506,23	2,288	2,385	13,575	82,365	4,060	17,635	76,977	4,060	43,00	916,61	1,009	925,01	4,350	212,647
	3	6,69	6,54	6,14	1183,13	1191,73	679,06	512,67	2,308	2,385	13,691	83,066	3,243	16,934	80,849	3,243	46,00	980,56	0,886	869,02	3,090	281,237
								2,289					17,619	77,156	4,041				876,79	3,407	264,91	
24	1	6,65	6,54	6,14	1178,80	1197,04	675,22	521,82	2,259	2,385	13,401	81,311	5,287	18,689	71,708	5,287	51,00	1087,14	0,896	973,90	4,830	201,636
	2	6,86	6,54	6,14	1214,81	1233,05	695,91	537,14	2,262	2,385	13,417	81,405	5,178	18,595	72,153	5,178	43,00	916,61	0,842	771,48	4,150	185,899
	3	6,83	6,54	6,14	1214,78	1229,25	696,00	533,25	2,278	2,385	13,514	81,997	4,489	18,003	75,067	4,489	38,00	810,03	0,860	696,62	4,370	159,411
								2,266					18,429	72,976	4,985				814,00	4,450	182,32	

Mengetahui
 Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 40. Hasil Pengujian *Immersion Test* Variasi 3 (50% Limbah Beton: 50% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN *IMMERSION TEST* KADAR ASPAL OPTIMUM GRADASI RAPAT ASPAL ASPAL PERTAMINA 60/70

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
 Jenis Campuran : AC - WC (Variasi 3 : 50% Limbah Beton + 50% Clereng)
 Di kerjakan Oleh : Fauzi Ardiawan N

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g <i>Density</i>	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)	
0,5	1	6,45	6,37	5,99	1183,00	1196,36	675,41	520,95	2,271	2,395	13,142	81,666	5,192	18,334	71,683	5,192	28,00	596,86	0,945	564,31	3,250	173,633
	2	6,36	6,37	5,99	1181,82	1188,28	675,72	512,56	2,306	2,395	13,344	82,920	3,736	17,080	78,127	3,736	54,00	1151,09	0,995	1144,95	3,310	345,908
	3	6,27	6,37	5,99	1185,80	1191,89	682,18	509,71	2,326	2,395	13,464	83,664	2,872	16,336	82,421	2,872	43,00	916,61	1,021	935,71	3,170	295,176
								2,301					17,250	77,410	3,933				881,66	3,243	271,57	
24	1	6,54	6,37	5,99	1183,11	1193,00	675,84	517,16	2,288	2,395	13,240	82,272	4,488	17,728	74,684	4,488	30,00	639,50	0,923	589,94	3,970	148,598
	2	6,29	6,37	5,99	1170,06	1177,09	673,21	503,88	2,322	2,395	13,439	83,509	3,052	16,491	81,493	3,052	46,00	980,56	1,016	996,09	3,350	297,339
	3	6,39	6,37	5,99	1184,70	1191,77	680,39	511,38	2,317	2,395	13,408	83,314	3,279	16,686	80,351	3,279	44,00	937,93	0,965	905,41	4,320	209,586
								2,309					16,968	78,843	3,606				830,48	3,880	218,51	

Mengetahui

Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
 12511366

Lampiran 41. Hasil Pengujian *Immersion Test* Variasi 4 (25% Limbah Beton: 75% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN *IMMERSION TEST* KADAR ASPAL OPTIMUM GRADASI RAPAT ASPAL PERTAMINA 60/70

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : AC - WC (Variasi 4 : 75% Limbah Beton + 25% Clereng)
Di kerjakan Oleh : Fauzi Ardiawan N

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o	p	Koreksi		r Flow (mm)	MQ (kg/mm)	
																		Tebal	Stabilitas (kg)			
0.5	1	6,41	6,06	5,71	1185,22	1189,46	672,22	517,24	2,291	2,410	12,642	82,448	4,910	17,552	72,024	4,910	41,00	873,98	0,958	837,43	3,070	272,779
	2	6,32	6,06	5,71	1192,14	1197,81	686,55	511,26	2,332	2,410	12,864	83,899	3,236	16,101	79,898	3,236	40,00	852,66	1,008	859,77	3,130	274,686
	3	6,09	6,06	5,71	1167,98	1171,49	671,04	500,45	2,334	2,410	12,876	83,975	3,150	16,025	80,345	3,150	42,00	895,30	1,071	959,08	3,100	309,382
								2,319					16,559	77,423	3,766				885,43	3,100	285,62	
24	1	6,46	6,06	5,71	1200,07	1209,46	689,05	520,41	2,306	2,410	12,722	82,972	4,305	17,028	74,715	4,305	37,00	788,71	0,944	744,26	3,270	227,602
	2	6,57	6,06	5,71	1232,79	1240,70	710,10	530,60	2,323	2,410	12,818	83,598	3,584	16,402	78,148	3,584	42,00	895,30	0,915	819,19	3,710	220,807
	3	6,22	6,06	5,71	1187,37	1193,14	686,61	506,53	2,344	2,410	12,932	84,344	2,724	15,656	82,603	2,724	46,00	980,56	1,033	1013,25	3,850	263,181
								2,325					16,362	78,488	3,538				858,90	3,610	237,20	

Mengetahui
Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 42. Hasil Pengujian *Immersion Test* Variasi 5 (100% Lim: 0% Clereng)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN *IMMERSION TEST* KADAR ASPAL OPTIMUM GRADASI RAPAT ASPAL ASPAL PERTAMINA 60/70

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : AC - WC (Variasi 5 : 100% Limbah Beton + 0% Clereng)
Di kerjakan Oleh : Fauzi Ardiawan N

Sampe1	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)	
0,5	1	6,07	5,91	5,58	1176,31	1178,24	661,06	517,18	2,274	2,374	12,262	83,562	4,175	16,438	74,599	4,175	36,00	767,40	1,078	826,87	3,020	273,798
	2	5,98	5,91	5,58	1171,18	1174,32	665,20	509,12	2,300	2,374	12,402	84,515	3,083	15,485	80,092	3,083	47,00	1001,88	1,107	1108,74	2,870	386,322
	3	6,20	5,91	5,58	1196,32	1199,45	686,14	513,31	2,331	2,374	12,565	85,625	1,810	14,375	87,406	1,810	44,00	937,93	1,038	973,88	2,980	326,806
								2,302					15,433	80,699	3,023				969,83	2,957	328,98	
24	1	6,25	5,91	5,58	1178,93	1183,33	688,94	494,39	2,385	2,374	12,856	87,609	-0,465	12,391	103,755	-0,465	47,00	1001,88	1,024	1026,09	2,980	344,325
	2	6,09	5,91	5,58	1173,06	1176,64	685,45	491,19	2,388	2,374	12,876	87,741	-0,616	12,259	105,027	-0,616	53,00	1129,78	1,071	1210,27	3,150	384,214
	3	6,37	5,91	5,58	1213,90	1218,17	702,15	516,02	2,352	2,374	12,683	86,427	0,891	13,573	93,437	0,891	30,00	639,50	0,981	627,56	2,750	228,203
								2,375					12,741	100,740	-0,064				954,64	2,960	318,91	

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Penguji

(Ir. Subarkah, M.T)

Fauzi Ardiawan N
12511366

Lampiran 43. Hasil Pengujian *Indirect tensile Strenth Test*



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : AC - WC
Di kerjakan Oleh : Susrina Muharani

Sampel	t (cm)	Stabilitas	Stabilitas	Koreksi	Stabilitas (kg)	
		kg	Kalibrasi Alat	Tebal		
0;100	1	6,60	39,00	774,83	0,908	703,155
	2	6,71	30,00	596,02	0,882	525,616
	3	6,64	42,00	834,43	0,898	748,900
		6,651				659,223
25;75	1	6,67	37,00	735,09	0,89	654,232
	2	6,53	41,00	814,56	0,92	746,342
	3	6,61	42,00	834,43	0,90	752,550
		6,601				717,708
50;50	1	6,43	38,00	754,96	0,95	718,584
	2	6,27	42,00	834,43	1,02	850,422
	3	6,30	41,00	814,56	1,05	859,023
		6,336				809,343
75;25	1	6,14	41,00	814,56	1,05	859,023
	2	6,12	41,00	814,56	1,06	864,962
	3	6,14	39,00	774,83	1,06	817,926
		6,134				847,304
100;0	1	6,29	45,00	894,03	1,02	908,559
	2	6,09	44,00	874,16	1,07	936,447
	3	6,05	41,00	814,56	1,09	884,053
		6,140				909,687

Mengetahui
Dosen Pembimbing

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Fauzi Ardiawan N
12511366