

TUGAS AKHIR

ANALISIS ASPHALT WEARING COURSE AC-WC DENGAN BAHAN TAMBAH TILE CERAMIC WASTE AND RED BRICK WASTE UNTUK PERKERASAN JALAN

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Diusun Oleh :

**Alpin Hartanto
NIM : 30202100027**

**Defa Kuswanto
NIM : 30202100063**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS *ASPHALT WEARING COURSE* AC-WC DENGAN BAHAN TAMBAH *TILE CERAMIC WASTE* AND *RED BRICK WASTE* UNTUK PERKERASAN JALAN

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *ASPHALT WEARING COURSE* (AC-WC) DENGAN
BAHAN TAMBAH *TILE CERAMIC WASTE AND RED BRICK WASTE*
UNTUK PERKERASAN JALAN

Diajukan oleh :



Alpin Hartanto
NIM : 30202100027



Defa Kuswanto
NIM : 30202100063

Telah disetujui dan disahkan di Semarang :

2025

Tim Penguji :

1. Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST., MT.
NIDN : 0611118903
2. Dr. Abdul Rochim, ST., MT
NIDN : 0608067601

Tanda Tangan :

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No : 25 / A.2 / SA – T / I / 2025

Pada hari ini tanggal 6 Agustus 2025 berdasarkan surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing :

Nama : Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, ST., MT.

Jabatan Teknik : Lektor

Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir :

Alpin Hartanto Defa Kuswanto
NIM : 30202100027 NIM : 30202100063

Judul : "ANALISIS ASPHALT WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH TILE CERAMIC WASTE AND RED BRICK WASTE UNTUK PERKERASAN JALAN"

Dengan tahapan sebagai berikut :

NO	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pebimbing	13 Maret 2025	ACC
2	Seminar Proposal	26 Mei 2025	ACC
3	Pengumpulan Data	4 Juni 2025	ACC
4	Analisa Data	12 Juni 2025	ACC
5	Penyusunan Laporan	24 Juli 2025	ACC
6	Selesai Laporan	1 Agustus 2025	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, ST., MT.

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

1. NAMA : Alpin Hartanto
NIM : 30202100027
2. NAMA : Defa Kuswanto
NIM : 302021000063

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

"ANALISIS ASPHALT WEARING COURSE (AC – WC) DENGAN BAHAN TAMBAH TILE CERAMIC WASTE AND RED BRICK WASTE UNTUK PERKERASAN JALAN"

Bener bebas dari plagisi dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Semarang. 2025

Yang Membuat Pernyataan,

Alpin Hartanto
NIM : 30202100027

Defa Kuswanto
NIM : 302021000063

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

1. NAMA : Alpin Hartanto
NIM : 3020210027
2. NAMA : Defa Kuswanto
NIM : 30202100063

Judul : "ANALISIS *ASPHALT WEARING COURSE* (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH *TILE CERAMIC WASTE AND BRICK WASTE* UNTUK PERKERASAN JALAN"

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulisa oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan gung Semarang. Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Alpin Hartanto
NIM : 30202100027

Defa Kuswanto
NIM : 30202100063

MOTTO

“Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma’ruf dan mencegah dari yang mungkar dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli kitab beriman, tentukan itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik

(Ali Imron : 110)

“Sebenarnya tidak ada yang perlu dikhawatirkan, Allah memang tidak menjanjikan hidupmu selalu mudah. Tetapi, dua kali Allah berjanji bahwa sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah : 5-6)

“Terlambat Bukan Berarti gagal, Cepat Bukan Berarti Hebat. Terlambat Bukan Menjadi alasan untuk menyerah, setiap orang memiliki proses yang berbeda. PERCAYA PROSES itu yang paling penting Karenan Allah telah mempersiapkan Hal Baik dibalik kata Proses yang kamu anggap Rumit”

(Edwar Satria)

“Dan serusak rusaknya seorang hamba, jika ia Kembali bersujud tetap Allah ampuni dosa-dosanya”

(QS. An-nahl : 199)

“Jika Allah menolong kamu, maka tidak ada yang bisa mengalahkan kamu”

(QS. Ali Imran : 160)

“Menuntut ilmu sejauh mungkin jangan stok di Indonesia “

(Koko Hendriawan)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayat yang sara rasakan sehingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Zaenal Arifin dan Ibu Ririn Riantiningrum terima kasih selalu memberikan doa, semangat, motivasi, dukungan, dan pengorbanan yang tiada terhingga baik berupa materi maupun moril. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih saya persembahkan Tugas Akhir dan Gelar Sarjana ini untuk bapak dan ibu.
2. Istri saya tercinta Dewi Ambarwati yang selalu memberi semangat, dukungan, dan doa selama menempuh pendidikan dan mengerjakan Tugas Akhir serta yang selalu menghibur saya selama saya merasa jenuh mengerjakan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Ir Juny Andry Sulisty, ST., MT., dosen pembimbing yang tidak pernah Lelah memberikan ilmunya serta memeberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memebrikan ilmunya.
5. Alpin Hartanto yang telah menjadi patner Tugas Akhir saya, terima kasih sudah berjuang Bersama menyelesaikan Tugas Akhir dan melewati suka duka selama mengerjakan Tugas Akhir.
6. Terimah kasih untuk teman – teman Fakultas Angkat 2021 yang tidak bisa saya sebut satu - persatu.

Defa Kuswanto
NIM : 30202100063

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayat yang sara rasakan sehingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Muhammad Supian dan Ibu Suryani Heslen Ningsih terima kasih selalu memberikan doa, semangat, motivasi, dukungan, dan pengorbanan yang tiada terhingga baik berupa materi maupun moril. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih saya persembahkan Tugas Akhir dan Gelar Sarjana ini untuk bapak dan ibu.
2. Kakak saya saudara Koko Hendriawan dan Adek saya Muhammad Shafiq Ibrahim yang selalu memberi semangat, dukungan, dan doa selama menempuh pendidikan dan mengerjakan Tugas Akhir serta yang selalu menghibur saya selama saya merasa jenuh mengerjakan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Ir Juny Andry Sulisty, ST., MT., dosen pembimbing yang tidak pernah Lelah memberikan ilmunya serta memeberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memebrikan ilmunya.
5. Alpin Hartanto yang telah menjadi patner Tugas Akhir saya, terima kasih sudah berjuang Bersama menyelesaikan Tugas Akhir dan melewati suka duka selama mengerjakan Tugas Akhir.
6. Terimah kasih untuk teman – teman Fakultas Angkat 2021 yang tidak bisa saya sebut satu - persatu.

Alpin Hartanto

NIM : 30202100027

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb,

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puji dan puji Syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “ANALISIS *ASPHALT WEARING COURSE AC - WC* DENGAN BAHAN TAMBAH *TILE CERAMIC WASTE AND RED BRICK WASTE* UNTUK PEKERASAN JALAN” guna untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dari beberapa pihak, dalam kesempatan kali ini kami ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST.,M.Eng. selaku ketua program Studi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah membantu dalam urusan akademik.
3. Bapak Dr. Ir. Juny Andry Sulistyono, ST.,MT. selaku Dosen pendamping yang selalu memberikan waktu dalam memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen Program Studi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan wawasan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh Program Studi S-1 Teknik Sipil.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun para pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang,

2025

DAFTAR ISI

HAKAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR GRAFIK.....	xvii
DAFTAR PUSTAKA.....	xviii
ABSTRAK.....	xxi
LAMPIRAN.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Peralasan Jalan	5
2.2 <i>Tile Ceramic Waste</i>	6
2.3 <i>Red Brick Waste</i>	7
2.4 <i>Asphalt</i>	7
2.5 Klasifikasi Kelas Jalan	8
2.6 Penyusunan Perkerasan Jalan.....	9

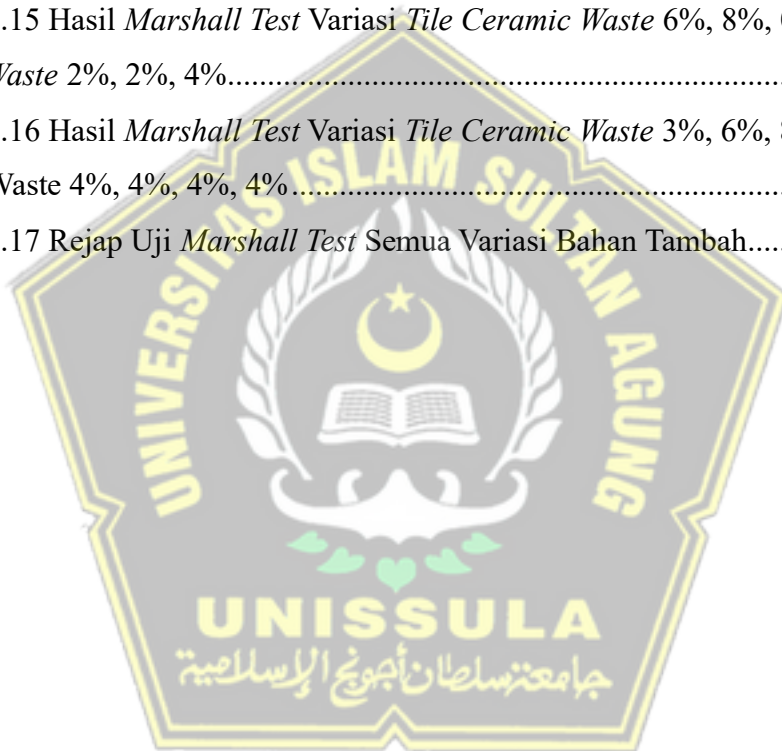
2.6.1 Pengertian Agregat	9
2.6.2 Persyaratan Agregat	10
2.6.3 Gradasi Agregat.....	12
2.7 Sifat dan Karakteristik Campuran <i>Asphalt</i> Beton.	13
2.8 <i>Marshall Test</i>	14
2.9 Penentuan Kadar <i>Asphalt</i> Optimum.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Tipe Penelitian.....	22
3.2 Metode Penelitian.....	22
3.3 Bagan Alir	23
3.4 Metode Analisis.....	24
3.4.1 Mulai	24
3.4.2 Perijinan dan Pengumpulan data Informasi	24
3.4.3 Persiapan Peralatan dan Bahan	25
3.4.4 Bahan.....	26
3.4.5 Pemeriksaan Bahan Material.....	26
3.4.6 Hasil Pemeriksaan.....	28
3.4.7 Kadar <i>Asphalt</i> Optimum (KAO)	28
3.4.8 <i>Job Mix Design</i>	28
3.4.9 Pembuatan Benda Uji.....	36
3.4.10 Pengujian Benda Uji Menggunakan <i>Marshall Test</i>	37
3.4.11 Analisa dan Pembahasan	38
3.4.12 Kesimpulan dan Saran.....	38
3.4.13 Selesai	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Persiapan Material.....	39
4.2 Hasil Pengujian <i>Asphalt</i> Pen 60/70	39
4.3 Hasil Pengujian Agregat.....	40
4.3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat $\frac{3}{4}$	42
4.3.2 Hasil Pemeriksaan Agregat $\frac{1}{2}$	43
4.3.3 Hasil Pemeriksaan Abu Batu.....	43

4.3.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Pasir	44
4.3.5 Hasil Pemeriksaan <i>Filler</i>	45
4.4 Hasil Perhitungan Kombinasi Agregat.....	46
4.5 Pembuatan Benda Uji.....	49
4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Campuran <i>Asphalt</i> Modifikasi (GMM).....	50
4.7 Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i>	52
4.7.1 Hasil Uji <i>Marshall Test</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6% and <i>Red Brick Waste</i> 0%	53
4.7.2 Hasil Uji <i>Marshall Test</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 8%, 0%, 3% and <i>Red Brick Waste</i> 3%, 2%, 2%	56
4.7.3 Hasil Uji <i>Marshall Test</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 6%, 8%, 0% and <i>Red Brick Waste</i> 2%, 2%, 4%	60
4.7.4 Hasil Uji <i>Marshall Test</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 4%, 4%, 4%, 4%	63
4.8 Rekap Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Semua Variasi Bahan Tambah	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Jalan	9
Tabel 2.2 Persyaratan Agregat Halus	11
Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Kasar	11
Tabel 2.4 Ampop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Berasphalt	13
Tabel 2.5 Ketentuan Untuk Asphalt Keras Pen. 60/70.....	13
Tabel 2.6 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)	14
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu Yang Sejenis	19
Tabel 3.1 Perhitungan Jumlah Sampel Penentuan Kadar Asphalt Optimum	29
Tabel 3.2 Campuran Asphalt Beton Normal	29
Tabel 3.3 Campuran Asphalt Dengan KT 3% Dan BM 0%.....	29
Tabel 3.4 Campuran Asphalt Dengan KT 6% Dan BM 0%.....	30
Tabel 3.5 Campuran Asphalt Dengan KT 8% Dan BM 0%.....	30
Tabel 3.6 Campuran Asphalt Dengan KT 0% Dan BM 2%.....	31
Tabel 3.7 Campuran Asphalt Dengan KT 3% dan BM 2%.....	31
Tabel 3.8 Campuran Asphalt Dengan KT 0% Dan BM 5%.....	32
Tabel 3.9 Campuran Asphalt Dengan KT 8% Dan BM 2%.....	32
Tabel 3.10 Campuran Asphalt Dengan KT 0% Dan BM 4%.....	33
Tabel 3.11 Campuran Asphalt Dengan KT 3% DAN BM 4%	33
Tabel 3.12 Campuran Asphalt Dengan KT 6% DAN BM 4%.....	34
Tabel 3.13 Campuran Asphalt Dengan KT 4% DAN BM 7%.....	34
Tabel 3.14 Jumlah Sampel Variasi Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste.....	35
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik & Mekanis Agregat Aspalt Pen 60/70	40
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik & Mekanis Agregat Kasar	41
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sifat Fisik & Mekanis Agregat Halus	41
Tabel 4.4 Hasil Analisa Pembagian Butiran Agregat $\frac{3}{4}$	42
Tabel 4.5 Pemeriksaan Analisa Pembagian Butiran $\frac{1}{2}$	43
Tabel 4.6 Hasil Analisa Pembagian Butiran Abu Batu	44
Tabel 4.7 Hasil Analisa Pembagian Butiran Pasir.....	45
Tabel 4.8 Hasil Analisa Pembagian Butiran Filler.....	46

Tabel 4.9 Perhitungan Kombinasi Agregat	47
Tabel 4.10 Campuran <i>Asphalt</i> AC-WC	48
Tabel 4.11 Pembuatan Benda Uji	49
Tabel 4.12 Pemeriksaan Berat Jenis Pada Campuran <i>Asphalt</i> Modifikasi GMM.....	51
Tabel 4.13 Hasil <i>Marshall Test</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6% and <i>Red Brick Waste</i> 0%	53
Tabel 4.14 Hasil <i>Marshall Test</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 8%, 0%, 3% and <i>Red Brick Waste</i> 3%, 2%, 2%.....	57
Tabel 4.15 Hasil <i>Marshall Test</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 6%, 8%, 0% and <i>Red Brick Waste</i> 2%, 2%, 4%.....	60
Tabel 4.16 Hasil <i>Marshall Test</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 4%, 4%, 4%, 4%.....	64
Tabel 4.17 Rejap Uji <i>Marshall Test</i> Semua Variasi Bahan Tambah.....	68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perkerasan Lentur.....	6
Gambar 2.2 Perkerasan Kaku.....	6
Gambar 2.3 <i>Tile Ceramic Waste</i>	7
Gambar 2.4 <i>Red Brick Waste</i>	7
Gambar 2.5 <i>Asphalt 60/70</i>	8
Gambar 2.6 <i>Marshall Test</i>	15
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	23
Gambar 4.1 Pengambilan Agregat Material.....	39
Gambar 4.2 Campuran Material Bensa Uji Sampel.....	48
Gambar 4.3 Sampel Benda Uji.....	50
Gambar 4.4 Pengujian Tahap GMM	50
Gambar 4.5 Pengujian <i>Marshall Test</i>	53



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Detail Grafik Kombinasi Agregat.....	48
Grafik 4.2 Nilai VIM Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6% and <i>Red Brick Waste</i> 0%	54
Grafik 4.3 Nilai VMA Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6 and <i>Red Brick Waste</i> 0%	54
Grafik 4.4 Nilai VFA Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6% and <i>Red Brick Waste</i> 0%	55
Grafik 4.5 Nilai Pada Stabilitas Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6% and <i>Red Brick Waste</i> 0%	55
Grafik 4.6 Nilai Pada <i>Flow</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6% and <i>Red Brick Waste</i> 0%	56
Grafik 4.7 Nilai MQ Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6% and <i>Red Brick Waste</i> 0%	56
Grafik 4.8 Nilai Pada VIM Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 8%, 0%, 3% and <i>Red Brick Waste</i> 3%, 2%, 2%	57
Grafik 4.9 Nilai Pada VMA Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 8%, 0%, 3% and <i>Red Brick Waste</i> 3%, 2%, 2%	58
Grafik 4.10 Nilai Pada VFA Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 8%, 0%, 3% and <i>Red Brick Waste</i> 3%, 2%, 2%	58
Grafik 4.11 Nilai Stabilitas Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 8%, 0%, 3% and <i>Red Brick Waste</i> 3%, 2%, 2%	59
Grafik 4.12 Nilai Pada <i>Flow</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 8%, 0%, 3% and <i>Red Brick Waste</i> 3%, 2%, 2%	59
Grafik 4.13 Nilai Pada MQ Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 8%, 0%, 3% and <i>Red Brick Waste</i> 3%, 2%, 2%	60
Grafik 4.14 Nilai Pada VIM Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 6%, 8%, 0% and <i>Red Brick Waste</i> 2%, 2%, 4.....	61
Grafik 4.15 Nilai Pada VAM Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 6%, 8%, 0% and <i>Red Brick Waste</i> 2%, 2%, 4.....	61

Grafik 4.16 Nilai Pada VFA Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 6%, 8%, 0% and <i>Red Brick Waste</i> 2%, 2%, 4.....	62
Grafik 4.17 Nilai Pada Stabilitas Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 6%, 8%, 0% and <i>Red Brick Waste</i> 2%, 2%, 4.....	62
Grafik 4.18 Nilai Pada <i>Flow</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 6%, 8%, 0% and <i>Red Brick Waste</i> 2%, 2%, 4.....	63
Grafik 4.19 Nilai Pada MQ Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 6%, 8%, 0% and <i>Red Brick Waste</i> 2%, 2%, 4.....	63
Grafik 4.20 Nilai Pada VIM Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 4%, 4%, 4%	64
Grafik 4.21 Nilai Pada VAM Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 4%, 4%, 4%	65
Grafik 4.22 Nilai Pada VFA Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 4%, 4%, 4%	65
Grafik 4.23 Nilai Stabilitas Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 4%, 4%, 4%	66
Grafik 4.24 Nilai Pada <i>Flow</i> Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 4%, 4%, 4%	66
Grafik 4.25 Nilai Pada QM Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 4%, 4%, 4%	67
Grafik 4.26 Rekap Nilai VIM Semua Variasi Bahan Tambah	70
Grafik 4.27 Rekap Nilai VAM Semua Variasi Bahan Tambah	71
Grafik 4.28 Rekap Nilai VFA Semua Variasi Bahan Tambah.....	72
Grafik 4.29 Rekap Nilai Stabilitas Semua Variasi Bahan Tambah	73
Grafik 4.30 Rekap Nilai <i>Flow</i> Semua Variasi Bahan Tambah	74
Grafik 4.21 Rekap Nilai MQ Semua Variasi Bahan Tambah.....	75

ANALISIS ASPHALT WEARING COURSE AC-WC DENGAN BAHAN TAMBAH TILE CERAMIC WASTE AND RED BRICK WASTE UNTUK PERKERASAN JALAN

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan limbah *Tile Ceramic Waste* dan *Red Brick Waste* sebagai bahan tambah (additive) terhadap karakteristik campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Pemanfaatan limbah ini bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan performa perkerasan jalan.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Unissula dengan metode uji Marshall. Variasi campuran menggunakan limbah *Tile Ceramic Waste* sebesar 0%, 3%, 6%, dan 8%, serta limbah *Red Brick Waste* sebesar 0%, 2%, dan 4%. Parameter yang diuji meliputi stabilitas, kelelahan (flow), densitas, VMA, VIM, VFA, dan *Marshall Quotient*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kedua limbah memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai stabilitas dan parameter Marshall lainnya. Komposisi optimum menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1575,05 kg, VIM 3,22%, VMA 15,82%, VFA 79,65%, dan *Marshall Quotient* 218,76 kg/mm. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah keramik dan bata merah dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah yang efektif untuk campuran aspal AC-WC.

Kata Kunci: Asphalt Concrete-Wearing Course, Tile Ceramic Waste, Red Brick Waste, Marshall Test, Perkerasan Jalan

ANALYSIS OF ASPHALT WEARING COURSE AC-WC WITH ADDED MATERIALS OF WASTE CERAMIC TILE AND WASTE RED BRICK FOR ROAD PAVEMENT

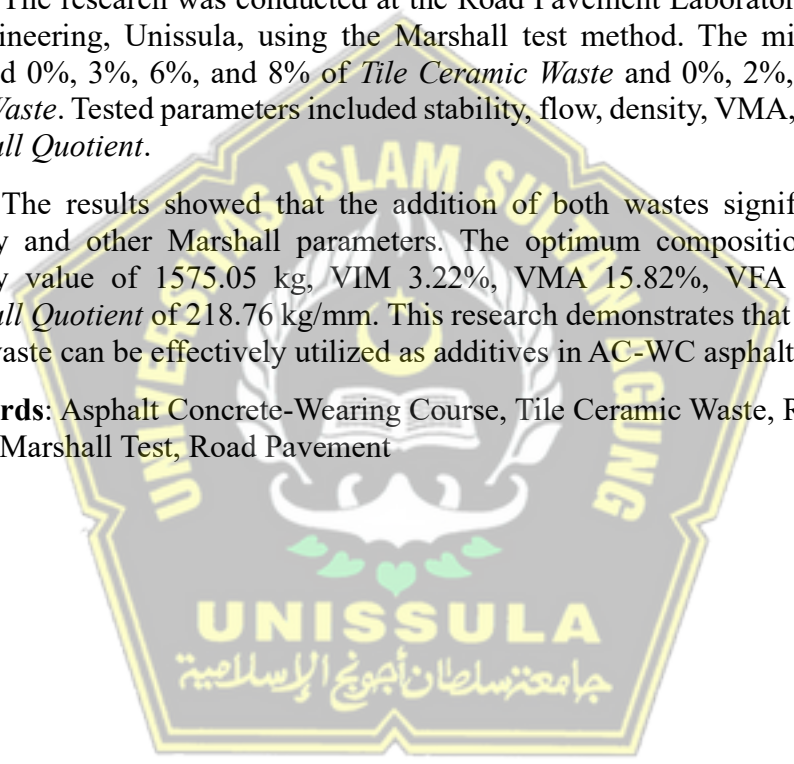
ABSTRAK

This study aims to evaluate the effect of adding *Tile Ceramic Waste* and *Red Brick Waste* as additives on the characteristics of the *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) mixture. The use of these wastes aims to reduce environmental impact while improving road pavement performance.

The research was conducted at the Road Pavement Laboratory of the Faculty of Engineering, Unissula, using the Marshall test method. The mixture variations included 0%, 3%, 6%, and 8% of *Tile Ceramic Waste* and 0%, 2%, and 4% of *Red Brick Waste*. Tested parameters included stability, flow, density, VMA, VIM, VFA, and *Marshall Quotient*.

The results showed that the addition of both wastes significantly affected stability and other Marshall parameters. The optimum composition resulted in a stability value of 1575.05 kg, VIM 3.22%, VMA 15.82%, VFA 79.65%, and a *Marshall Quotient* of 218.76 kg/mm. This research demonstrates that ceramic and red brick waste can be effectively utilized as additives in AC-WC asphalt mixtures.

Keywords: Asphalt Concrete-Wearing Course, Tile Ceramic Waste, Red Brick Waste, Marshall Test, Road Pavement



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada *asphalt road in* Indonesia peningkatan nya sangat tinggi, Konektivitas, mobilitas, dan pertumbuhan ekonomi meningkat sangat pesat. Jenis *asphalt* ada bermacam-macam, antara lain *hard asphalt*, *liquid asphalt* and *modified asphalt*. *Asphalt* bersifat viskoelastik, artinya adalah meleleh pada *high temperature* dan mengeras pada suhu rendah. Sifat-sifat tersebut menjadikan *asphalt* sebagai material terpenting untuk perkerasan jalan karena kemampuannya dalam menarik pada material dalam campuran perkerasan jalan. Permukaan pada jalan yang kebanyakan dipakai di Indonesia adalah *concrete asphalt*. Lapisan *concrete asphalt* sering dipakai dari jenis permukaan jalan ini memiliki stabilitas dan fleksibilitas yang baik.

Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) yaitu layer bagian yang mempunyai tekstur sangat halus dibandingkan pada jenis lapisan beton lainnya. AC-WC memiliki gradasi yang rapat dan memiliki kecil rongga di dalam struktur agregat sehingga lebih peka terhadap variasi nya dalam porsi campuran. Lapisan tersebut adalah lapisan yang langsung bergesekan pada ban transportasi akibat rentang perubahan kondisi pada jalan.

Bitumen atau *asphalt* adalah bahan yang memiliki sifat yaitu melekat yang berasal dari unsur dalam jenis hidrokarbon seperti oksigen, sulfur, dan klor. Fungsi dari bitumen yaitu sebagai perekat antar agregat sehingga bisa membentuk beton bitumen. Beton bitumen dipakai sebagai penyusun terpenting pada perkerasan jalan. Material yang digunakan mencampur lapisan *concrete asphalt* terdiri dari *coarse aggregate*, *fine aggregate*, agregat sedang, semen, dan *asphalt*. Material tersebut harus memiliki sifat yang memenuhi spesifikasi, supaya permukaan jalan *concrete asphalt* mempunyai nilai *stability* dan *flexibility* yang baik dan berkualitas pada perkerasan *asphalt*.

Kandungan bahan pengisi pada campuran *asphalt* mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sifat campuran *asphalt*. Terlalu banyak bahan pengisi akan membuat campuran menjadi keras dan mudak robek. Namun, jika kandungan bahan pengisi pada campuran terlalu rendah, campuran akan sangat lentur dan mudah sekali berubah bentuk nya akibat beban lalu lintas, sehingga mengakibatkan jalan menjadi bergelombang.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa densitas dan stabilitas marshall dengan abu granit memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran dengan abu limbah bahan keramik Tegel. Serbuk limbah bahan Keramik Tegel ini merupakan bahan penelitian utama penulis pada *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui masing-masing proporsi kadar debu dan kadar abu batu pada limbah bahan Keramik Tegel pada campuran lapis perkerasan jalan aspal beton (AC-WC) dan bagaimana pengaruh penambahan limbah keramik terhadap karakteristik marshall terhadap lapisan perkerasan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) pada campuran lapisan perkerasan. (Hamka Wakang, Feri Fadli, Ramdiana, 2021)

Sementara itu, keberadaan limbah *Red Brick Waste* didapatkan dari sisa-sisa pembongkaran atau inovasi bangunan. Pada penelitian ini limbah *Red Brick Waste* digunakan sebagai *filler* pengganti Abu batu. Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui pengaruh limbah *Red Brick Waste* sebagai *filler* terhadap density beton *asphalt*. (2) mengetahui pengaruh limbah *Red Brick Waste* sebagai *filler* terhadap uji parameter uji *marshall*. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan, kemudian data tersebut dianalisis secara *statistic*, digunakan untuk menguji hipotesis, sehingga didapatkan suatu Kesimpulan akhir. Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan : (1) pemanfaatan limbah *Red Brick Waste* memberikan pengaruh terhadap nilai density beton aspal yang ditunjukkan dengan adanya penurunan pada nilai persentase VMA dan VIM.

Penelitian ini Menggunakan *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste* sebagai aditif dalam AC-WC bertujuan untuk mengetahui sifat material dan kualitas pelapis yang dihasilkan, serta menemukan Solusi inovasi baru yang memanfaatkan sumber limbah *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste* yang tidak terpakai dan terbuang sia sia.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk rumusan masalah pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana efek dari pencampuran dari *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan bahan tambah *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste*?
2. Bagaimana *stability* dari penambahan material *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste* terhadap *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) pada perkerasan jalan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Mencari komposisi *Job Mix Design* terbaik dari pemanfaatan bahan *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste* untuk bahan tambah *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC).
2. Mengetahui *stabilitas* terbaik pada pencampuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan bahan *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste* sebagai bahan tambah untuk perkerasan jalan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada tugas akhir ini yaitu :

1. Secara Teoritis

Secara teoritis penelitian menginginkan dan mengharapkan penelitian ini bisa menambah wawasan dan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil terkait penambahan *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste* terhadap *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) untuk perkerasan jalan.

2. Secara Praktis

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan ilmu pengetahuan mengenai pengaruh dari penambahan *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste* terhadap *Asphalt Concrete-Wearing* (AC-WC) untuk perkerasan jalan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan dari penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Praktek dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Unissula.
2. Menggunakan bahan *asphalt* dengan penetrasi 60/70 dari PT . Semarang Multicon di Kendal
3. Menggunakan bahan tambah *Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste* yang diambil dari renovasi rumah Grobogan.
4. Memakai 0%, 3%, 6%,8 untuk variasi penambahan *Tile Ceramic Waste*
5. Memakai 0%, 2%, 4% untuk variasi penambahan *Red Brick Waste*

6. Menguji sampel uji dengan *Marshall test* yang meliputi Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), VMA (*Void In Mineral Agregat*), VIM (*Void In The Mix*), VFA (*Void Filled With Asphalt*), dan Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quantient*).
7. Praktek penelitian dilakukan di laboratorium dan tidak melakukan penghamparan ke lapangan langsung.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penyusunan laporan tugas akhir ini secara sistematika terdiri dari beberapa bab dan sub bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tinjauan dan dasar-dasar teori yang dipakai sebagai pedoman serta acuan dalam pemecahan masalah.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi metode, proses ataupun tata cara yang dipakai penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik berupa pengumpulan data atau yang lainnya.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri dari hasil analisis yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi Kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang didapatkan pada penulisan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

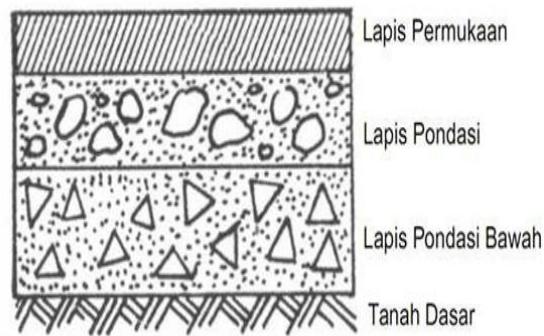
2.1 Pengerasan Jalan

Pengerasan jalan merupakan lapisan pengerasan jalan yang berada diantara permukaan tanah dan roda transportasi, yang dipakai untuk memberikan pelayanan kepada sarana kendaraan, tujuan pengerasan yaitu untuk menompang beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan. Supaya pengerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka pengerasan jalan dibuat berlapis-lapis, salah satu dari bahan konstruksi jalan yang digunakan dilapisan pengerasan jalan yaitu aspal beton. (Aini, Siti Arifatul, 2021)

Pengerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dibangun di atas tanah dasar (subgrade) dengan tujuan untuk menerima, menyebarkan, dan menahan beban lalu lintas sehingga dapat memberikan permukaan yang rata, kuat, dan aman bagi pengguna jalan. Pengerasan berfungsi melindungi tanah dasar dari kerusakan akibat beban kendaraan maupun pengaruh cuaca, serta memastikan kenyamanan dan keselamatan berkendara. (Kementerian PUPR, 2020)

Pengerasan jalan memiliki dua macam berdasarkan bahan material pengikatnya yaitu pengerasan lentur dan pengerasan kaku. Pengerasan lentur adalah pengerasan yang menggunakan *asphalt* sebagai bahan untuk pengikat. Lapisan permukaan jalan menyerap beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke seluruh dasar jalan. Pengerasan fleksibel umumnya cocok pada jalan dengan volume lalu lintas ringan hingga sedang, seperti jalan kota. Permukaan jalan kaku, yaitu permukaan jalan yang menggunakan semen *Portland* sebagai perekat pada plat beton, dengan tanpa tulangan dan dengan tanpa lapisan dasar, dan diletakkan di atas *sub-base*. (Bina Marga, 2013)

Pengerasan jalan atau bitumen berfungsi untuk mengikat utama dalam campuran aspal yang berasal dari hasil penyulingan bumi. Bitumen berperan sangat penting dalam konstruksi jalan karena sifat fisiknya yang viskoelastis, tahan air, dan mampu mengikat agregat. (Bina Marga, 2013)



Gambar 2.1 Perkerasan Lentur

(Sumber : Internet)



Gambar 2.2 Perkerasan Kaku

(Sumber : Internet)

2.2 Tile Ceramic Waste

Keramik tegel merupakan limbah padat dari hasil produksi atau pemakaian ubin keramik yang tidak terpakai atau rusak. Keramik ini dapat dihancurkan menjadi ukuran tertentu dan digunakan sebagai pengganti agregat kasar/halus atau bahan tambah (aditif) dalam campuran Aspal Concrete Wearing Course (AC-WC) manfaat keramik tegel untuk campuran perkerasan jalan yaitu meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal dan mengurangi penggunaan agregat alam dan (Anggraini, R. D., & Yulianto, B. 2018).



Gambar 2.3 *Tile Ceramic Waste*

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.3 Red Brick Waste

Batah merah Adalah material bangunan tradisional yang terbuat dari tanah liat yang dibakar pada suhu tinggi mengeras dan memiliki kekuatan structural. Dalam konteks perkerasan jalan, limbah bata merah atau bata merah yang sudah tidak terpakai sering dimanfaatkan sebagai bahan substitusi agregat dalam campuran aspal, khususnya untuk menambahkan keberlanjutan dan efisiensi biaya.(Prasetyo, D. R., & Sutanto, M. H. 2020)



Gambar 2.4 *Red Brick Waste*

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.4 Asphalt

Asphalt penetrasi 60/70 adalah jenis aspal keras (hard asphalt) yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran aspal untuk konstruksi perkerasan jalan. Angka 60/70 menunjukkan rentang nilai penetrasi jarum standar (dalam satuan 0,1 mm) terhadap aspal

pada suhu 25 °C. Fungsi dalam campuran perkerasan jalan yaitu sebagai bahan pengikat dan memberikan kekuatan structural, dan menjaga elastisitas jalan.(Bina Marga, 2018)



Gambar 2.5 ASPHALT 60/70

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.5 Klasifikasi Kelas Jalan

Berdasarkan UU No.38 Tahun 2004 Pasal 7-8, Sistem jaringan pada jalan secara umum berperan sebagai penyediaan fasilitas distribusi barang dan jasa untuk perkembangan suatu daerah. Jalan umum dikelompokkan menjadi 4 yaitu jalan arteri, jalan lokal, jalan kolektor, jalan lingkungan.

1. Jalan Arteri (*Arterial Road*)

Merupakan jalan umum yang berfungsi sebagai pelayanan angkutan utama untuk perjalanan jauh dengan rata-rata kecepatan tinggi. Jalan ini menghubungkan antar pusat nasional.

2. Jalan Lokal (*Local Roads*)

Merupakan jalan umum sebagai pelayanan Transportasi *local* dengan perjalanan cukup dekat dan kecepatan rata-rata rendah. Jalan ini menghubungkan antara pusat kegiatan nasional dengan pusat lingkungan, pusat kegiatan regional dengan pusat lingkungan dan pusat kegiatan local dengan pusat lingkungan.

3. Jalan Kolektor (*Collector Road*)

Merupakan jalan umum yang memiliki fungsi untuk pelayanan angkutan pengumpul/pembagi dengan perjalanan jarak sedang serta memiliki kecepatan dengan

rata-rata sedang. Jalan kolektor ini berfungsi untuk menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan *local* atau pusat kegiatan regional.

4. Jalan Lingkungan (*Neigh Borhood Road*)

Merupakan jalan umum dengan fungsi sebagai penyediaan layanan angkutan local dengan jarak tempuh dekat serta memiliki kecepatan yang rata-rata rendah. Jalan ini merupakan jalan yang menghubungkan pusat kegiatan pedesaan dengan jalan pedesaan lain.

Berdasarkan UU No.22 Tahun 2009 Pasal 19, Kelas jalan dikelompokkan berdasarkan pada fungsi, intensitas serta daya dukung jalan menerima beban pada kendaraan.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum			Muatan Sumbu Terberat (Ton)
		Lebar (m)	Panjang (m)	Tinggi (m)	
I	Arteri,Kolektor	2,5	18	4,2	10
II	Arteri,Kolektor, Local,Lingkungan	2,5	12	4,2	8
III	Arteri,Kolektor, Local,Lingkungan	2,1	9	3,5	8
Khusus	Arteri	>2,5	>18	4,2	>10

(Sumber : UU no.22 Tahun 2009 Pasal 19)

2.6 Penyusunan Perkerasan Jalan

2.6.1 Pengertian Agregat

Bahan dasar utama dalam penyusunan perkerasan jalan adalah agregat. Pada umumnya agregat merupakan hasil dari campuran batu pecah, krikil, pasir ataupun mineral lain. Agregat mempengaruhi daya dukung perkerasan jalan karena memiliki volume sebesar 90-95% dari volume. Suatu perkerasan jalan kualitasnya dapat dipengaruhi sifat dari agregat dan pencampuran material lainnya. Kualitas agregat dipengaruhi beberapa *factor* yaitu kebersihan, gradasi, kekerasan, ketahanan agregat, berat jenis, serap air, bentuk butiran, kekasaran permukaan, daya lekat *asphalt* dan porositas. Untuk konsentrasi pori

pada material agregat, ditentukan dari jumlah air yang diserap pada material. Nilai serapan didapatkan dari agregat yang mengalami perubahan berat karena penyerapan air pada pori-pori dalam kondisi kering, dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

Penyerapan pada Agregat Kasar

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 10\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Penyerapan pada Agregat Halus

$$= \frac{B_s}{B + B_s - B_t} \times 10\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

B : Berat piknometer + air, (gr)

B_t : Berat piknometer + benda uji + air, (gr)

B_s : Berat benda uji, (gr)

B_j : Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

B_k : Berat benda uji kering oven (gr)

2.6.2 Persyaratan Agregat

Menurut Bina Marga (2018), Agregat dibedakan dari sifat dan ukuran butirannya yang dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu agregat halus, agregat kasar dan (*filler*). Penyerapan air pada material maksimal 3% dan pada jenis material *smooth* dan *rude* tidak bisa berbeda lebih dari 0,2. Berikut ini adalah macam-macam material yang digunakan pada perkerasan jalan.

1. Agregat Halus (*Fine Aggregate*)

Fraksi material yang butirannya lebih kecil dan lolos dari saringan No. 8 (2,36 mm). Material *smooth* berfungsi menambah stabilitas dengan mengisi ruang antar butir dan menempel diantara butiran yang terdiri dari kerikil atau pasir alam atau kombinasi kedua zat tersebut. Pasir alam yang digunakan tidak lebih dari 15% dari berat total campuran (Bina Marga., 2018)

Tabel 2.2 persyaratan Agregat Halus

Penguji	Metode Penguji	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 %
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI 03-4141-1966	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

(Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan *Asphalt* Table 6.3.2.2)

2. Agregat Kasar (*Coarse Agregat*)

Fraksi material yang tertahan pada saringan No.4 (4,75 mm). Material ini harus memiliki sifat yang kuat, bersih, awet, bebas dari tanah dan tidak mengandung komponen lain yang tidak diinginkan. Fraksi material kasar harus dari agregat mesin dan memiliki spesifikasi ukuran yang sesuai dari jenis rencana pada campuran.

Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan		Natrium Sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks. 12 %
		Magnesium Sulfa		Maks. 18 %
Abrasi Dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 Putaran	SNI 2417 : 2008	Maks. 6 %
		500 Putaran		Maks. 30 %
	Semua Jenis Campuran Berasal Bergradasi Lainnya	100 Putaran		Maks. 8 %
		500 Putaran		Maks. 40 %
Kelekatan Agregat Terhadap Asphalt			SNI 2439 : 2011	Min. 95 %
Butir Pecah Pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619 : 2012	100/90
		Lainya		95/90
Partikal Pipih dan Lonjong		SMA	SNI 8287 : 2016 Perbandingan 1:5	Maks. 5%
		Lainya		Maks. 10 %
Matetial Lolos Ayakan NO.200			SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 1 %

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan *Asphalt* Tabel 6.3.2.1a)

3. Bahan Pengisi/*Filler*

Filler merupakan bahan yang melewati saringan No. 200 (0,075 mm) dan beratnya tidak kurang dari 75%. Fungsi *filler* sebagai pengisi rongga udara pada campuran, sehingga mampu mengeraskan lapis perkerasan *asphalt*.

2.6.3 Gradasi Agregat

Gradasi salah satu *factor* penting dalam stabilitas perkerasan jalan melalui gradasi ukuran material. Pada umumnya ukurannya agregat mempengaruhi besarnya volume rongga (*Void*) dan stabilitas dalam campuran. Gradasi agregat dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. Gradasi Senjang (*Gap Gaded*)

Gradasi senjang merupakan jenis gradasi yang memiliki fraksi agregat yang sangat sedikit atau tidak lengkap. Agregat gradasi senjang umumnya digunakan untuk perkerasan lentur. Lapisan perkerasan dari agregat sedang akan memiliki kualitas perkerasan yang berada diantara hasil gradasi seragam dan gradasi rapat.

2. Gradasi Menerus/Rapat (*Dense Graded*)

Campuran skala agregat yang ukuran butirannya terdistribusi merata antara agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai gradasi rapat atau gradasi menerus (*Continuous Gradining*). Agregat gradasi dianggap baik jika memenuhi persyaratan tiap lapis saringan dan presentase tinggi.

$$p = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^{0,45} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

P : Presentase lolos saringan dengan bukaan d mm (%)

d : Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan (%)

D : Ukuran maksimum partikel dalam gradasi terbuka (%)

3. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam atau gradasi terbuka (*open Graded*) merupakan susunan agregat dengan ukuran yang berskala hamper sama. Komposisi agregat halus dalam gradasi seragam terbilang sedikit sehingga terdapat banyak rongga.

Tabel 2.4 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Berasphalt

Ukuran		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat		
ASTM	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 ½"	37,5			100
1"	25		100	90 – 100
¾"	19	100	90 – 100	76 - 90
½"	12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
3/8"	9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
No. 4	4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
No. 8	2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,600	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,300	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 9	4 - 8	3 – 7

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan *Asphalt* Tabel 6.3.2.3)

2.7 Sifat dan Karakteristik Campuran *Asphalt* Beton

Bitumen yaitu bahan berwarna hitam dan memiliki sifat viskoelastis yang membuatnya menjadi leleh dan mencair. *Asphalt* berfungsi sebagai bahan pelekat pada perkerasan lentur. *Asphalt* juga memiliki dari senyawa hidrokarbon yang mengandung *sulfur*, *chlor*, oksigen.

Tabel 2.5 Ketentuan untuk *Asphalt* Keras Pen.60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi Pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2.	Viskositas Kinematis 135 °C)	ASTM D2170-10	≥ 300
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
4.	Daktilitas Pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
7.	Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
8.	Indeks Penetrasi Pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan *Asphalt* Table 6.3.2.5)

Tabel 2.6 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat – Sifat Campuran		Laston		
		Lapisan Aus	Lapisan Antara	Fondasi
Jumlah Tumbukan Per Bidang		75		112
Rasio Partikal Lolos Ayakan 0,075 mm Dengan Kadar Aspal Efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,6		
Rongga Dalam Campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga Dalam Agregat (VMA)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi <i>Asphalt</i> (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) Setelah Perendaman Selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga Dalam Campuran (%) Pada Kepadatan Membal (Refusal)	Min.	2		

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan *Asphalt* Tabel6..331c)

2.8 Marshall Test

Metode di laboratorium dilakukan untuk memeriksa campuran panas agar mendapatkan nilai stabilitas dan keelehan dari campuran *asphalt*. Metode ini dikembangkan oleh *Bruce Marshall* pada tahun 1939. *Asphalt* dan agregat dicampur lalu dipanaskan dengan suhu yang memiliki nilai kekentalan *asphalt* 170 ± 20 centistokes (cst). Hasil sampel uji dari pemadatan dengan alat pemadatan *asphalt* (*Marshall Compaction Hammer*) yaitu berbentuk silinder dengan tinggi 60 mm, diameter 100 mm dan pengujian dilakukan pada saat suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dengan pembebanan konstan 51 mm/menit.

Stabilitas *Marshall* adalah beban maksimum pada sampel uji sebelum dihancurkan. Arus *Marshall* adalah volume regangan pada benda uji saat belum pecah. Koefisien *Marshall* menentukan nilai ketahanan material terhadap deformasi.



Gambar 2.6 *Marshall Compaction Hammer & Alat Marshall test*
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Hasil dari *Marshall Test* meliputi stabilitas, kelelahan (*flow*), VMA, VIM, VFA, hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quantient*).

1. Stabilitas

Adalah kemampuan campuran *asphalt* padat terhadap beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang, alur (*rutting*) ataupun *bleeding*. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai dari stabilitas yaitu kohesi/penetrasi, kerapatan, kontak antar agregat, kadar *asphalt*, bentuk dan tekstur permukaan gradasi agregat.

2. Kelelahan (*Flow*)

Adalah nilai deformasi/penurunan vertical yang terjadi pada saat pembebanan yang diberikan terhadap campuran *asphalt* padat. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai dari kelelahan (*flow*) yaitu kadar *asphalt*, gradasi agregat dan suhu *asphalt* saat pemadatan.

3. Kepadatan (*Density*)

Adalah kerapatan pada campuran *asphalt* padat. Berikut adalah rumusnya :

$$Density = \frac{\text{Berat Uji Kering (gram)}}{\text{Volume Berat Uji (cm}^3\text{)}} \dots\dots\dots(2.4)$$

4. Berat Jenis Bulk

Yang bisa diukur dengan menggunakan hukum *Archimedes* :

$$Gmb = \frac{\text{Berat Uji Kering}}{\text{Berat Uji Kering Permukaan} - \text{Berat Uji Dalam Air}} \dots\dots\dots(2.5)$$

5. Berat Jenis Maksimum Sebelum Dipadatkan

$$Gmm = \frac{100}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

Gmm : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

Pb : Jumlah *asphalt* terhadap total berat campuran (%)

Ps : Jumlah agregat terhadap total berat campuran (%)

Gse : Berat jenis efektif agregat

Gb : Berat jenis *asphalt* (gr/cc)

6. Jumlah *Asphalt* yang Terserap

$$Pba = 100 \times \frac{Gse - Gsb}{Gse \times Gse} \times Gb \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

Pba : Jumlah *asphalt* yang terserap terhadap agregat (%)

Gb : Berat jenis *asphalt* (gr/cc)

Gsb : Berat jenis bulk agregat

Gse : Berat jenis spesifik agregat

7. Jumlah *Asphalt* Efektif dalam Campuran

$$Pbe = Pb \frac{Pba}{100} Ps \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

Pbe : Jumlah *asphalt* efektif terhadap total berat campuran (%)

Pb : Jumlah *asphalt* terhadap total berat campuran (%)

Ps : Jumlah agregat terhadap total berat campuran (%)

Pba : Jumlah *asphalt* yang terserap terhadap berat agregat (%)

8. Berat Jenis Efektif Agregat Campuran

Adalah berat jenis maksimum dari campuran *asphalt* beton yang belum didapatkan dari uji laboratorium. Berikut adalah rumusnya :

$$Gse = \frac{100}{\left(\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \frac{Pn}{Gn}\right)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

G 1, G 2,.....Gn : Spesifikasi berat setiap jenis agregat

P1, P2,.....Pn : Persentase berat setiap jenis agregat

9. Berat Jenis Efektif Agregat Campuran

Adalah berat jenis maksimum dari campuran *asphalt* beton yang belum dipadatkan dari uji di laboratorium. Berikut adalah rumusnya :

$$Gse = \frac{100}{\left(\frac{P1}{Ge} + \frac{P2}{Ge} + \frac{Pn}{Gen}\right)} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

Ge1, Ge2,.....Gen : Spesifikasi berat setiap jenis agregat

P1, P2,.....Pn : Persentase berat setiap jenis agregat

10. Rongga diantara Mineral Agregat (*Void In Mineral Aggregate/VMA*)

Adalah jumlah Pori-Pori yang terhadap diantara butiran agregat pada campuran *asphalt* beton yang sudah dipadatkan.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

Gmb : Berat jenis bulk campuran (gr/cc)

Gsb : Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

Ps : Jumlah agregat terhadap total berat campuran (%)

11. Rongga Udara (*Void In The Mix/VIM*)

Adalah volume rongga udara yang terdapat diantara butiran agregat yang dilapisi campuran *asphalt* beton yang sudah dipadatkan.

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara dalam campuran terhadap volume campuran (%)

Gmm : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

Gmb : Berat jenis bulk campuran (gr/cc)

12. Rongga Terisi *Asphalt* (*Void Filled With Asphalt/VFA*)

Adalah volume rongga yang terdapat diantara butiran agregat yang terisi *asphalt*, tidak termasuk *asphalt* yang diserap oleh agregat.

$$VFA = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

VFA : Pori antara butir agregat yang terisi *asphalt* dari VMA (%)

VMA : Pori butir agregat didalam beton *asphalt* (%)

VIM : Rongga udara dalam campuran (%)

13. Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quantient*)

Adalah perbandingan dari nilai stabilitas dan modulus daya tekan dari campuran *asphalt*. Semakin tinggi nilai MQ maka nilai kekakuan juga tinggi pada campuran *asphalt* yang mengakibatkan aspal rentan terhadap keretakan. Dirumuskan sebagai berikut :

$$MQ = \frac{S}{F} \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan :

MQ : *Marshall Quantient* (kg/mm)

F : Nilai kelelehan/*flow* (mm)

S : Stabilitas (kg)

2.9 Penentuan Kadar *Asphalt* Optimum

Penentuan kadar *asphalt* optimum yaitu dengan cara proses menentukan jumlah *asphalt* yang optimal dalam campuran *asphalt* agar menghasilkan campuran dengan sifat-sifat yang diinginkan, seperti stabilitas, kekerasan, dan kekedapan air, dan proses dilakukan dengan metode *Marshall Test*.

Menurut SNI-06-2480-1991 penentuan optimum dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$B = \frac{(W1 - W2) - (W3 + W4)}{VMAW1 - W2} \times 100\% \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

B : Kadar *asphalt* (%)

W1 : Berat benda uji (%)

W2 : Berat air dalam benda uji (gr)

W3 : Berat mineral hasil ekstraksi (gr)

W4 : Berat mineral halus yang tertinggal dalam filtrat (gr)

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu Yang Sejenis

No	Penulis	Judul	Metode & Variabel	Hasil
1	Samsul Bahri (2016)	Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Lokan dan Serbuk Bata Merah dan Aditif Anti Pengelupaan Pada AC-BC	Metode Uji Marshall dan Limbah Serbuk Bata Merah dan Abu Cangkang Lokan	Hasil uji Anava Didapatkan Bahwa Perhitungan Untuk Nilai Stabilitas Adalah Sebesar 9,21, Perhitungan Untuk Nilai <i>Flow</i> adalah Sebesar 19,19. Table Pada Tingkat Kepercayaan 99% Menunjukan Pada Nilai 7,82
2	Kevin Doan Panjaitan, Tan Lie Ing, (2017)	Penggunaan Genteng Keramik Sebagai Agregat Kasar Dan Abu Terbang Sebagai Pengisi Pada Laston AC-BC	Metode Uji Marshall dan Limbah Keramik Tegel	Hasil Penelitian Pengujian Kadar Aspal Optimum Dari Kelima Jenis Campuran Agregat, Penggunaan Limbah Genteng
3	Kurnia Hadi Putra, Jamila Wahdana (2019)	Studi Eksperimen Penambahan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Camouran Laston (AC-WC) Terhadap Karakteristik Uji Marshall	Metode Uji Marshall dan Limbah Keramik dan Abu Batu	Hasil Penelitian Dapat Disimpulkan Kadar Limbah Keramik 25% Nilai VIM 4.09% Nilai VMA 15.52%, Nilai Stabilitas 1299.83 Kg, Nilai Marshall Quotient 519.93 Kg/mm
4	Aini, Siti Arifatul (2021)	Analisa Kandungan Kimia-Mineralogi Limbah Batu Bata Sebagai Material Pengganti Pozzolan Pada Semen Campur (Blended Cement)	Metode XRD dan Dinalisis menggunakan XRF dan Limbah Batu Batahn Merah	Hasil Penelitian Pengujian XRF Yaitu SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ Dengan Kandungan Senyawa Minor CaO, ZnO, TiO ₂ , K ₂ O, P ₂ O ₅ , CuO, V ₂ O ₅ , Cr ₂ O ₃ , MnO, SrO, Eu ₂ O ₃ dan Re ₂ O ₇

5	Hamka Wakang, Feri Fadli, Ramdiana (2021)	Pengaruh Penambahan Limbah Keramik Sebagai Filler Pada Lapisan Pemasangan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)	Metode Uji Marshall dan Limbah Keramik Tegel	Hasil Penelitian Penambahan 50% Keramik Diperoleh VMA, MQ, Stabilitas, Flow, VFB Memenuhi, Penambahan 100% Keramik Diperoleh VMA, Stabilitas MQ, VFB Dan Flow Memenuhi Spesifikasi, Untuk Nilai VIM Tidak Ada Yang Memenuhi
6	Mazmur, Serwi, (2022)	Studi Penggunaan Limbah Keramik Tegel Sebagai Filler Pada Campuran Aspal (AC-WC)	Metode Uji Contabro dan Limbah Keramik Tegel	Hasil Penujian Contabro Pada Benda Uji Gradiasi Bina Marga Dengan Nilai Hasil Rata-Rata yaitu Pada variasi 0% 2,93, 60% 3,55 dan 100% 4,40
7	Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana, Santi Yatnikasari, Muhammad Noor Asnan (2022)	Karakteristik Marshall Keramik Sebagai Agregat halus Dan Filler pada Campuran Hot Roller Sheet (HRS)	Metode Uji Marshall dan Immersion Test dan Limbah Batu Bata Merah dan Abu Batu	Hasil Penelitian Pengujian Semakin Banyak Penambahan Keramik Akan Menurunkan Nilai Stabilitas, Marshall Quotient, VITM dan VMA dan Menaikan Nilai Flow, Density dan VFWA. Dalam Pembuatan Lapis Perkerasan HRS Dengan Variasi Kadar 25% Keramik
8	Sumampouw, Gerry Kurniawa (2023)	Penggunaan Limbah Bata Merah Sebagai Subtitusi Filler Pada Campuran AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)	Metode Uji Marshall dan Limbah Batu Bata Merah	Hasil Penelitian Pengujian Dengan Variasi Campuran 2%, 4%, dan 5%. Untuk Variasi 0%, 2%,4% Telah Memenuhi Standar Spesifikasdi Karena Rata-Rata Diperoleh Tidak Melawati 20%

9	Dwina Archenita (2024)	Kinerja Marshall Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Serbuk Bata Merah Recyling Sebagai Sybsititusi	Metode Uji Marshall dan Limbah Batu Batah Merah	Hasil Pengujian Marshall Menujukkan Bahwa Stabilitas Campuran Dengan Substitusi Campuran Dengan Substitusi Filler Pada Semua Variasi Memenuhi Spesifikasi 2018(>800 kg) Sebagai Acuan yang Digunakan Departemen PU, Dengan Stabilitas Tertinggi pada Variasi 10% Yaitu 1786,96 kg.
10	Muhammad Fajar Rosuli, Agustin Dita Lestari, Akhmad Suryadi (2024)	Pengaruh Limbah Bata Merah Sebagai Filler Pada Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Campuran	Metode Uji Marshall dan Limbah Batu Batah Merah	Hasil Penelitian Pengujian Nilai Kadar Aspal Terpilih Sebesar 5,4% Nilai VMA 17,68%, VFA : 96,81%, VIM : 1,28%, Stabilitas : 1475,01 Kg, Flow : 3,02 mm, MQ : 529,92 Kg/mm. Variasi 16%, Stabilitas 1427,80 Kg
11.	Alpin Hartanto, Defa Kuswanto (2025)	ANALISA <i>ASPHALT WEARING COURSE</i> AC-WC BAHAN TAMBAH <i>TILE CERAMIC WASTE AND RED BRICK WASTE</i> UNTUK PERKERASAN JALAN	Metode Uji Marshall dan Limbah <i>Tile Ceramic Waste and Red Brick Waste</i>	Hasil Penelitian Pengujian Nilai Kadar <i>Asphalt</i> Dengan Variasi <i>Tile Ceramic Waste</i> 0%, 3%, 6%, 8% and <i>Red Brick Waste</i> 0%, 2%, 4%. Dan Untuk Nilai VIM 3,22% ; VMA 15,82% ; VFA 79,65% ; Stabilitas 1575,05kg ; MQ 218,76 mm

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tipe Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen atau kuantitatif. Pada umumnya penelitian ekperimental bertujuan agar mengetahui, memprediksi, dan membuktikan pengaruh dari hasil perlakuan pada subjek penelitian.

Penelitian ini mengambil data dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil penelitian pada benda uji secara langsung. Sedangkan, data sekunder yaitu data yang didapatkan dari hasil uji suatu perusahaan. Pedoman pada penelitian kali ini menggunakan *American Society for Testing Material* (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

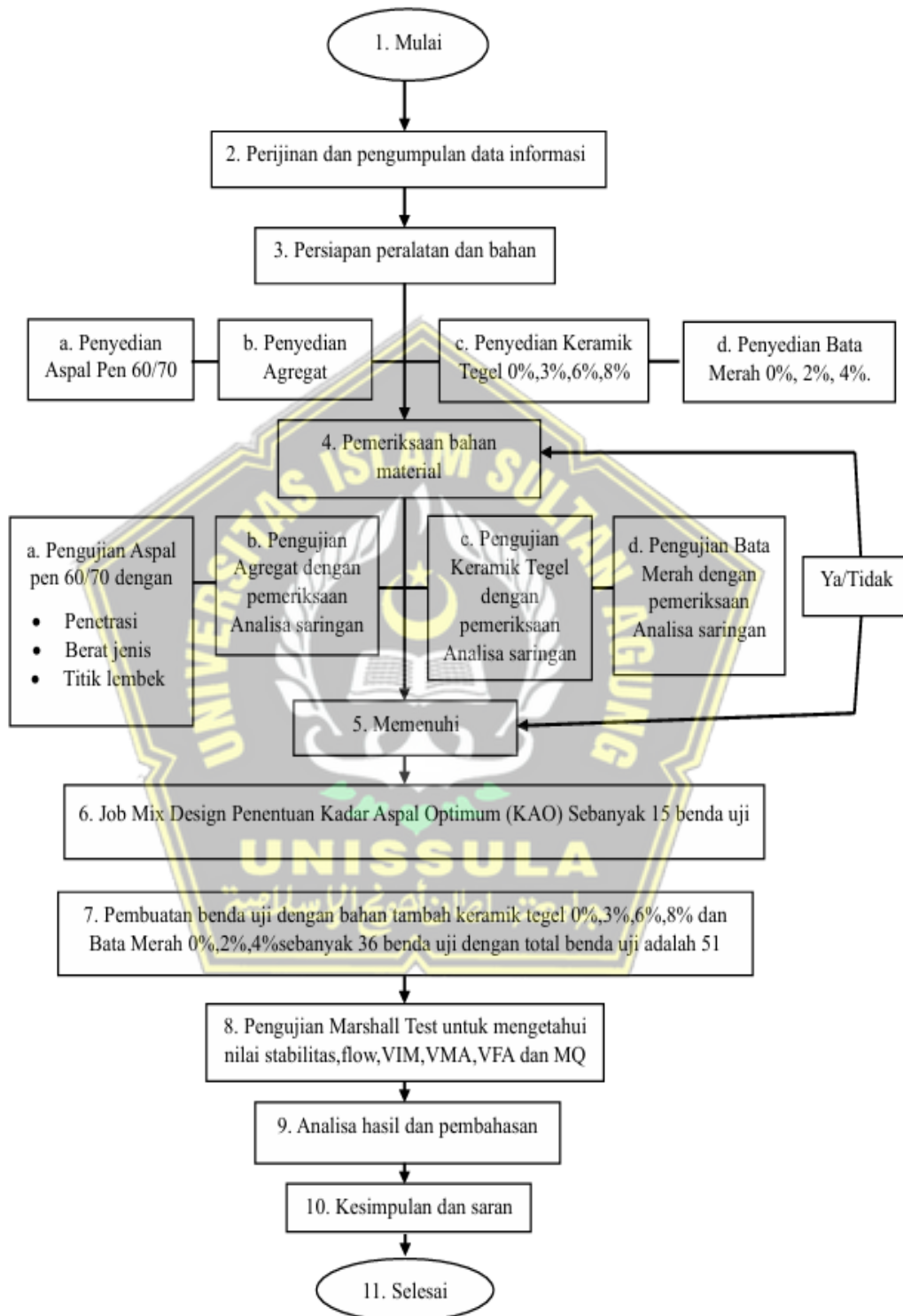
Tahap pertama pada penelitian ini adalah melakukan tinjauan literatur yang ada dilanjutkan dengan pengumpulan pada data. Sumber primer dan skunder digunakan untuk menganalisi permukaan pada jalan. Data primer diperoleh dari hasil percobaan yang dilakukan langsung di laboratorium oleh peneliti dengan mengikuti petunjuk dalam manual yang sudah tersedia

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang meliputi :

1. Persiapan peralatan dan bahan penelitian
2. Pemeriksaan bahan material seperti :
 - a. *Asphalt* pen 60/70
 - b. Agregat kasar
 - c. Agregat halus
 - d. Semen (*Filler*)
 - e. *Tile Ceramic Waste*
 - f. *Red Brick Waste*
3. Persiapan pencampuran komposisi bahan material
4. Pembuatan sampel uji
5. Pengujian sampel uji

3.3 Bagan Alir



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.4 Metode Analisis

Tempat pelaksanaan pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Unissula untuk mencari nilai stabilitas dan komposisi pada *asphalt* modifikasi.

Berikut adalah tahapan penelitian dari awal sampai akhir secara sistematis yang dilakukan menurut *American Society For Testing Material* (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

3.4.1 Mulai

Tahap penelitian dimulai sesuai dengan prosedur penelitian yang telah ditentukan.

3.4.2 Perijinan dan Pengumpulan Data Informasi

a. Perijinan

Untuk penggunaan Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Unissula diperlukan surat izin yang telah ditanda tangani untuk perijinan Kepada Kepala Laboratorium.

b. Pengumpulan Data Informasi

Data informasi pada penelitian ini didapatkan dari pengumpulan beberapa referensi penelitian seperti jurnal, penelitian terdahulu serta pedoman yang ditentukan dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Terdapat 2 data yang dilakukan untuk pengumpulan data diantaranya :

- Data Sekunder

Data dari hasil pengujian material yang dilakukan oleh perusahaan. Data sekunder yang didapatkan yaitu *asphalt* pen 60/70 dari Labtek PT Semarang Multicon di Kendal.

- Data Primer

Data dari hasil pembuatan benda uji yang dilakukan pada saat penelitian di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Unissula. Data primer yang didapatkan yaitu berat jenis material, hasil Analisa saringan dan nilai *Marshall Test*.

3.4.3 Persiapan Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini terdapat beberapa peralatan serta bahan diantaranya sebagai berikut:

a. Alat uji agregat dan *filler*

1. Mesin *Los Angeles* untuk uji abrasi pada agregat.
2. Ayakan yang terdiri dari beberapa ukuran yaitu $1\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, no 4,8,16,30,50,100, dan 200.
3. Oven sebagai pengering agregat.
4. Timbangan berat untuk mengetahui berat agregat.
5. Alat uji berat jenis seperti piknometer, timbangan dan pemanas.
6. Bak perendam dan tabung untuk tempat merendam benda uji

b. Alat uji *asphalt*

Alat untuk pengujian *asphalt* yang dimaksudkan untuk mengetahui kualitas *asphalt* yaitu :

- alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan)
- alat uji titik nyala dan titik bakar
- alat uji titik lembek
- alat uji kelarutan
- alat uji daktilitas

c. Alat uji metode *Marshall test*

1. Alat uji *Marshall* terdiri dari cincin penguji dengan kapasitas 3000 kg dan kepala penekan dengan bentuk melengkung serta arloji sebagai pengukur kelelahan (*flow*).
2. Untuk alat cetak benda uji pada *Marshall* standar yang terbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan memiliki tinggi 6 cm. Sedangkan alat cetak sampai uji *Marshall* modifikasi berdiameter 15,24 cm dan tinggi 9,52 cm serta dilengkapi plat dan leher sambung.
3. Untuk *Marshall* standar alat tumbuk manual dengan permukaan rata dengan bentuk silinder yang berdiameter 9,8 cm, berat 4,5 kg dengan tinggi jatuh bebas rata-rata 45 cm.

4. *Ejektor* sebagai alat untuk mengeluarkan sampel uji yang telah dipadatkan.
5. Beberapa alat penunjang lainnya yaitu : Panci, Kompor, Termometer, kipas angin, sendok, kaus tangan tahan terhadap panas, sarung tangan, kain lap, kaliper, spatula lab, timbangan, spidol.

3.4.4 Bahan

1. Agregat halus, kasar serta *filler* didapatkan dari labtek PT Semarang Multicon di kendal.
2. Memakai *asphalt* penetrasi 60/70 didapatkan dari Labtek PT Semarang Multicon di kendal.
3. *Tile Ceramic Waste* yang didapatkan dari Renovasi Pembangunan rumah sehingga menjadi limbah yang tidak terpakai dan diambil dari daerah Grobogan dengan variasi 0%, 3%, 6%, 8%.
4. *Red Brick Waste* diperoleh dari renovasi Pembangunan rumah di daerah Grobogan dengan variasi 0%, 2%, 4%.

3.4.5 Pemeriksaan Bahan Material

a. *Asphalt*

Senyawa yang paling dominan pada *asphalt* merupakan senyawa hidrokarbon. Karakteristik *asphalt* menjamin tercapainya persyaratan spesifikasi. Pengujian bahan bitumen kali ini menggunakan *asphalt* dengan penetrasi 60/70. Pengujian diperlukan untuk mengetahui sifat fisik *asphalt*, diantaranya adalah sebagai berikut :

- Pemeriksaan penetrasi *asphalt* pada SNI 06-2456-1991.
- Pemeriksaan titik lembek pada SNI 06-2434-1991.
- Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar pada SNI 06-2433-1992.
- Pemeriksaan penurunan berat minyak *asphalt* pada SNI 06-2240-1991.
- Pemeriksaan Kelarutan *asphalt* dalam karbon tetraklorida/CCl₄ pada ASTM D5546.
- Pemeriksaan daktilitas pada SNI 06-2432-1991.
- Pemeriksaan berat jenis *asphalt* pada SNI 06-2441-1991.
- Penetrasi setelah RTFOT pada SNI 06-2456-1991.

Asphalt memiliki beberapa sifat-sifat campuran yaitu :

1. Stabilitas

Stabilitas dapat menahan gaya deformasi dan peleburan plastic karena beban lalu lintas statis dan dinamis, mencegah bekas aus roda, keriting dan perubahan permukaan jalan dengan nilai satuan Kg atau KN. Nilai stabilitas tergantung pada gesekan butiran, penguncian partikel dan daya rekat.

2. Kelelahan (*flow*)

Perubahan bentuk yang disebabkan oleh beban uji keruntuhan, yang dinyatakan dalam mm atau inci. Kelelahan ini disebabkan karena tingginya kadar *asphalt* yang berakibat pada nilai hasil menyerupai campuran plastic. Sedangkan kadar *asphalt* yang rendah nilai pada campuran akan menunjukkan bahwa campuran memiliki sifat kaku.

3. Rongga dalam campuran (VIM)

Nilai VIM ini dinyatakan dalam persentase yang didapatkan dari jumlah pori-pori yang terdapat diantara butiran agregat yang telah dilapisi oleh campuran *asphalt* beton padat.

4. Rongga diantara mineral agregat (VMA)

Pada VMA merupakan jumlah pori-pori yang didapatkan diantara butiran agregat pada *asphalt* beton yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persentase.

5. Rongga terisi *asphalt* (VFA)

Persentase dari volume rongga yang ada diantara butiran agregat yang sudah terisi *asphalt*, tetapi tidak termasuk *asphalt* yang diserap oleh butiran agregat.

6. *Marshall Quantient* (MQ)

Satuan dalam *Marshall quantient* ini adalah kilogram per milimeter. Nilai pada *Marshall quantient* ini didapatkan dari perbandingan antara nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*). Pada nilai MQ tinggi memiliki nilai kestabilan tinggi dan nilai kelelahan rendah maka campuran tersebut bersifat kaku yang dapat menyebabkan keretakan pada perkerasan saat diberi beban lalu lintas. Sedangkan, untuk nilai MQ rendah memiliki nilai kelelahan tinggi dan nilai kestabilan rendah, nilai tersebut menunjukkan bahwa campuran memiliki sifat yang lebih cenderung plastis dan tidak stabil.

b. Pengujian untuk material halus dan kasar pada tahapan ini meliputi :

- SNI 1969:2008 untuk pengujian berat jenis material kasar dan penyerapan material kasar.
- SNI 2417:2008 untuk pengujian Tingkat abrasi dan keausan material kasar.
- ASTM D 4791-95 untuk menentukan partikel pipih serta lonjong.
- SNI-06-2439-1991 untuk menguji daya ikat material terhadap *asphalt*.
- SNI34 3407:2008 untuk menguji Soundness/uji sifat kekekalan bentuk agregat.
- SNI 1970:2008 untuk pengujian pada berat jenis agregat halus dan penyerapan untuk material halus.
- SNI-M-02-1994-03 untuk analisis butiran.

3.4.6 Hasil Pemeriksaan

Jika pada pemeriksaan bahan material sudah sesuai dan memenuhi pada spesifikasi umum maka dilanjutkan ke tahap berikutnya.'

3.4.7 Kadar *Asphalt* Optimum (KAO)

Kadar *asphalt* optimum (KAO) didapatkan hasil dari pengujian pada *Marshall* terlebih dahulu. Pada step ini benda uji dengan variasi kadar *asphalt* yang berbeda dilakukan pada pengujian *marshall* untuk mendapatkan hasil data *stability* dan *flow*. Sebelum itu, benda uji telah ditimbang terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil berat kering, berat SSD dan berat sempel pada air.

3.4.8 *Job Mix Design*

Tahapan selanjutnya yaitu merancang dan membuat sampel/benda uji dari semua material yang telah diuji dan telah memenuhi spesifikasi. Sampel/benda uji ini akan dilakukan pengujian specimen dengan metode standar *Marshall* yang sesuai prosedur SNI 06-2489-1991 (PA-0305-76, AASHTO T-44-81 dan ASTM D-2042-76) berdasarkan variasi dari kadar *asphalt*, desain dan benda uji atau hasil dari pencampuran material yang berguna untuk mengetahui Kadar *Asphalt* Optimum (KAO) dari variasi kadar *asphalt* 4%, 4,5%, 5%, 5.5%, 6% dan setiap variasi memiliki 3 sampel. Untuk kombinasi variasi bahan tambah *Tile Ceramic Waste* 0%, 3%, 6%, 8%. dan *Red Brick Waste* 0%, 2%, 4% pada setiap variasi memiliki 3 sampel.

Tabel 3.1 Perhitungan Jumlah Sampel Penentuan Kadar *Asphalt* Optimum

Kadar <i>Asphalt</i> (%)	Jumlah Sampel
4%	3
4,5%	3
5%	3
5,5%	3
6%	3
Total Sampel	15

Tabel 3.2 Campuran *Asphalt* Normal

No	Kombinasi	%	Hasil
1.	Asphalt	5,8%	69,6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	Coarse Agregat $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	Medium Agregat $\frac{1}{2}$	25%	300g
5.	<i>Filler (Semen)</i>	1,2%	14,4 g
6.	<i>Pasir</i>	3%	36
	Jumlah	100%	1200 g
	Total Sampel	3	

Tabel 3.3 Campuran *Asphalt* dengan KT 3% dan BM 0%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	Coarse Agregat $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	Medium Agregat $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler (Semen)</i>	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
	Jumlah	100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	3%	2,088 g
	<i>Red Brick Waste</i>	0%	0 g
	Jumlah Total	103%	1.202,088 g
	Total Sampel	3	

Tabel 3.4 Campuran *Asphalt* dengan KT 6% dan BM 0%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	<i>Medium Agregat</i> $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	6%	4,176 g
	<i>Red Brick Waste</i>	0%	0 g
Jumlah Total		106%	1.204,176 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.5 Campuran *Asphalt* dengan KT 8% dan BM 0%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	<i>Medium Agregat</i> $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	8%	5,568 g
	<i>Red Brick Waste</i>	0%	0 g
Jumlah Total		108%	1.205,568 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.6 Campuran *Asphalt* dengan KT 0% dan BM 2%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	<i>Medium Agregat</i> $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	0%	0 g
	<i>Red Brick Waste</i>	2%	1,392 g
Jumlah Total		102%	1.201,392 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.7 Campuran *Asphalt* dengan KT 3% dan BM 2%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	<i>Medium Agregat</i> $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	3%	2,088 g
	<i>Red Brick Waste</i>	2%	1,392 g
Jumlah Total		105%	1.203,48 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.8 Campuran *Asphalt* dengan KT 6% dan BM 2%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	Medium Agregat $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	6%	4,176 g
	<i>Red Brick Waste</i>	2%	1,392 g
Jumlah Total		108%	1.205,568 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.9 Campuran *Asphalt* dengan KT 8% dan BM 2%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	Medium Agregat $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	8%	5,568 g
	<i>Red Brick Waste</i>	2%	1,392 g
Jumlah Total		110%	1.206,96 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.10 Campuran *Asphalt* dengan KT 0% dan BM 4%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	Medium Agregat $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	0%	0 g
	<i>Red Brick Waste</i>	4%	2,784 g
Jumlah Total		104%	1.202,784 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.11 Campuran *Asphalt* dengan KT 3% dan BM 4%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	Medium Agregat $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	3%	2,088 g
	<i>Red Brick Waste</i>	4%	2,784 g
Jumlah Total		107%	1.204,872 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.12 Campuran *Asphalt* dengan KT 6% dan BM 4%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	<i>Medium Agregat</i> $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	6%	4,176 g
	<i>Red Brick Waste</i>	4%	2,784 g
Jumlah Total		110%	1.206,96 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.13 Campuran *Asphalt* dengan KT 8% dan BM 4%

No	Kombinasi	%	Hasil (gram)
1.	<i>Asphalt</i>	5.8%	69.6 g
2.	Abu Batu	40%	480 g
3.	<i>Coarse Agregat</i> $\frac{3}{4}$	25%	300 g
4.	<i>Medium Agregat</i> $\frac{1}{2}$	25%	300 g
5.	<i>Filler</i> (Semen)	1.2%	14.4 g
6.	Pasir	3%	36 g
Jumlah		100%	1200 g
Bahan Tambah			
	<i>Tile Ceramic Waste</i>	8%	5,568 g
	<i>Red Brick Waste</i>	4%	2,784 g
Jumlah Total		112%	1.208,352 g
Total Sampel		3	

Tabel 3.14 Jumlah Sampel Variasi *Tile Ceramic Waste* dan *Red Brick Waste*

Nama Sampel	Agg batu ¾		Agg batu ½		Abu batu		Filler		Pasir		Aspal		Tile Ceramic Waste		Red Brick Waste		Total Agg		Jumlah Sempel
	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	
AS0L0	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	0	0%	0	0%	0	100%	3
AS3L0	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	2,088	3%	0	0%	2,088	103%	3
AS6L0	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	4,176	6%	0	0%	4,176	106%	3
AS8L0	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	5,568	8%	0	0%	5,568	108%	3
AS0L6	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	0	0%	1,392	2%	1,392	102%	3
AS3L6	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	2,088	3%	1,392	2%	3,48	105%	3
AS6L6	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	4,176	6%	1,392	2%	5,568	108%	3
AS8L6	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	5,568	8%	1,392	2%	6,96	110%	3
AS0L8	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	0	0%	2,784	4%	2,784	104%	3
AS3L8	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	2,088	3%	2,784	4%	4,872	107%	3
AS6L8	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	4,176	6%	2,784	4%	6,96	110%	3
AS8L8	300	25%	300	25%	480	40%	14,4	1,20%	36	3%	69,6	5,80%	5,568	8%	2,784	4%	8,352	112%	3
JUMLAH BAHAN TAMBAH																			36
JUMLAH SAMPEL (KAO) 4%;4,5%;5%;%,5,5%;6%																			15
TOTAL SAMPEL																			51

Suhu *asphalt* saat pencampuran dengan agregat yaitu viskositas kinematik 170 ± 20 centistokes (cSt), sedangkan suhu *asphalt* saat pemadatan dengan agregat yaitu viskositas kinematik 280 ± 30 centistokes (cst). Umumnya suhu pencampuran *asphalt* diantara $145-155^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu pemadatan aspal diantara $110-135^{\circ}\text{C}$.

Nilai dari data densitas, VIM, VMA, dan VFA didapatkan dari hasil rendaman spesimen dalam air selama 24 jam sebelum ditimbang saat dalam air dan juga dalam kondisi kering permukaan jenuh, setelah itu sampel direndam kedalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit. Alat uji *Marshall* menghasilkan nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), dan *Marshall Quantient* (MQ). Sehingga komposisi optimum dalam pencampuran *asphalt* ini didapatkan dari hasil uji *marshall* tersebut.

Tahapan selanjutnya yaitu memastikan hasil uji material sudah mencukupi syarat spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 serta menampilkan data terkait nilai stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quantient*.

3.4.9 Pembuatan Benda Uji

Berikut adalah tahapan-tahapan dari pembuatan benda uji :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan dalam pembuatan benda uji serta menentukan persentase pada setiap material yang digunakan.
2. Memisahkan setiap material ke dalam fraksi sesuai ketentuan dengan melakukan penyaringan dan penimbangan.
3. Memanaskan agregat sampai dengan suhu 150°C serta memasukan *asphalt* leleh sebanyak kebutuhan penelitian dan diaduk sampai tercampur merata.
4. Menyiapkan cetakan benda uji yang sudah dibersihkan dan sudah diolesi pelumas serta meletakkan pada dasar cetakan dengan menggunakan kertas saring atau kertas penghisap yang sesuai dengan ukuran cetakan.
5. Memastikan bahwa campuran masih berada pada suhu diantara $90^{\circ}\text{C}-150^{\circ}\text{C}$.
6. Memasukan hasil campuran ke dalam cetakan dan melakukan tusukan menggunakan spatula lab ke dalam campuran sebanyak 15 kali dengan pinggir cetakan dan 10 kali bagian tengah cetakan untuk memastikan semua campuran merata.

7. Meletakkan kertas saring sesuai dengan ukuran cetakan di atas cetakan yang sudah terisi campuran.
8. Melakukan proses pemadatan pada sisi atas dan sisi bawah cetakan dengan menggunakan alat penumbuk sebanyak 75 kali dengan tinggi jatuh rata-rata 45 cm.
9. Setelah suhu pada benda uji turun selanjutnya keluarkan benda uji pada cetakan alat dongkrak hidrolik dan diberi tanda/label pada setiap benda uji.
10. Meletakkan sampel uji di permukaan yang rata dan dibiarkan pada suhu ruang selama ± 24 jam.

3.4.10 Pengujian Benda Uji Menggunakan *Marshall Test*

Tahap-tahap pengujian pada benda uji yaitu :

1. Memastikan sampel uji dalam kondisi bersih dan selanjutnya mengukur tinggi pada sampel uji dengan ketelitian 0,1 mm dengan menggunakan jangka sorong dan menghitung berat pada setiap sampel uji dalam kondisi kering.
2. Merendam sampel uji selama ± 24 jam ke dalam air di suhu ruang untuk memastikan benda uji jenuh.
3. Menimbang dan menghitung berat sampel uji pada saat di dalam air. Setelah itu mengeluarkan sampel uji dari bak perendam dan mengeringkannya.
4. Menimbang sampel uji untuk mendapatkan berat sampel uji kering permukaan jenuh *Saturated Surface Dry (SSD)*.

Pada pengujian ini benda uji akan di uji menggunakan *Marshall Test* dengan prosedur yang ditentukan oleh RSNI M-01-2003.

Alat uji *Marshall* memiliki kekuatan 220 volt dan dirancang agar memberikan tekanan pada sampel uji untuk uji semi *circular testing head* dengan kecepatan konstan yaitu 51 mm/menit. Pada alat pengujian ini juga terdapat alat *water bath* yang memiliki *thermometer* yang mampu menahan suhu sampai $\pm 200^{\circ}\text{C}$ dan dilengkapi dengan pengaturan suhu minimum 20°C dengan kedalaman 150 mm serta memiliki rak bawah 50 mm.

Berikut adalah tahapan-tahapan dari pengujian benda uji menggunakan *Marshall test* :

1. Merendam sampel uji ke dalam bak selama 30-40 menit dengan suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
2. Membersihkan dan memberi pelumas pada bagian dalam permukaan kepala penekan yang bertujuan untuk melepaskan benda uji setelah pengujian.
3. Menempatkan cetakan stabilitas dan *dial flow* pada mesin tekan, kemudian meletakkan sampel uji pada cetakan serta menyetel dial pada angka nol.
4. Memposisikan piston supaya berada pada poros cetakan stabilitas.
5. Menekan tombol UP untuk pembebanan dan tombol *OFF* untuk menghentikan pembebanan saat mencapai kelelahan maksimum serta mencatat nilai yang didapat.
6. Mencatat nilai pembebanan *proving ring*.
7. Menekan tombol *Down* untuk menurunkan pembebanan dan mengeluarkan benda uji serta membuka sisi atas pada cetakan.
8. Setelah Mendapatkan Nilai stabilitas dan *flow* maka selanjutnya menghitung parameter *Marshall* (VIM, VMA, VFA, dan MQ).

3.4.11 Analisa dan Pembahasan

Hasil dari tahapan penelitian didapatkan dari pengumpulan dan analisis semua data yang diperoleh seperti nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan MQ dari pemeriksaan pencampuran setiap agregat dan *asphalt*.

3.4.12 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran nya yaitu setelah dilakukannya analisa pada seluruh data pemeriksaan pada agregat, *asphalt* dan campuran *asphalt* dilakukan, dan didapatkan Kesimpulan dari seluruh rangkaian hasil pengujian yang telah dilakukan.

3.4.13 Selesai

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Material

Untuk penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu persiapan bahan penelitian, pembuatan benda uji, penentuan kadar *asphalt* serta pengujian di laboratorium. Pada tahap penyediaan bahan material diambil di *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT Semarang Multicon Kendal. Material yang disiapkan mulai dari agregat batu pecah dan *asphalt* penetrasi 60/70. Semua proses pembuatan benda uji dan properties material, uji *asphalt* dan pengujian *Marshall* dilakukan di Laboratorium Peralasan Jalan Fakultas Teknik Unissula.



Gambar 4.1 Pengambilan Agregat Material
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4.2 Hasil Pengujian *Asphalt* Pen 60/70

Pada penelitian menggunakan material *asphalt* pen 60/70. Pengujian asphalt polimer ini ada 5 parameter yaitu penetrasi, titik lembek, titik nyala, massa jenis *asphalt* dan daktilitas. Parameter ini digunakan untuk menunjukkan karakteristik pada *asphalt* polimer yang digunakan untuk campuran pada *flexible pavement*. Hasil pengujian tercantum di **Tabel 4.1** yang menggunakan Spesifikasi Pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/1976 Bina Marga.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat *Asphalt* Pen 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Keterangan
			Min	Max			
1.	Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik	0,1 mm	60	70	64,5	SNI 2456:2011	Memenuhi
2.	Titik Lembek (<i>Ring and Ball Test</i>)	°C	48	58	57	SNI 2434:2011	Memenuhi
3.	Titik Nyala (<i>Cleaveland Open Cup</i>)	°C	Min 200	-	314	SNI 2433:2011	Memenuhi
4.	Daktilitas	cm	Min 100	-	152	SNI 2432:2011	Memenuhi
5.	Berat Jenis	Gr/ml	Min 1.0	-	1,033	SNI 244:2011	Memenuhi

Proses campuran *asphalt* polimer dipengaruhi oleh 3 faktor penting yaitu suhu saat proses pecampuran, durasi pengadukan serta kemampuan pengadukan (*mixer*). Pencampuran *asphalt* polimer dilakukan selama kurang lebih 2,3 – 3 jam dengan pengadukan sebesar 2000 rpm dengan suhu 150 °C – 170 °C.

4.3 Hasil Pengujian Agregat

Dalam sebuah pengujian pada material kasar meliputi abrasi menggunakan mesin *Los Angeles* bentuk properties, kelekatan pada material pada *asphalt*, gradasi material, berat jenis, berat jenis semu, berat jenis permukaan jenuh, *angularitas*, penyerapan, material lolos saringan no. 200, partikal pipih dan *sand equivalent*. Hasil pengujian tercantum di **Tabel 4.2** yang menggunakan Spesifikasi pada pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/1976 Bina Marga.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1.	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%	14,01%	Memenuhi
2.	Kelekatan agregat terhadap <i>asphalt</i> pen 60/70	SNI 03-2439-2011	Min. 95%	98%	Memenuhi
3.	Partikal pipih dan lonjong	ASTM D4791-10	Maks. 10%	8,89%	Memenuhi
4.	Material lolos agregat no 200	ASTM C117:2012	Maks. 1%	0,6%	Memenuhi
5.	Penyerapan air oleh agregat - Agregat Kasar $\frac{1}{2}$ - Agregat kasar $\frac{3}{8}$	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1,583% 2,064%	Memenuhi
6.	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>) - Agregat kasar 0,5/1 - Agregat kasar $\frac{1}{2}$	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5%	2,661% 2,652%	Memenuhi

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1.	Material lolos saringan no.200	SNI 03-4142-1992	Maks.15%	10,56%	Memenuhi
2.	Angularitas	SNI 03-6877-2002	Maks. 45%	46,92%	Memenuhi
3.	Penyerapan air oleh agregat - Agregat halus (pasir) - Agregat halus (abu batu)	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1,583% 2,064%	Memenuhi
4.	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>) - Agregat halus (pasir) - Agregat halus(abu batu)	SNI 03-1969-1990	Maks. 2,5%	2,651% 2,652%	Memenuhi

Material yang diambil dari Labtek PT Semarang Multicon diKendal sudah melalui pengujian dan hasilnya memenuhi persyaratan spesifikasi 2018, maka material tersebut diperbolehkan untuk campuran *asphalt* AC-WC dan *filler* yang akan digunakan yaitu *semen Portland* (PC).

4.3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat $\frac{3}{4}$

Agregat $\frac{3}{4}$ meliputi material kasar yang lolos saringan no. 1 $\frac{1}{2}$ -no. $\frac{3}{4}$ dan tertahan pada saringan no. $\frac{1}{2}$ sampai saringan no. 200. Detail hasil gradasi dilihat pada **Tabel 4.4** berdasarkan peraturan dari (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).

Tabel 4.4 Hasil Analisa Pembagian Butiran Agregat $\frac{3}{4}$

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		TERTAHAN		LOLOS	TERTAHAN		LOLOS	RATA - RAT
inch	mm	gr	%	%	gr	%	%	
1 1/2"	37.5							
1"	25.0							
3/4"	19.0	-	-	100.00	-	-	100.00	100.00
1/2"	12.5	1814	35.31	64.69	1755	35.01	64.99	64.84
3/8"	9.5	3594	69.96	30.04	3446	68.74	31.26	30.65
# 4	4.75	4972	96.79	3.21	4867	97.09	2.91	3.06
# 8	2.36	5116	99.59	0.41	4991	99.56	0.44	0.43
# 16	1.15	5116	99.59	0.41	4991	99.56	0.44	0.43
# 30	0.6	5116	99.59	0.41	4991	99.56	0.44	0.43
# 50	0.3	5116	99.59	0.41	4991	99.56	0.44	0.43
# 100	0.15	5116	99.59	0.41	4991	99.56	0.44	0.43
# 200	0.075	5116	99.59	0.41	4991	99.56	0.44	0.43
Wei ght Of Sample (gr)		5137			5013			

Pada analisa saringan untuk material kasar pada agregat $\frac{3}{4}$, material yang lolos saringan no. $\frac{3}{4}$ sebanyak 100% dan yang tertahan saringan no. $\frac{1}{2}$ atau 12,5 mm sebanyak 35,31%. Untuk material medium yang lolos saringan no. $\frac{3}{8}$ sebanyak 30,65% dan tertahan saringan no. 4 atau 4,75 mm sebanyak 97,09%.

4.3.2 Hasil Pemeriksaan Agregat ½

Agregat ½ meliputi medium atau agregat kasar yang lolos saringan no.1 ½ - no. ½ dan tertahan mulai dari saringan no. 3/8 sampai saringan no. 200. Detail hasil gradasi dilihat pada **Tabel 4.5** berdasarkan peraturan dari (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).

Tabel 4.5 Hasil Analisa Pembagaian Butiran ½

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		TERTAHAN		LOLOS	TERTAHAN		LOLOS	RATA - RATA
		gr	%	%	gr	%	%	
inch	mm							
1 1/2"	37,5							
1"	25,0							
3/4"	19,0							
1/2"	12,5	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
3/8"	9,5	406,3	16,17	83,83	372,3	14,66	85,34	84,59
# 4	4,75	1486,6	59,15	40,85	1455,4	57,29	42,71	41,78
# 8	2,36	2018,1	80,30	19,70	2050,6	80,72	19,28	19,49
# 16	1,15	2401,8	95,56	4,44	2422,8	95,37	4,63	4,54
# 30	0,6	2456,7	97,75	2,25	2470,1	97,23	2,77	2,51
# 50	0,3	2468,1	98,20	1,80	2497,8	98,32	1,68	1,74
# 100	0,15	2476,9	98,55	1,45	2501,6	98,47	1,53	1,49
# 200	0,075	2501,0	99,51	0,49	2534,5	99,77	0,23	0,36
Weight Of Sample (gr)		2513,3			2540,4			

Pada analisa saringan untuk material kasar pada agregat ½, material yang lolos saringan no. ½ sebanyak 100% dan yang tertahan saringan no. 3/8 atau 9,52 mm sebanyak 16,17%. Untuk material medium yang lolos saringan no.3/8 sebanyak 84,59% dan tertahan saringan no.4 atau 4,75 mm sebanyak 59,15%.

4.3.3 Hasil Pemeriksaan Abu Batu

Abu batu merupakan material halus yang lolos saringan no. 1 ½ - no. 4 dan tertahan mulai dari saringan no.8. Detail hasil gradasi dilihat pada **Tabel 4.6** berdasarkan peraturan dari (SNI 03-1968/AASHTO T.27-88).

Tabel 4.6 Hasil Analisa Pembagian Butiran Abu Batu

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		TERTAHAN		LOLOS	TERTAHAN		LOLOS	RATA - RATA
		gr	%	%	gr	%	%	
inch	mm							
1 1/2"	37,5							
1"	25,0							
3/4"	19,0							
1/2"	12,5							
3/8"	9,5							
# 4	4,75	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 8	2,36	221,7	19,79	80,21	286,2	22,67	77,33	78,77
# 16	1,15	448,3	40,02	59,98	538,1	42,63	57,37	58,68
# 30	0,6	653,4	58,33	41,67	760,1	60,22	39,78	40,73
# 50	0,3	748,2	66,80	33,20	859,8	68,11	31,89	32,55
# 100	0,15	887,8	79,26	20,74	980,6	77,68	22,32	21,53
# 200	0,075	1011,6	90,31	9,69	1139,4	90,26	9,74	9,72
Weight Of Sample (gr)		1120,1			1262,3			

Pada analisa saringan untuk agregat halus pada agregat abu material yang lolos saringan no. 1/2 sebanyak 100% dan yang tertahan saringan no. 3/8 atau 9,52 mm sebanyak 100% dan tertahan saringan no. 8 atau 2,36 mm sebanyak 22,67%.

4.3.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Pasir

Pasir merupakan sebuah material halus yang lolos saringan no. 1 1/2 - no.30 dan tertahan saringan no.50. Detail hasil gradasi dilihat pada **Tabel 4.7** berdasarkan peraturan dari (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).

Tabel 4.7 Hasil Analisa Pembagian Butiran Pasir

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		TERTAHAN		LOLOS	TERTAHAN		LOLOS	RATA - RATA
inch	mm	gr	%	%	gr	%	%	
11/2"	37,5			100,00				100,00
1"	25,0			100,00				100,00
3/4"	19,0			100,00				100,00
1/2"	12,5			100,00				100,00
3/8"	9,5			100,00				100,00
# 4	4,75	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 8	2,36	-	-	100,00	-	-	77,33	100,00
# 16	1,15	-	-	100,00	-	-	57,37	100,00
# 30	0,6	-	-	100,00	-	-	39,78	100,00
# 50	0,3	751	73,33	26,67	782	75,48	31,89	25,60
# 100	0,15	901	87,99	12,01	867	83,72	22,32	14,15
# 200	0,075	943	92,09	7,91	950	91,65	9,74	8,13
Weight Of Sample (gr)		1024,4			1036,1			

Pada analisa saringan untuk material halus pada agregat pasir, material yang lolos saringan no.30 atau 0,6 mm sebanyak 100% dan yang tertahan saringan no. 50 atau 0,3 mm sebanyak 75,48%. Untuk material medium yang lolos saringan no. 30 sebanyak 100% dan tertahan saringan no. 50 sebanyak 75,48%.

4.3.5 Hasil Pemeriksaan *Filler*

Filler adalah material sebagai pengganti semen *portland*, yang lolos saringan no. 8 – no. 100 dan tertahan mulai dari saringan no. 200. Detail dari hasil gradasi dilihat pada **Tabel 4.8** berdasarkan peraturan dari (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).

Tabel 4.8 Hasil Analisa Pembagian Butiran *Filler*

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		TERTAHAN		LOLOS	TERTAHAN		LOLOS	RATA - RATA
		gr	%	%	gr	%	%	
inch	mm							
1 1/2"	37,5	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
1"	25,0	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
3/4"	19,0	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
1/2"	12,5	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
3/8"	9,5	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 4	4,75	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 8	2,36	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 16	1,15	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 30	0,6	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 50	0,3	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 100	0,15	-	-	100,00	-	-	100,00	100,00
# 200	0,075	1,3	1,27	98,73	1,5	1,26	98,74	98,74
Weight Of Sample (gr)		104,1			105,4			

Pada analisa saringan *filler*, materi yang lolos saeringan no. 1 sampai dengan saringan no. 200 sebanyak 98,74% dan yang tertahan saringan no.200 atau 0,75 mm sebanyak 1,27%.

4.4 Hasil Perhitungan Kombinasi Agregat

Kombinasi agregat merupakan penggabungan dari masing-masing material yang lolos saringan no. $\frac{3}{4}$ dan tertahan dari saringan no. $\frac{1}{2}$ sampai no. 200, yang meliputi dari agregat $\frac{3}{4}$ agregat $\frac{1}{2}$, abu batu, pasir, dan *filler* (semen). Detail hasil kombinasi dilihat pada **Tabel 4.9** dibawah ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Kombinasi Agregat

Uraian												
Inch Mm		1" 25	3/4" 19	1/2" 12,7	3/8" 9,5	# 4 4,74	# 8 2,36	# 16 1,18	# 30 0,6	# 50 0,3	# 100 0,15	# 200 0,075
Data Material												
Batu Pecah Max 3/4'		100,00	100,00	64,84	30,65	3,06	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Batu Pecah Max 1/2"		100,00	100,00	100,00	84,59	41,78	19,49	4,54	2,51	1,74	1,49	0,36
Abu Batu		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	78,77	58,68	40,73	32,55	21,53	9,72
Pasir		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	25,60	14,15	8,13
Filler (Semen)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Batu Pecah Max 3/4'	25,0%	25,00	25,00	16,21	7,66	0,77	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Batu Pecah Max 1/2'	25,0%	25,00	25,00	25,00	21,15	10,45	4,87	1,13	0,63	0,44	0,37	0,09
Abu Batu	40,0%	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	31,51	23,47	16,29	13,02	8,61	3,89
Pasir	3,0%	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,77	0,42	0,24
Filler (Semen)	1,2%	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	12,0	1,20
Total Campuran	100%	100,00	100,00	91,21	78,81	61,21	46,49	33,95	25,47	18,43	11,64	6,04
Spesifikasi Gradasi												
Max		100	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9
Min		100	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4
Toleransi Komposisi												
Max		100,00		100,00	88,50	66,00	46,00	33,50	25,00	18,50	12,50	7,50
Min		95,00		90,00	78,50	56,00	40,00	27,50	19,00	12,50	8,50	5,50
Luas Permukaan Agregat :												6,87

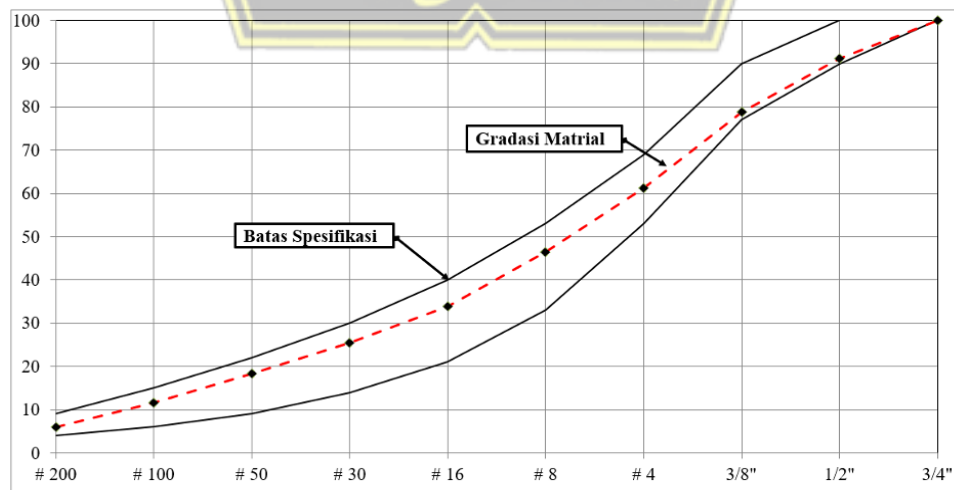
Berdasarkan **Tabel 4.9** diatas hasil kombinasi agregat dengan total campuran gradasi masing-masing saringan memiliki batas Max dan Min dari spesifikasi yang telah ditentukan. Berat material rencana pada kapasitas mold yang ada. Contoh pada campuran *Asphalt AC – WC* pada **Tabel 4.10** dibawah ini

Tabel 4.10 Campuran *Asphalt* AC-WC

Campuran <i>Asphalt</i> AC-WC		
Kadar <i>Asphalt</i>	5,8 %	
Kapasitas Mold	1200 gr	
Berat <i>Asphalt</i>	5,8 x 1200 gr	69,6 gr
Berat Total Agregat	(100 – 5,8) x 1200 gr	1130,4 gr
Material (3/4)	24% x 1200 gr	300 gr
Material (1/2)	25% x 1200 gr	300 gr
Abu Batu	40% x 1200 gr	480 gr
Pasir	3% x 1200 gr	36 gr
<i>Filler</i> (Semen)	1,2% x 1200 gr	14,4 gr
Total Agregat		1130,4 gr



Gambar 4.2 Campuran Material Benda Uji Sampel
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Grafik 4.1 Detal grafik kombinasi agregat

Pada **grafik 4.1** diatas presentase kombinasi material lolos saringan no.200 atau 200 mm sampai saringan no. 1 tidak diizinkan melampaui batas bawah dan atas pada masing-masing jenis material yang disaring. Jika ada agregat yang melampaui batas atas maupun bawah pada salah satu saringan maka material tidak diizinkan menjadi campuran pengisi AC-WC.

4.5 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini menggunakan kadar *asphalt* 5,8% dengan variasi bahan tambah *Tile Ceramic Waste* 0%, 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 0%, 2%, 4%. Setiap variasi memiliki benda uji sebanyak 3 buah dengan total adalah 36 sampel uji yang dapat dilihat pada **Tabel 4.11** dibawah ini.

Tabel 4.11 Pembuatan Benda Uji

No	Komposisi	Benda Uji
1	<i>Tile Ceramic Waste</i> 0% + <i>Red Brick Waste</i> 0%	3 sampel
2	<i>Tile Ceramic Waste</i> 3% + <i>Red Brick Waste</i> 0%	3 sampel
3	<i>Tile Ceramic Waste</i> 6% + <i>Red Brick Waste</i> 0%	3 sampel
4	<i>Tile Ceramic Waste</i> 8% + <i>Red Brick Waste</i> 0%	3 sampel
5	<i>Tile Ceramic Waste</i> 0% + <i>Red Brick Waste</i> 2%	3 sampel
6	<i>Tile Ceramic Waste</i> 3% + <i>Red Brick Waste</i> 2%	3 sampel
7	<i>Tile Ceramic Waste</i> 6% + <i>Red Brick Waste</i> 2%	3 sampel
8	<i>Tile Ceramic Waste</i> 8% + <i>Red Brick Waste</i> 2%	3 sampel
9	<i>Tile Ceramic Waste</i> 0% + <i>Red Brick Waste</i> 4%	3 sampel
10	<i>Tile Ceramic Waste</i> 3% + <i>Red Brick Waste</i> 4%	3 sampel
11	<i>Tile Ceramic Waste</i> 6% + <i>Red Brick Waste</i> 4%	3 sampel
12	<i>Tile Ceramic Waste</i> 8% + <i>Red Brick Waste</i> 4%	3 sampel
Total Benda Uji		36 sampel



Gambar 4.3 Sampel Benda Uji

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Setiap Variasi memiliki benda uji berjumlah 3 sampel yang digunakan untuk pembandingan apabila salah satu belum mencukupi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Campuran *Asphalt Modifikasi* (GMM)

Pada pengujian berat jenis pada campuran *asphalt* modifikasi sebanyak 12 variasi *Tile Ceramic Waste* dan *Red Brick Waste* dengan 2 sampel uji masing – masing pada variasi *asphalt*.



Gambar 4.4 Pengujian Tahap GMM

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Tabel 4.12 Pemeriksaan Berat Jenis Pada Campuran *Asphalt* Modifikasi GMM

No.	Modifikasi		Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)					
	Contoh No :		1	2	1	2	1	2
1	Berat Botol + Contoh	Grm	1.457	1.457	1.431	1.431	1.420	1.420
2	Berat Botol	Grm	857	857	857	857	857	857
3	Berat Contoh	Grm	600	600	573	573	563	563
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kalib	Grm	2278	2278	2183	2183	2263	2263
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)	Grm	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004
6	Berat air	Grm	274	274	179	179	259	259
7	Volume contoh	Grm	326	326	395	395	304	304
8	Max Specific Gravity (Gmm)	Grm / cc	1,838	1,838	1,453	1,453	1,850	1,850
9	Temperatur air T °C	Grm	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu	Grm	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm)	Grm / cc	1,838	1,838	1,453	1,453	1,850	1,850
Rata - rata GMM			1,838		1,453		1,850	
Variasi Kadar MODIFIKASI %			ASOLO		AS3L0		AS6L0	

No.	Modifikasi		Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)					
	Contoh No :		1	2	1	2	1	2
1	Berat Botol + Contoh	Grm	1.409	1.409	1.407	1.407	1.375	1.375
2	Berat Botol	Grm	857	857	857	857	857	857
3	Berat Contoh	Grm	552	552	549	549	518	518
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kalib	Grm	2246	2246	2258	2258	2247	2247
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)	Grm	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004
6	Berat air	Grm	242	242	254	254	243	243
7	Volume contoh	Grm	310	310	296	296	275	275
8	Max Specific Gravity (Gmm)	Grm / cc	1,781	1,781	1,858	1,858	1,882	1,882
9	Temperatur air T °C	Grm	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu	Grm	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm)	Grm / cc	1,781	1,781	1,858	1,858	1,882	1,882
Rata - rata GMM			1,781		1,858		1,882	
Variasi Kadar MODIFIKASI %			AS8L0		AS0L6		AS3L6	

No.	Modifikasi		Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)					
	Contoh No :		1	2	1	2	1	2
1	Berat Botol + Contoh	Grm	1.360	1.360	1.607	1.607	1.599	1.599
2	Berat Botol	Grm	857	857	857	857	857	857
3	Berat Contoh	Grm	503	503	750	750	742	742
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kali	Grm	2243	2243	2383	2383	2382	2382
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)	Grm	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004
6	Berat air	Grm	239	239	379	379	378	378
7	Volume contoh	Grm	264	264	371	371	364	364
8	Max Specific Gravity (Gmm)	Grm / cc	1,907	1,907	2,020	2,020	2,037	2,037
9	Temperatur air T °C	Grm	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu	Grm	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm)	Grm / cc	1,907	1,907	2,020	2,020	2,037	2,037
Rata - rata GMM			1,907		2,020		2,037	
Variasi Kadar MODIFIKASI %			AS6L6		AS8L6		AS0L8	

No.	Modifikasi			Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)					
	Contoh No :			1	2	1	2	1	2
1	Berat Botol + Contoh		Grm	1.560	1.560	1.518	1.518	1.365	1.487
2	Berat Botol		Grm	857	857	857	857	857	857
3	Berat Contoh		Grm	703	703	661	661	508	630
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kali		Grm	2412	2412	2400	2400	2148	2375
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)		Grm	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004
6	Berat air		Grm	408	408	396	396	144	371
7	Volume contoh		Grm	295	295	265	265	364	259
8	Max Specific Gravity (Gmm)		Grm / cc	2,384	2,384	2,495	2,495	1,395	2,429
9	Temperatur air T °C		Grm	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu		Grm	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm)		Grm / cc	2,384	2,384	2,495	2,495	1,395	2,429
Rata - rata GMM				2,384		2,495		1,912	
Variasi Kadar MODIFIKASI %				AS3L8		AS6L8		AS8L8	

Pada pemeriksaan berat jenis campuran *asphalt* modifikasi memiliki 12 variasi *tile ceramic waste* dan *red brick waste* dengan hasil berat jenis rata rata *asphalt* adalah 1,951 gr/cc

4.7 Hasil Pengujian Marshall Test

Setelah dilakukan penentuan pada *Job Mix Design* dengan pembuatan 36 sampel uji *asphalt*. Selanjutnya tiap sampel diukur beratnya mulai dari saat kering, setelah perendaman selama 24 jam dan pada saat kondisi *Saturated Surface Dry*. Pada saat proses perendaman dilakukan pada alat *waterbath* (pemanasan sampel yang direndam dalam air yang sudah dipanaskan) pada suhu 60 °C selama 30 menit atau 24 jam, sebelum dilakukan pengukuran. Untuk menemukan nilai *flow* (kelelahan) dan stabilitas pada sampel *asphalt*, perlu direndam dalam *waterbath* setelah itu bisa dilakukan uji *Marshall*.

Dari pengujian alat *Marshall test* bertujuan menemukan nilai *stabilitas*, *flow*, MQ, VMA, VIM dan VFA yang telah memenuhi syarat dari Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi).



Gambar 4.5 Pengujian *Marshall Test*

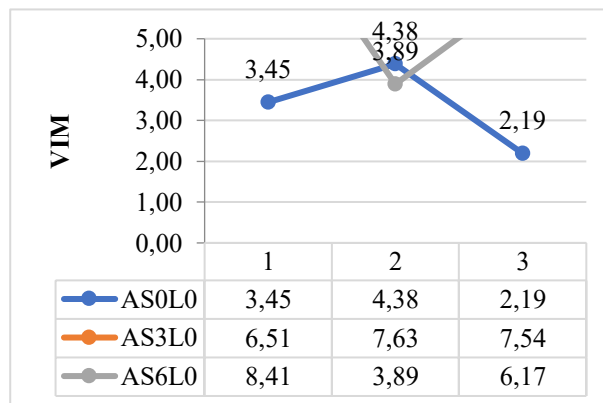
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4.7.1 Hasil Uji Marshall Variasi *Tile Ceramic Waste* 0%, 3%, 6% dan *Red Brick Waste* 0%

Hasil dari pengujian alat *Marshall Test* untuk kombinasi *asphalt* modifikasi dengan variasi *tile ceramic waste* 0% dan *red brick waste* 0%, *tile ceramic waste* 3% dan *red brick waste* 0%, *tile ceramic waste* 6% dan *red brick waste* 0% dilihat **Tabel 4.13** dibawah ini.

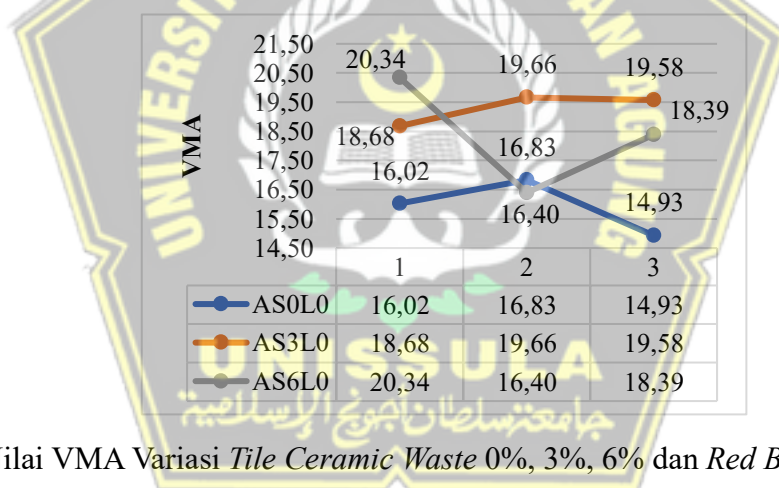
Tabel 4.13 Hasil *Marshall test* variasi *Tile Ceramic Waste* 0%, 3%, 6% dan *Red Brick Waste* 0%

Variasi	Benda Uji	TILE CERAMIC WASTE	RED BRICK WASTE	Parameter Hasil Pengujian Marshall					
		%	%	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
AS0L0	1	0	0	3,45	16,02	78,46	838,10	9,10	92,10
	2	0	0	4,38	16,83	73,98	722,50	10,15	71,18
	3	0	0	2,19	14,93	85,33	823,65	8,00	102,96
AS3L0	1	3	0	6,51	18,68	65,15	708,05	6,70	105,68
	2	3	0	7,63	19,66	61,19	332,35	6,15	54,04
	3	3	0	7,54	19,58	61,49	708,05	9,80	72,25
AS6L0	1	6	0	8,41	20,34	58,65	939,25	10,10	93,00
	2	6	0	3,89	16,40	76,28	2023,00	8,40	240,83
	3	6	0	6,17	18,39	66,45	1835,15	8,70	210,94



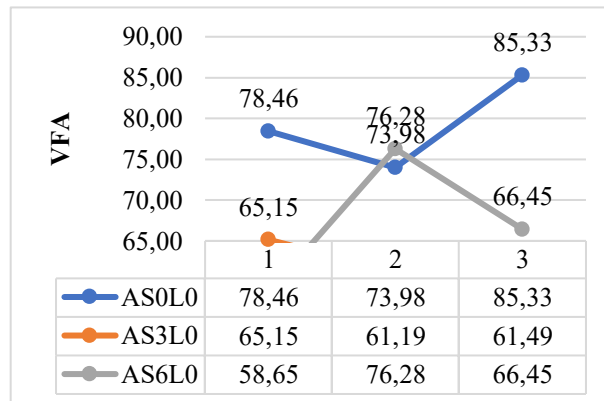
Grafik 4.2 VIM Variasi *Tile Ceramic Waste* 0%, 3%, 6% dan *Red Brick Waste* 0%

Berdasarkan **Grafik 4.2** diatas nilai Vim dari uji *Marshall* variasi *tile ceramic waste* 0% dan *red brick waste* 0% untuk sampel 1 dan 2 telah mencukupi Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 3% sampe maksimum 7%.



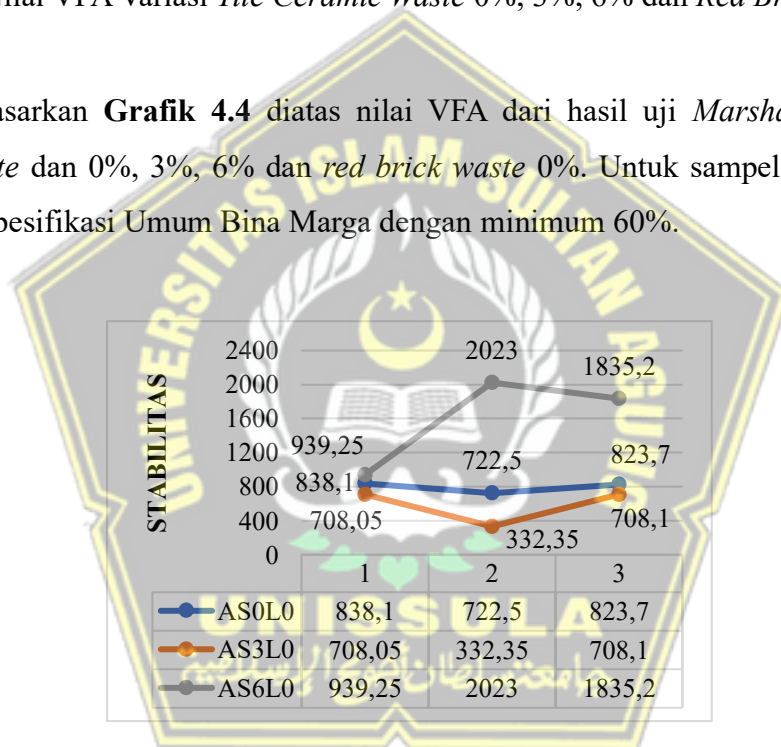
Grafik 4.3 Nilai VMA Variasi *Tile Ceramic Waste* 0%, 3%, 6% dan *Red Brick Waste* 0%

Berdasarkan **Grafik 4.3** diatas nilai VMA dari uji *Marshall* Variasi *tile ceramic waste* 0%, 3%, 6% dan *red brick waste* 0%. Untuk sampel 1 dan 2 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga dengan minimum 15% dan maksimum 20%



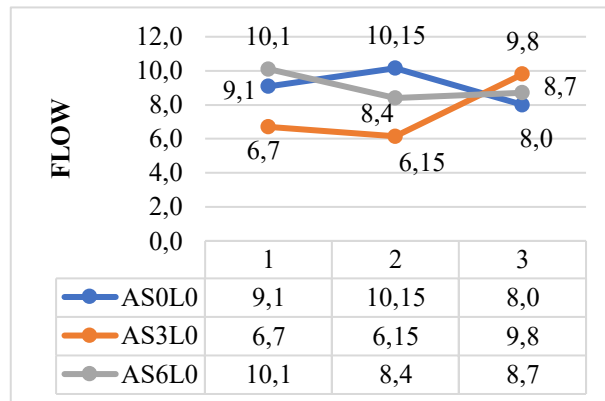
Grafik 4.4 Nilai VFA Variasi *Tile Ceramic Waste* 0%, 3%, 6% dan *Red Brick Waste* 0%

Berdasarkan **Grafik 4.4** diatas nilai VFA dari hasil uji *Marshall* variasi *tile ceramic waste* dan 0%, 3%, 6% dan *red brick waste* 0%. Untuk sampel 1 dan 2 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga dengan minimum 60%.



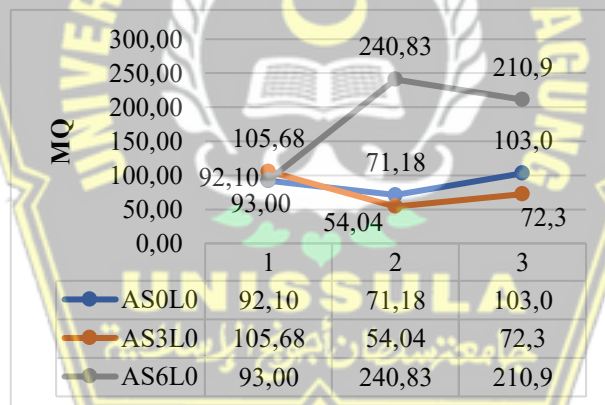
Grafik 4.5 Nilai *Stabilitas* Variasi *Tile Ceramic Waste* 0%, 3%, 6% dan *Red Brick Waste* 0%

Berdasarkan **Grafik 4.5** diatas nilai *Stabilitas* dari uji *Test Marshall* variasi *tile ceramic waste* 0%, 3%, 6% dan *red brick waste* 0% . Untuk sampel 1 dan 2 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga dengan minimum 800 kg.



Grafik 4.6 Nilai Flow Variasi Tile Ceramic Waste 0%, 3%, 6% dan Red Brick Waste 0%

Berdasarkan **Grafik 4.6** diatas nilai Flow dari hasil uji *Marshall* Variasi *tile ceramic waste* 0%, 3%, 6% dan *red brick waste* 0%. Untuk sampel 1 dan 2 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 2mm dan maksimum 4mm.



Grafik 4.7 Nilai MQ Variasi Tile Ceramic Waste 0%, 3%, 6% dan Red Brick Waste 0%

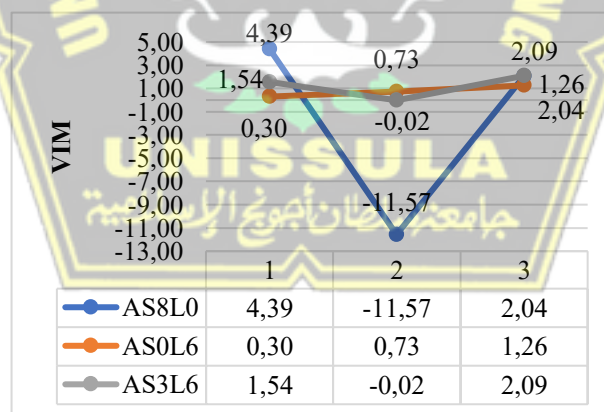
Berdasarkan **Grafik 4.7** diatas nilai MQ dari hasil uji *Marshall* variasi *tile ceramic waste* 0%, 3%, 6% dan *red brick waste* 0%. Untuk sampel diatas telah mencukupi Spesifikasi Umum Bina Marga .

4.7.2 Hasil Uji *Marshall Test* Variasi Tile Ceramic Waste 8%, 0%, 3% dan Red Brick Waste 3%, 2%, 2%

Hasil pada pengujian pada alat *Marshall test* untuk komposisi *asphalt* modifikasi dengan variasi *tile ceramic waste* 8%, 0%, 3% dan *red brick waste* 3%, 2%, 2% dilihat pada **Tabel 4.14** dibawah ini.

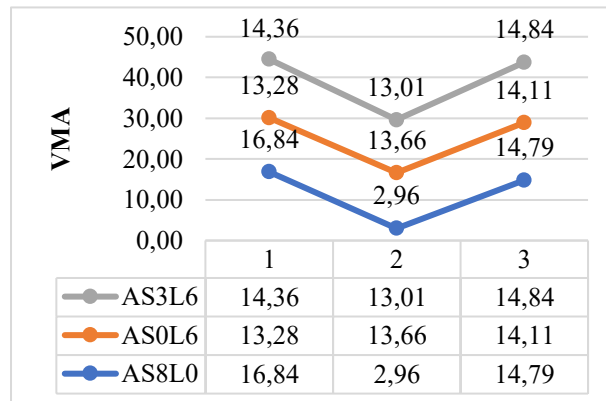
Tabel 4.14 Hasil *Marshall Test* Variasi *Tile Ceramic Waste* 8%, 0%, 3% dan *Red Brick Waste* 3%, 2%, 2%

Variasi	Benda Uji	TILE CERAMIC WASTE	RED BRICK WASTE	Parameter Hasil Pengujian Marshall					
		%	%	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
AS8L0	1	8	3	4,39	16,84	73,93	939,25	6,30	149,09
	2	8	3	-11,57	2,96	490,88	867,00	8,90	97,42
	3	8	3	2,04	14,79	86,21	1878,50	9,90	189,75
AS0L6	1	0	2	0,30	13,28	97,74	578,00	6,80	85,00
	2	0	2	0,73	13,66	94,66	534,65	7,10	75,30
	3	0	2	1,26	14,11	91,07	505,75	5,20	97,26
AS3L6	1	3	2	1,54	14,36	89,28	1300,50	7,00	185,79
	2	3	2	-0,02	13,01	100,15	1387,20	5,15	269,36
	3	3	2	2,09	14,84	85,92	1430,55	8,20	174,46



Grafik 4.8 Nilai VIM Variasi *Tile Ceramic Waste* 8%, 0%, 3% dan *Red Brick Waste* 3%, 2%, 2%.

Berdasarkan **Grafik 4.8** diatas nilai VIM dari hasil uji *Marshall Test* variasi *tile ceramic waste* 8% dan *red Brick waste* 3%, *tile ceramic waste* 0% dan *red brick waste* 2%, *tile ceramic waste* 3% dan *red brick waste* 2%. Untuk sampel 1 telah mencukupi Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 3% dan maksimum 5%.



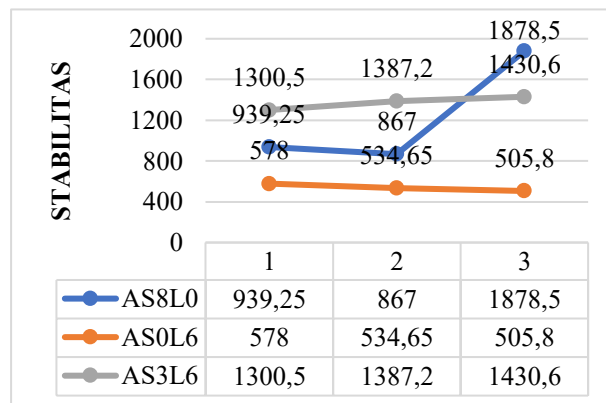
Grafik 4.9 Nilai VMA Variasi *Tile Ceramic Waste* 8%, 0%, 3% dan *Red Brick Waste* 3%, 2%, 2%.

Berdasarkan **Grafik 4.9** diatas nilai VMA dari hasil uji *Marshall Test* variasi *tile ceramic waste* 8% dan *red brick waste* 3%, *tile ceramic waste* 0% dan *red brick waste* 2%, *tile ceramic waste* 3% dan *red brick waste* 2%. Untuk sampel 1 dan 2 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 15%



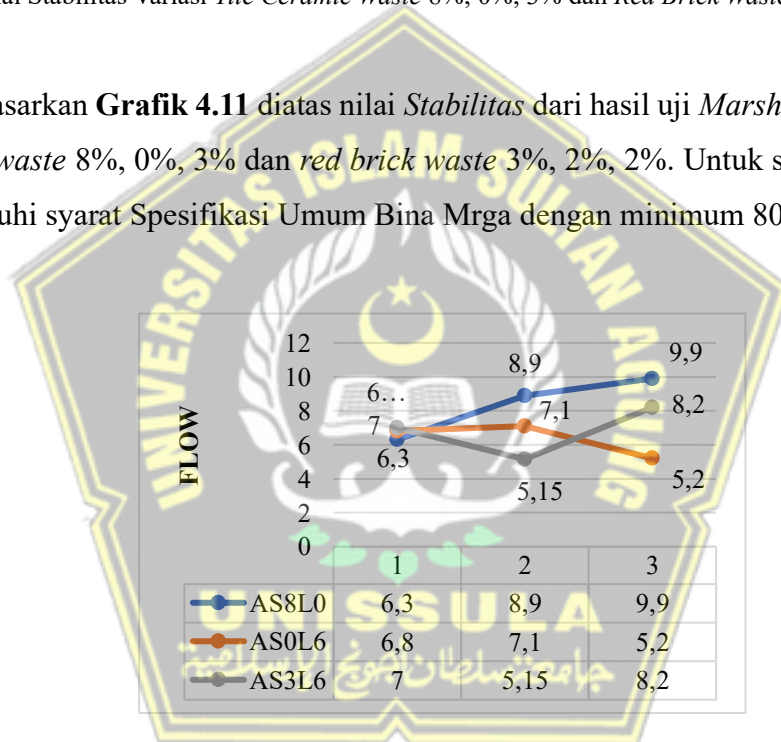
Grafik 4.10 Nilai VFA Variasi *Tile Ceramic Waste* 8%, 0%, 3% dan *Red Brick Waste* 3%, 2%, 2%.

Berdasarkan **Grafik 4.10** diatas nilai VFA dari hasil uji *Marshall Test* Variasi *tile ceramic waste* 8% dan *red brick waste* 3%, *tile ceramic waste* 0% dan *red brick waste* 2%, *tile ceramic waste* 3% dan *red brick waste* 2%. Untuk sampel 1.2 dan 3 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 65%.



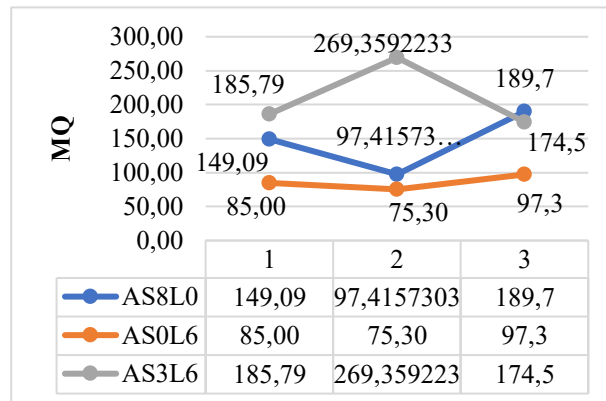
Grafik 4.11 Nilai Stabilitas Variasi *Tile Ceramic Waste* 8%, 0%, 3% dan *Red Brick Waste* 3%, 2%, 2%.

Berdasarkan **Grafik 4.11** diatas nilai *Stabilitas* dari hasil uji *Marshall Test* variasi *tile ceramic waste* 8%, 0%, 3% dan *red brick waste* 3%, 2%, 2%. Untuk sampel 1 dan 3 yang memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Mrga dengan minimum 800 kg



Grafik 4.12 Nilai *Flow* Variasi *Tile Ceramic Waste* 8%, 0%, 3% dan *Red Brick Waste* 3%, 2%, 2%.

Berdasarkan **Grafik 4.12** diatas nilai *Flow* dari hasil uji *Marshall Test* variasi *tile ceramic waste* 8%, 0%, 3% dan *red brick waste* 3%, 2%, 2%. Untuk semua sampel telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 2 mm dan maksimum 4 mm.



Grafik 4.13 Nilai MQ Variasi *Tile Ceramic Waste* 8%, 0%, 3% dan *Red Brick Waste* 3%, 2%, 2%.

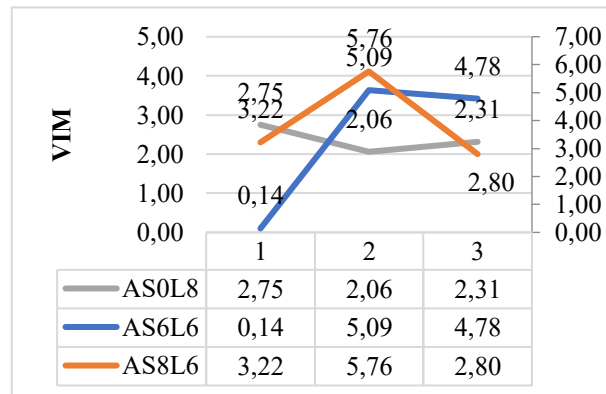
Berdasarkan **Grafik 4.13** diatas nilai MQ dari hasil uji *Marshall Test* telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga.

4.7.3 Hasil Uji *Marshall Test* Variasi *Tile Ceramic Waste* 6%, 8%, 0% dan *Red Brick Waste* 2%, 2%, 4%

Hasil dari pengujian alat *Marshall test* untuk kombinasi *asphalt* modifikasi dengan variasi *tile ceramic waste* 6% dan *red brick waste* 2%, *tile ceramic waste* 8% dan *red brick waste* 2%, *tile ceramic waste* 0% dan *red brick waste* 4% dilihat pada **Tabel 4.15** dibawah ini

Tabel 4.15 *Marshall Test* Variasi *Tile Ceramic Waste* 6%, 8%, 0% dan *Red Brick Waste* 2%, 2%, 4%.

Variasi	Benda Uji	TILE CERAMIC WASTE	RED BRICK WASTE	Parameter Hasil Pengujian Marshall					
		%	%	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
AS6L6	1	6	2	0,14	13,14	98,93	1199,35	5,00	239,87
	2	6	2	5,09	17,45	70,83	1531,70	7,30	209,82
	3	6	2	4,78	17,18	72,18	1589,50	8,80	180,63
AS8L6	1	8	2	3,22	15,82	79,65	1575,05	7,20	218,76
	2	8	2	5,76	18,03	68,05	1445,00	6,15	234,96
	3	8	2	2,80	15,46	81,89	1257,15	5,45	230,67
AS0L8	1	0	4	2,75	15,41	82,15	867,00	5,40	160,56
	2	0	4	2,06	14,81	86,09	1156,00	6,20	186,45
	3	0	4	2,31	15,03	84,63	1199,35	7,40	162,07



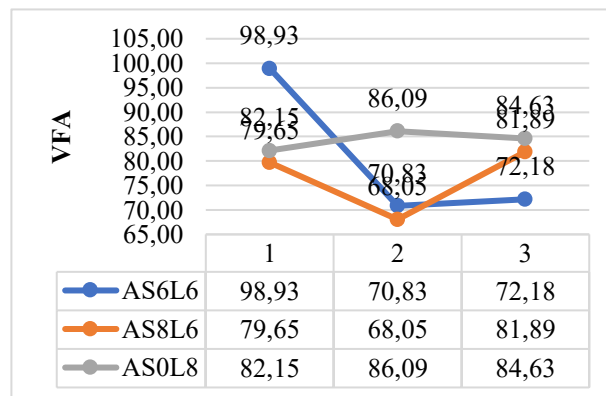
Grafik 4.14 Nilai VIM pada Variasi *Tile Ceramic Waste* 6%, 8%, 0% dan *Red Brick Waste* 2%, 2%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.14** diatas nilai VIM dari hasil uji *Marshall Test* variasi *tile ceramic waste* 6%, 8%, 0% dan *red brick waste* 2%, 2%, 4%. Untuk sampel 1 san 2 telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 3% dan maksimum 5%.



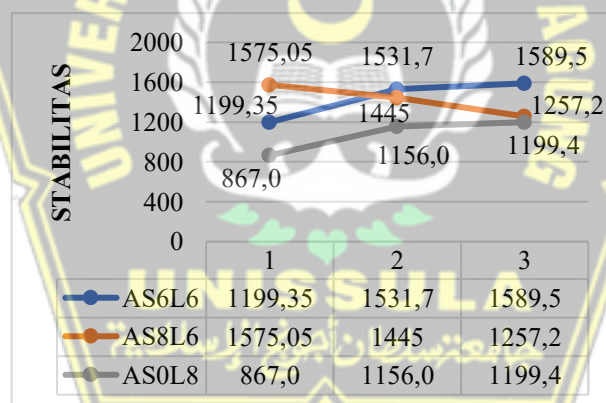
Grafik 4.15 Nilai VMA Variasi *Tile Ceramic Waste* 6%, 8%,0% dan *Red Brick Waste* 2%, 2%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.15** diatas nilai VMA dari hasil uji *Marshall Test* variasi *tile ceramic waste* 6%, 8%, 0% dan *red brick waste* 2%, 2%, 4%. Untuk sampel 1,2,3 telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimal 15%



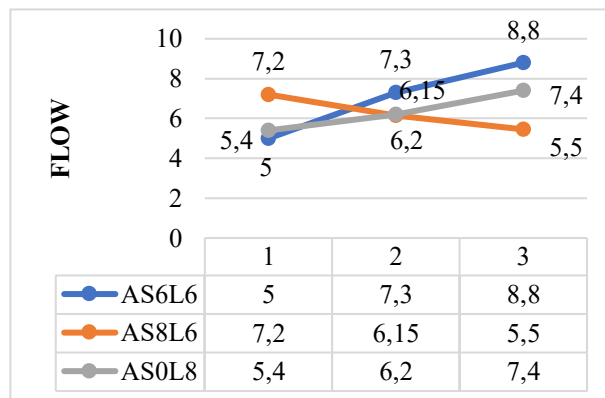
Grafik 4.16 Nilai VFA Variasi *Tile Ceramic Waste* 6%, 8%, 0% dan *Red Brick Waste* 2%, 2%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.16** diatas nilai VFA dari hasil uji *Marshall* untuk semua variasi *tile ceramic waste* 6%, 8%, 0% dan *red brick waste* 2%, 2%, 4%. Untuk sampel 1,2 dan 3 telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 65%.



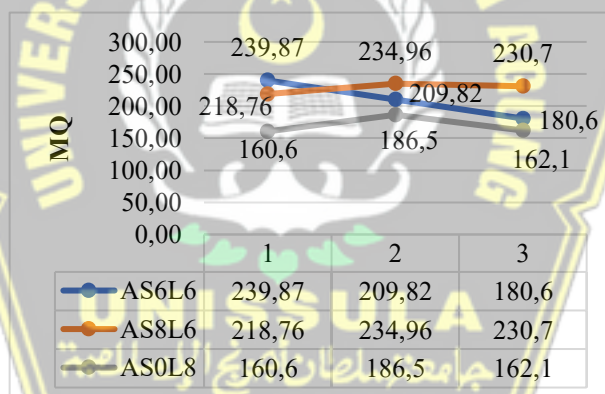
Grafik 4.17 Nilai Stabilitas Variasi *Tile Ceramic Waste* 6%, 8%, 0% dan *Red Brick Waste* 2%, 2%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.17** diatas nilai Stabilitas dari hasil uji *Marshall* untuk variasi *tile ceramic waste* 6%, 8%, 0% dan *red brick waste* 2%, 2%, 4%. Untuk sampel 1,2 dan 3 memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga dengan nilai minimum 800 kg.



Grafik 4.18 Nilai *Flow* Pada Variasi *Tile Ceramic Waste* 6%, 8%, 0% dan *Red Brick Waste* 2%, 2%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.18** diatas nilai *Flow* dari hasil uji *Marshall* variasi *tile ceramic waste* 6%, 8%, 0% dan *red brick waste* 2%, 2%, 4%. Untuk sampel 3 telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 2 mm dan maksimum 4 mm



Grafik 4.19 Nilai MQ Variasi *Tile Ceramic Waste* 6%, 8%, 0% dan *Red Brick Waste* 2%, 2%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.19** diatas nilai MQ dari hasil uji *Marshall* variasi *tile ceramic waste* 6%, 8%, 0% dan *red brick waste* 2%, 2%, 4%. Untuk sampel telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga

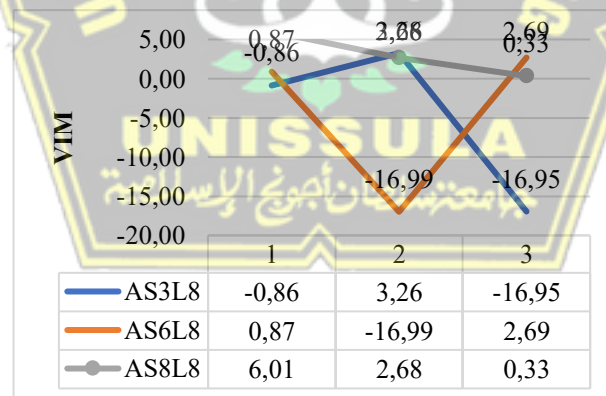
4.7.4 Hasil Uji *Marshall Test* Variasi *Tile Ceramic Waste* 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 4%, 4%, 4%, 4%.

Hasil pada pengujian alat *Marshall test* untuk komposisi *asphalt* modifikasi dengan variasi *tile ceramic waste* 3% dan *red brick waste* 4%, *tile ceramic waste* 6% dan *red*

brick waste 4%, tile ceramic waste 8% dan red brick waste 4% dilihat pada **Tabel 4.16** dibawah ini.

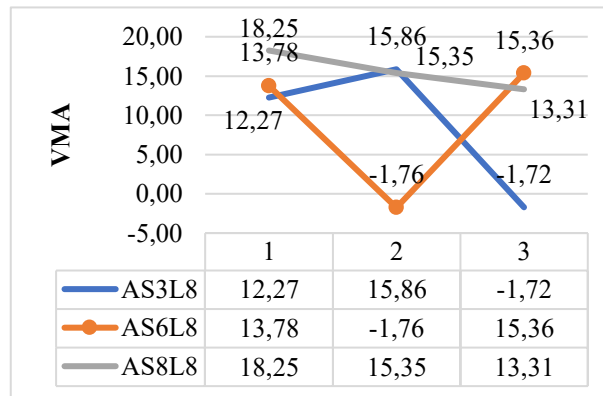
Tabel 4.16 Hasil *Marshall Test* Variasi *Tile Ceramic Waste* 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 4%, 4%, 4%, .

Variasi	Benda Uji	TILE CERAMIC WASTE	RED BRICK WASTE	Parameter Hasil Pengujian Marshall					
		%	%	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
AS3L8	1	3	4	-0,86	12,27	107,01	939,25	6,60	142,31
	2	3	4	3,26	15,86	79,45	997,05	5,20	191,74
	3	3	4	-16,95	-1,72	-885,47	635,80	7,10	89,55
AS6L8	1	6	4	0,87	13,78	93,69	1589,50	6,10	260,57
	2	6	4	-16,99	-1,76	-865,34	1445,00	10,75	134,42
	3	6	4	2,69	15,36	82,49	1517,25	5,35	283,60
AS8L8	1	8	4	6,01	18,25	67,07	1199,35	8,30	144,50
	2	8	4	2,68	15,35	82,54	1083,75	6,30	172,02
	3	8	4	0,33	13,31	97,52	1156,00	7,90	146,33



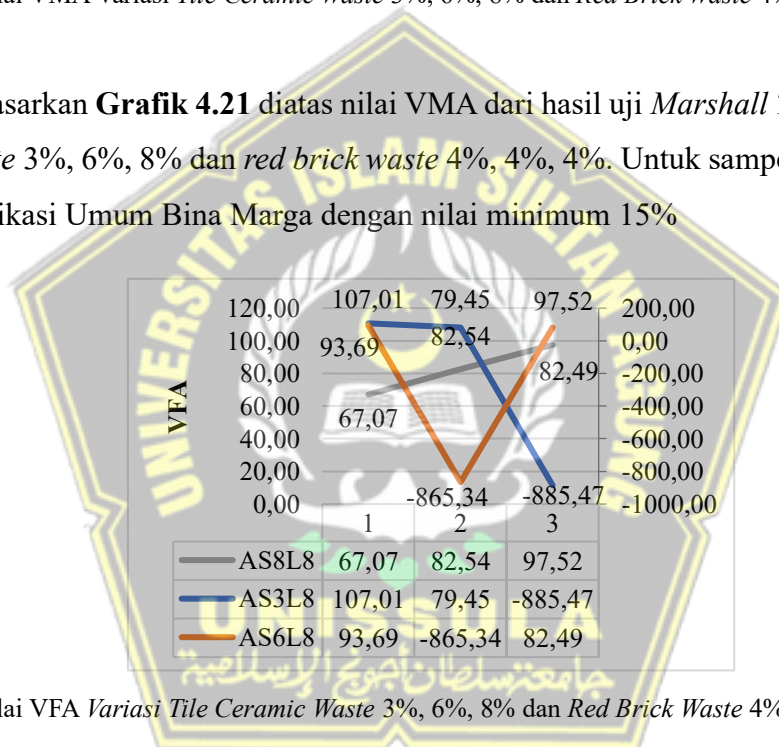
Grafik 4.20 Nilai VIM Pada Variasi *Tile Ceramic Waste* 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 4%, 4%, 4%

Berdasarkan **Grafik 4.20** diatas nilai VIM dari hasil uji *Marshall* variasi *tile ceramic waste* 3%, 6%, 8% dan *red brick waste* 4%, 4%, 4%, . Untuk sampel 3 memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 3% dan maksimum 5%.



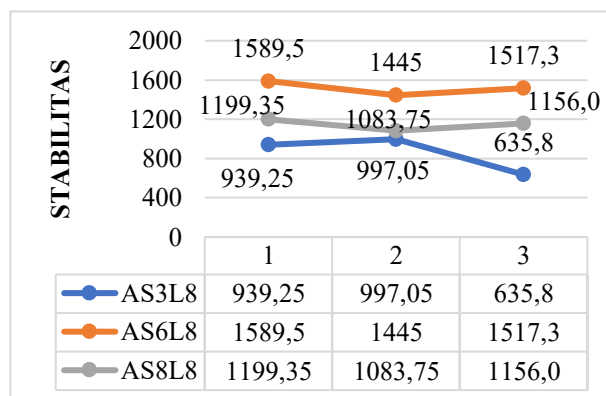
Grafik 4.21 Nilai VMA Variasi *Tile Ceramic Waste* 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 4%, 4%, 4%, .

Berdasarkan **Grafik 4.21** diatas nilai VMA dari hasil uji *Marshall Test* variasi *tile ceramic waste* 3%, 6%, 8% dan *red brick waste* 4%, 4%, 4%. Untuk sampel 3 memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 15%



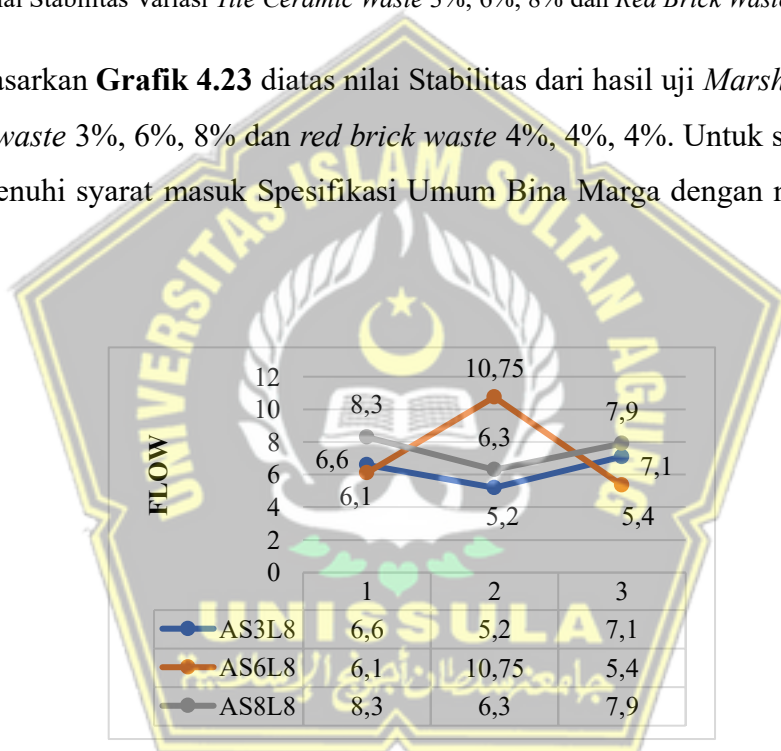
Grafik 4.22 Nilai VFA Variasi *Tile Ceramic Waste* 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 4%, 4%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.22** diatas VFA dari hasil uji *Marshall Test* untuk variasi *tile ceramic waste* 3%, 6%, 8% dan *red brick waste* 4%, 4%, 4%. Untuk sampel 1,2 dan 3 memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 65%.



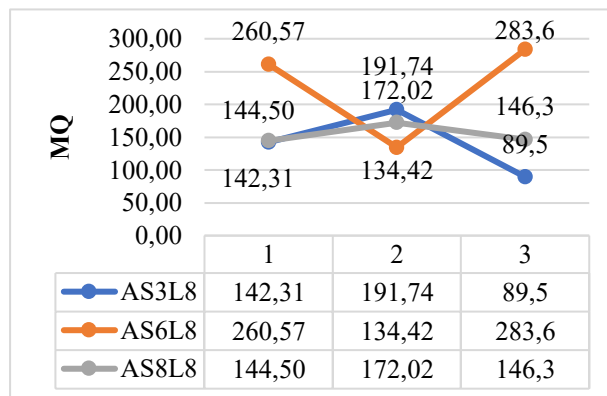
Grafik 4.23 Nilai Stabilitas Variasi *Tile Ceramic Waste* 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 4%, 4%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.23** diatas nilai Stabilitas dari hasil uji *Marshall test* variasi *tile ceramic waste* 3%, 6%, 8% dan *red brick waste* 4%, 4%, 4%. Untuk sampel 1,2 dan 3 telah memenuhi syarat masuk Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 800 kg.



Grafik 4.24 Nilai Flow Variasi *Tile Ceramic Waste* 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 4%, 4%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.24** diatas *Flow* dari hasil uji *Marshall test* variasi *tice ceramic waste* 3%, 6%, 8% dan *red brick waste* 4%, 4%, 4%. Untuk sampel 1 telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 4 mm dan maksimum 8 mm



Grafik 4.25 Nilai MQ Variasi *Tile Ceramic Waste* 3%, 6%, 8% dan *Red Brick Waste* 4%, 4%, 4%, 4%.

Berdasarkan **Grafik 4.25** diatas ini MQ dari hasil uji *Marshall test* variasi *tile ceramic waste* 3%, 6%, 8% dan *red brick waste* 4%, 4%, 4%, 4%. Untuk sampel 1,2 dan 3 telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga.

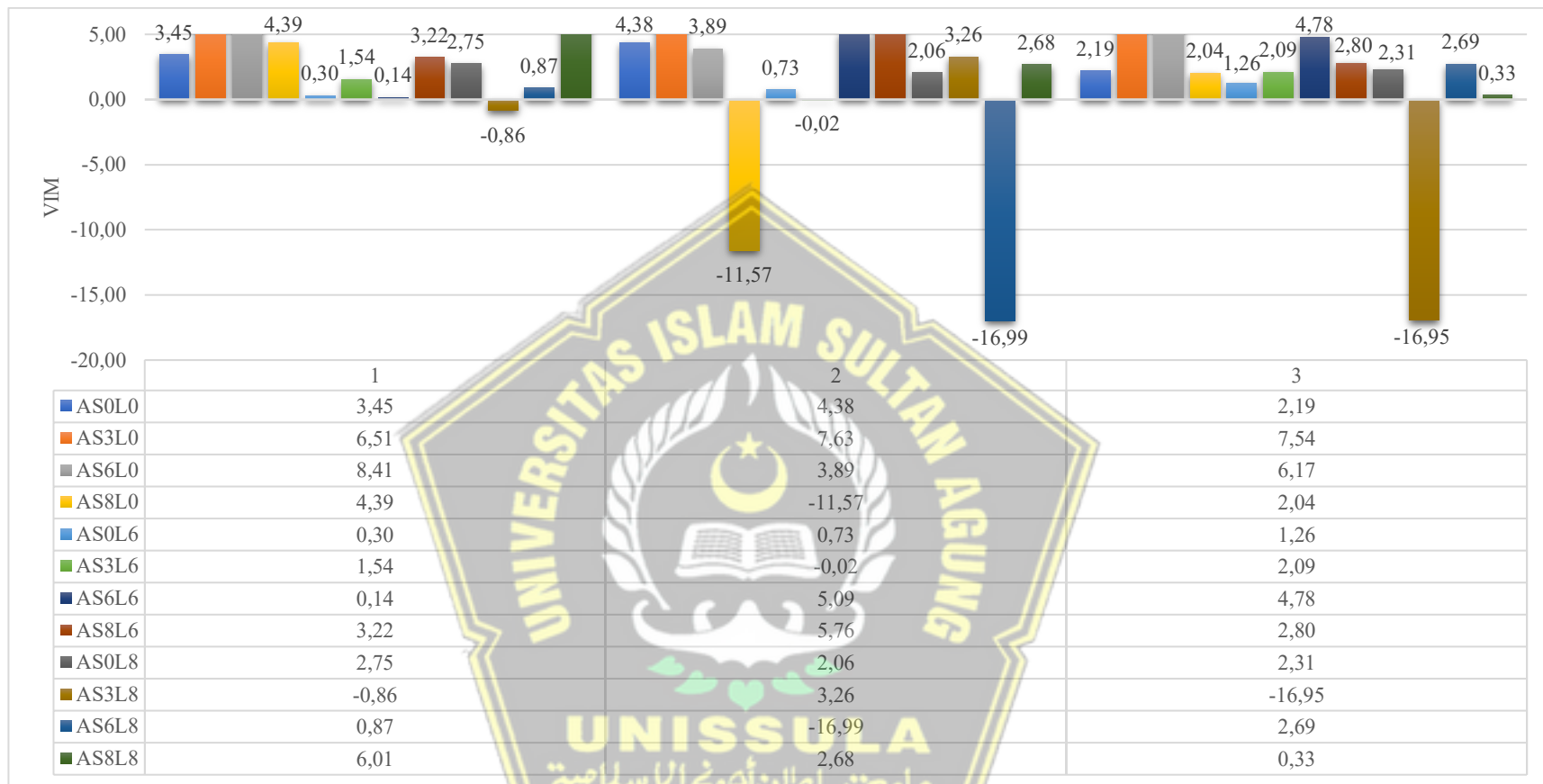
4.8 Rekap Hasil Pengujian Marshall Test Semua Variasi Bahan Tambah

Dari hasil pengujian Marshall test untuk kombinasi asphalt modifikasi pada semua variasi *tile ceramic waste* dan *red brick waste* dilihat pada **Tabel 4.17** dibawah ini.

Tabel 4.17 Rekap Uji Marshall Test Semua Variasi Bahan Tambah

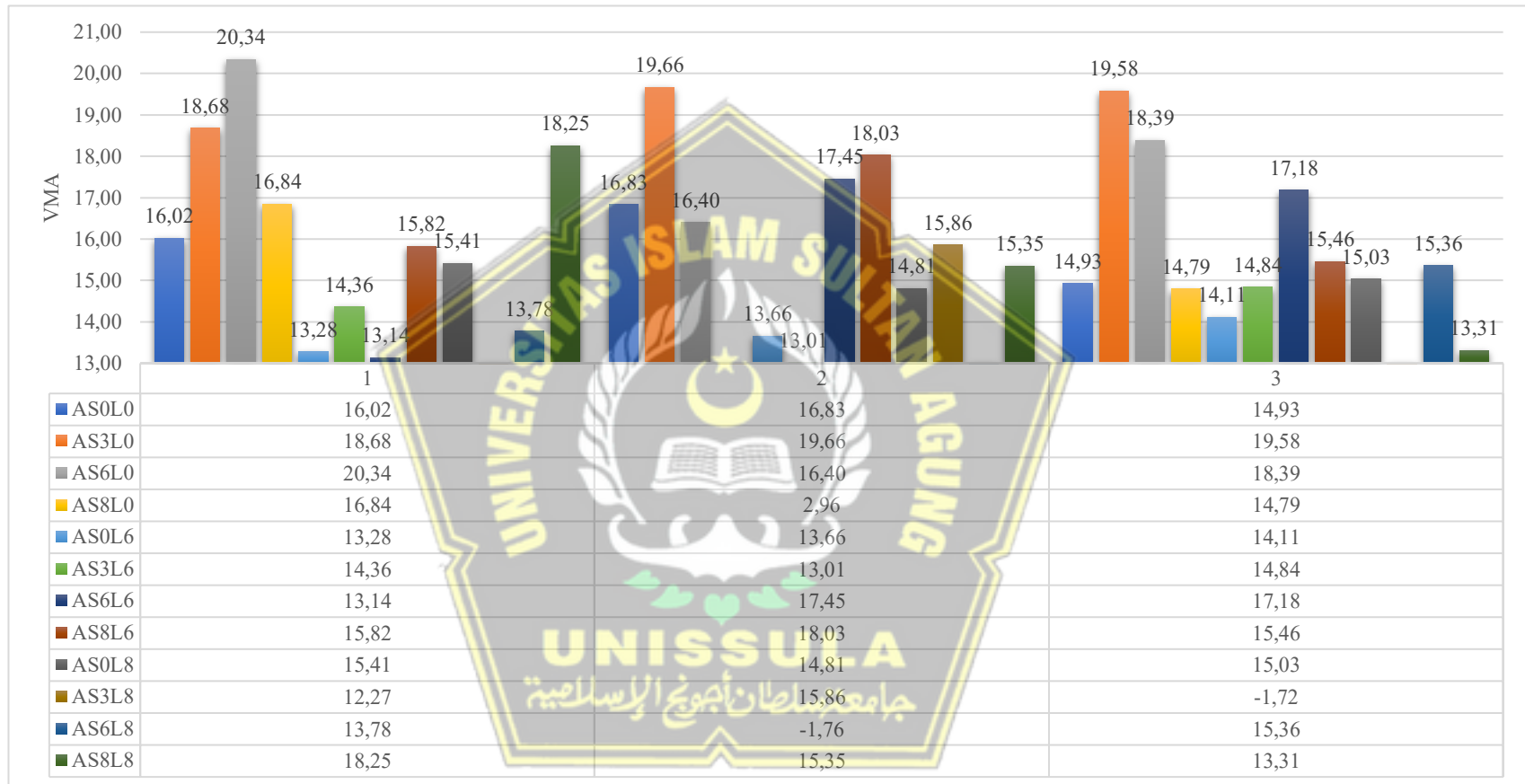
Variasi	Benda Uji	<i>TILE CERAMIC WASTE</i>	<i>RED BRICK WASTE</i>	Parameter Hasil Pengujian Marshall					
		%	%	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
AS0L0	1	0	0	3,45	16,02	78,46	838,10	9,10	92,10
	2	0	0	4,38	16,83	73,98	722,50	10,15	71,18
	3	0	0	2,19	14,93	85,33	823,65	8,00	102,96
AS3L0	1	3	0	6,51	18,68	65,15	708,05	6,70	105,68
	2	3	0	7,63	19,66	61,19	332,35	6,15	54,04
	3	3	0	7,54	19,58	61,49	708,05	9,80	72,25
AS6L0	1	6	0	8,41	20,34	58,65	939,25	10,10	93,00
	2	6	0	3,89	16,40	76,28	2023,00	8,40	240,83
	3	6	0	6,17	18,39	66,45	1835,15	8,70	210,94
AS8L0	1	8	3	4,39	16,84	73,93	939,25	6,30	149,09
	2	8	3	-11,57	2,96	490,88	867,00	8,90	97,42
	3	8	3	2,04	14,79	86,21	1878,50	9,90	189,75
AS0L6	1	0	2	0,30	13,28	97,74	578,00	6,80	85,00
	2	0	2	0,73	13,66	94,66	534,65	7,10	75,30
	3	0	2	1,26	14,11	91,07	505,75	5,20	97,26

AS3L6	1	3	2	1,54	14,36	89,28	1300,50	7,00	185,79
	2	3	2	-0,02	13,01	100,15	1387,20	5,15	269,36
	3	3	2	2,09	14,84	85,92	1430,55	8,20	174,46
AS6L6	1	6	2	0,14	13,14	98,93	1199,35	5,00	239,87
	2	6	2	5,09	17,45	70,83	1531,70	7,30	209,82
	3	6	2	4,78	17,18	72,18	1589,50	8,80	180,63
AS8L6	1	8	2	3,22	15,82	79,65	1575,05	7,20	218,76
	2	8	2	5,76	18,03	68,05	1445,00	6,15	234,96
	3	8	2	2,80	15,46	81,89	1257,15	5,45	230,67
AS0L8	1	0	4	2,75	15,41	82,15	867,00	5,40	160,56
	2	0	4	2,06	14,81	86,09	1156,00	6,20	186,45
	3	0	4	2,31	15,03	84,63	1199,35	7,40	162,07
AS3L8	1	3	4	-0,86	12,27	107,01	939,25	6,60	142,31
	2	3	4	3,26	15,86	79,45	997,05	5,20	191,74
	3	3	4	-16,95	-1,72	-885,47	635,80	7,10	89,55
AS6L8	1	6	4	0,87	13,78	93,69	1589,50	6,10	260,57
	2	6	4	-16,99	-1,76	-865,34	1445,00	10,75	134,42
	3	6	4	2,69	15,36	82,49	1517,25	5,35	283,60
AS8L8	1	8	4	6,01	18,25	67,07	1199,35	8,30	144,50
	2	8	4	2,68	15,35	82,54	1083,75	6,30	172,02
	3	8	4	0,33	13,31	97,52	1156,00	7,90	146,33
BATASAN	Min	-	-	3%	15%	65%	800 kg	2 mm	-
	Max	-	-	5%	-	-	-	4 mm	-



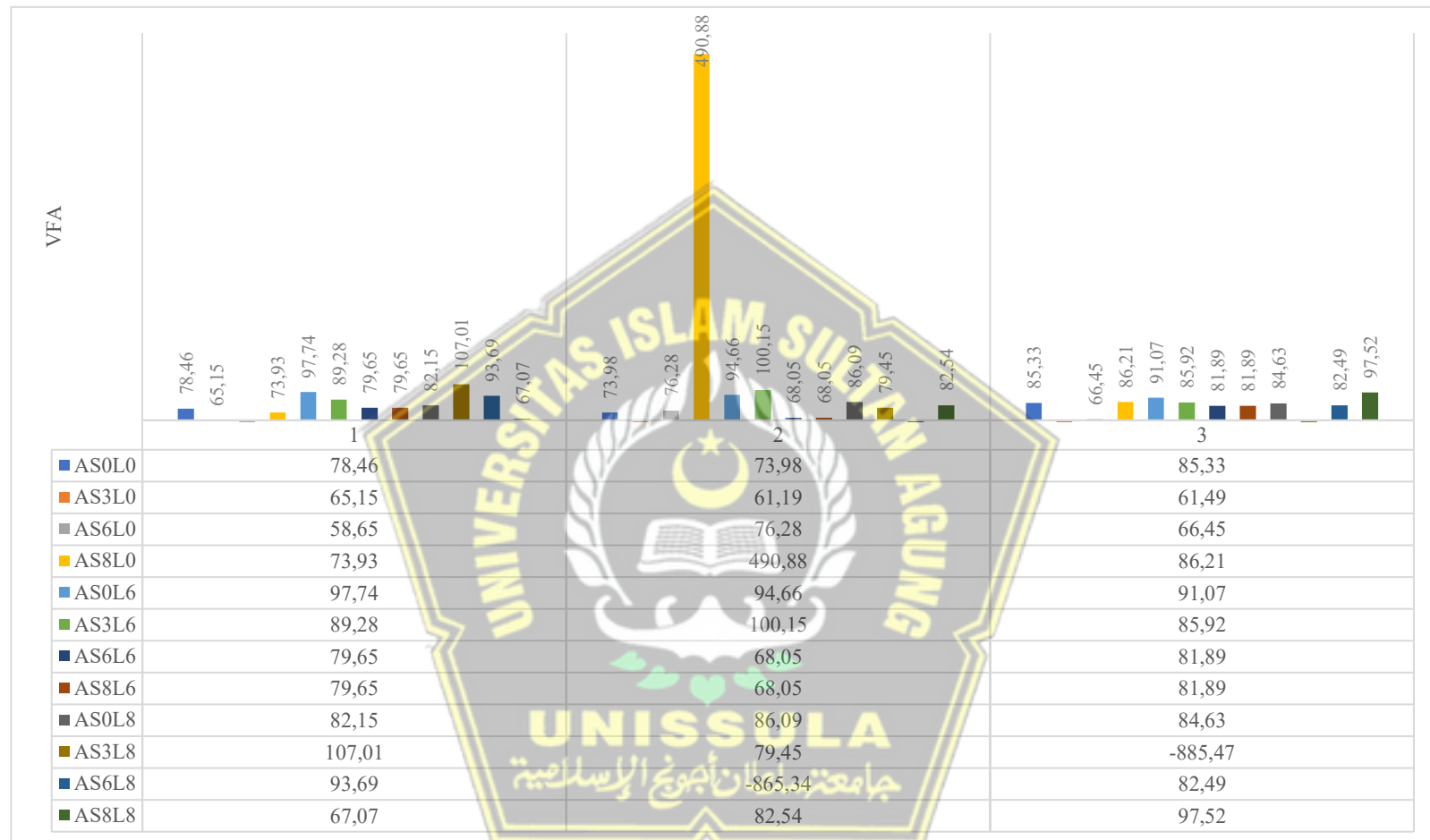
Grafik 4.26 Rekap Nilai VIM Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 4.26** diatas rekap nilai VIM uji *Marshall* banyak variasi yang tidak lolos batas minimum pada VIM yaitu AS0L6, AS3L6, AS6L6, AS3L8, AS0L8, AS3L8, AS6L8 dan AS6L8 semua sampel uji mampu mencukupi Spesifik Umum Bina Marga dengan minimum 3% dan maksimum 5%.



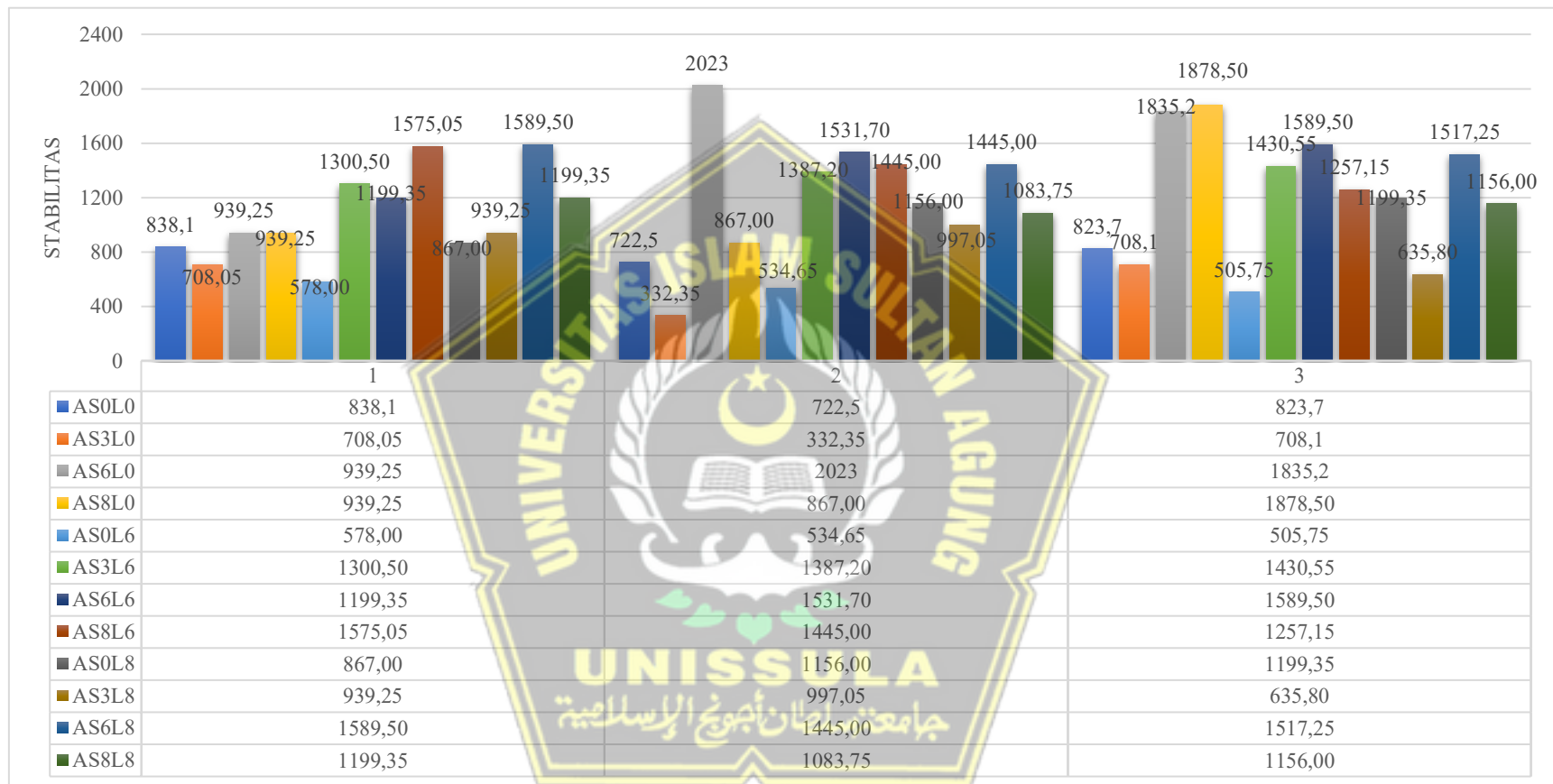
Grafik 4.27 Rekap Nilai VMA Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 4.27** diatas rekap nilai VMA hasil uji Marshall dengan kode AS0L6, AS3L6, AS3L8 dan AS6L8 tidak lolos dan untuk sampel yang lain semua sampel uji mampu memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 15%.



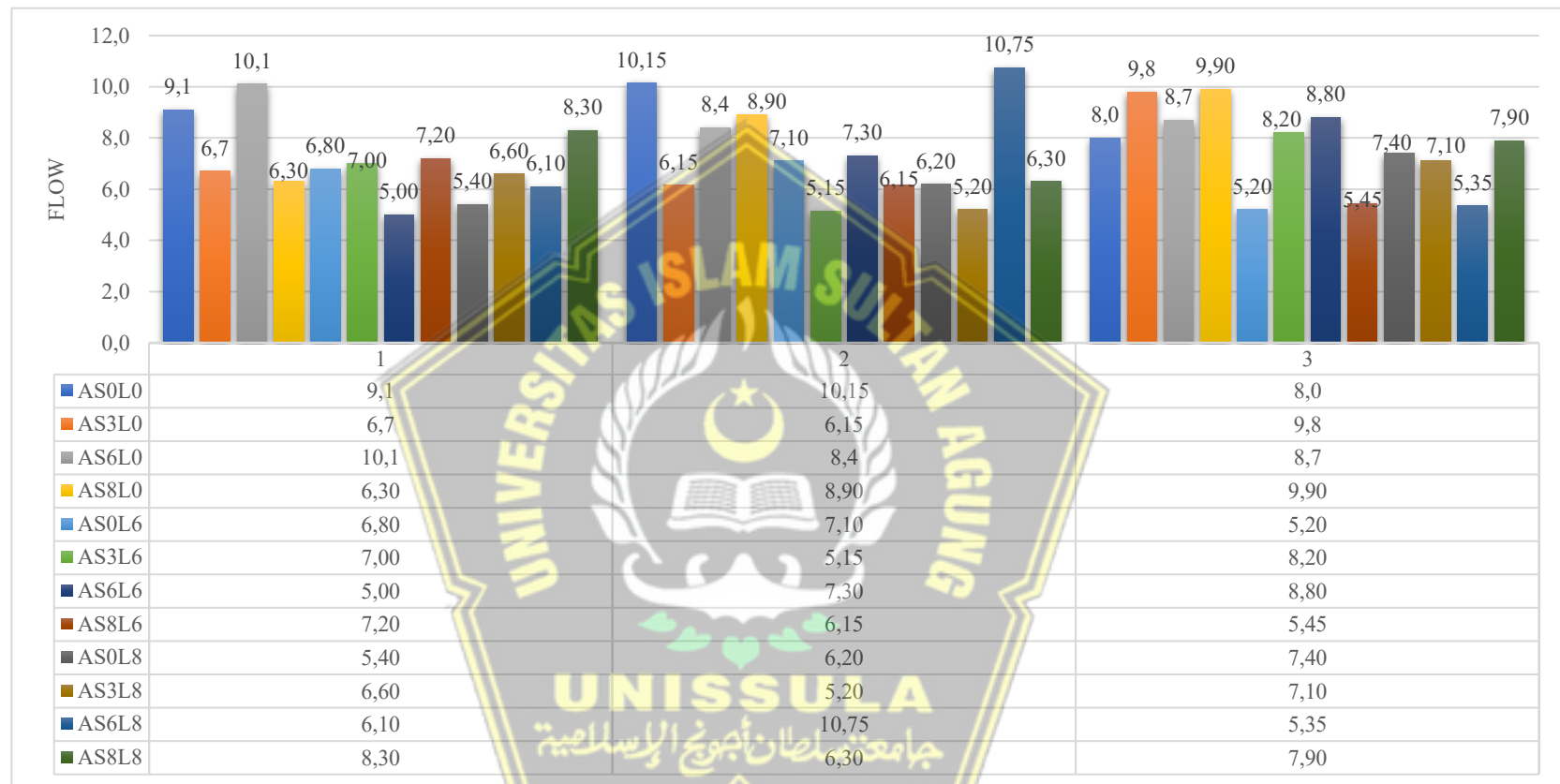
Grafik 4.28 Rekap Nilai VFA Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 4.28** diatas rekap nilai VFA dari hasil uji *Marshall* dengan kode AS6L0 tidak lolos dan untuk sampel yang lain lolos memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 65%



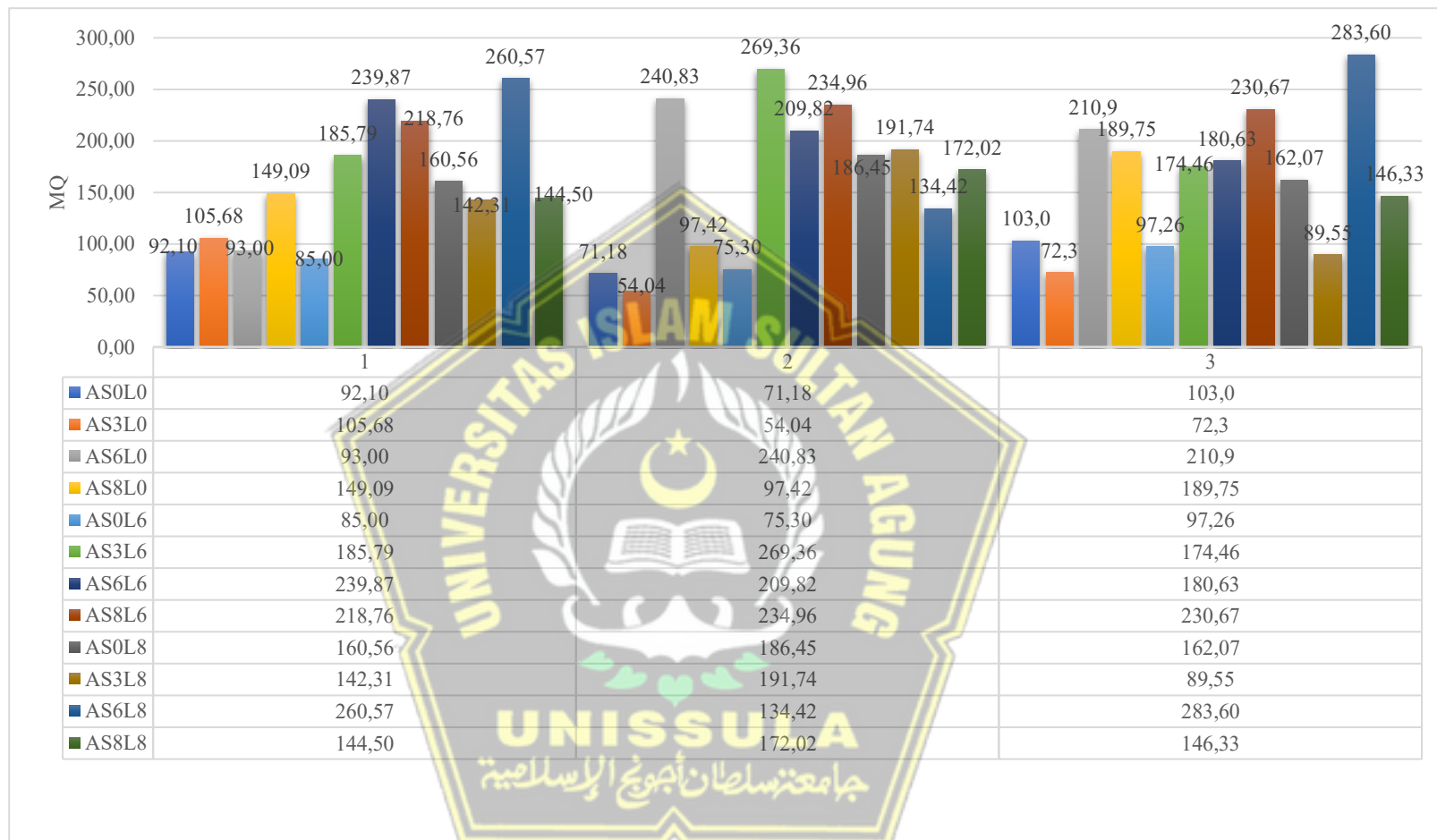
Grafik 4.29 Rekap Nilai Stabilitas Semua Variasi bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 4.29** diatas rekap nilai Stabilitas dari hasil uji *Marshall* dengan kode variasi AS0L6 tidak lolos dan untuk sampel sayng lain memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 800 kg.



Grafik 4.30 Rekap Nilai *Flow* Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 4.30** diatas rekap nilai *Flow* dari hasil uji *Marshall* banyak yang tidak memenuhi Spesifikasi, namu pada kode variasi AS6L6 semua sampel uji mampu mencukupi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 2 mm dan maksimum 4 mm.



Grafik 4.31 Rekap Nilai MQ Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 4.31** diatas rekap nilai MQ dari hasil uji *Marshall* semua variasi *asphalt* telah mencukupi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian kali ini sebagai berikut :

1. Pada nilai *Job Mix Design* terbaik menggunakan penambahan *tile ceramic waste* dan *red brick waste* untuk perkerasan pada jalan diperoleh dari komposisi 8% *tile ceramic waste* dan 2% *red brick waste* sampel 1 (AS8L6), dimana komposisi bahan tambah tersebut mampu memenuhi Spesifikasi umum Bina Marga Tahun 2018 (revisi 2) dengan hasil terbaik pada uji *Marshall Test* untuk variasi tersebut yaitu untuk nilai VIM 3,22% , Nilai VMA 15,82% , Nilai VFA 79,65% , Nilai Stabilitas 1575,05 kg , Nilai MQ 218,76
2. Pada hasil *Marshall Test* untuk nilai Stabilitas terbaik diperoleh dari komposisi 8% *tile ceramic waste* dan 2% *red brick waste* dengan hasil 1575,05 kg. Dimana komposisi bahan tambah tersebut mampu mencukupi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (revisi) dengan jumlah minimal *Stabilitas* yaitu 800 kg.

5.2 Saran

Dari penelitian ini bisa diambil beberapa pendapat agar hasil yang didapatkan lebih akurat dan sesuai dengan apa yang diinginkan pada penelitian berikutnya, ada beberapa hal yang wajib dipantau berikut adalah :

1. Memperhatikan kondisi ruangan laboratorium lebih kondusif dan menjaga lingkungan sekitar seperti suhu ruangan lebih besar 30 C yang dapat mempengaruhi penimbangan material maupun pembuatan sampel.
2. Analisa saringan material harus dilakukan secara detail mulai dari nomor saringan #8 (2,36 mm) untuk agregat kasar, nomor saringan #200 (0,074 mm) untuk material lembut.
3. Penumbukan sampel uji dengan mesin compactor harus lebih diperhatikan agar hasil lebih akurat seperti jumlah sebanyak $2 \times 75 = 150$ kali pada pembuatan sampel uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Siti Arifatul. *Analisis kandungan kimia-mineralogi limbah batu bata sebagai material pengganti pozzolan pada semen campur (blended cement)*. Diss. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2021.
- Archenita, Dwina. "Kinerja Marshall Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Serbuk Bata Merah Recycling Sebagai Substitusi Filler." *Andalas Civil Engineering (ACE) Conference*. Vol. 8. 2023.
- Arliningtyas, Swasti, and Nadia Nadia. "Analisa Kelayakan Limbah Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Campuran Aspal Beton Ditinjau dari Nilai Stabilitas Marshall." *Konstruksia* 8.1 (2016): 47-59.
- Aziz, Shidqul. *Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Filler Pada Beton Aspal AC-WC*. Diss. ITN MALANG, 2017.
- Aminuddin, Moch, and Agata Iwan Candra. "Job Mix Laston (AC-BC) Menggunakan Bubuk Gypsum Dan Abu Bata Merah." *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 1.2 (2018): 325-336.
- Archenita, Dwina. "Kinerja Marshall Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Serbuk Bata Merah Recycling Sebagai Substitusi Filler." *Andalas Civil Engineering (ACE) Conference*. Vol. 8. 2023.
- Adi, Ari Sasmoko, and Musrifah Tohir. "Stabilitas Campuran Aspal Beton (Laston) Dengan Bahan Tambah Abu Kayu Hasil Pembakaran Batu Bata." *Kurva S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil* 9.3 (2021): 166-172.
- Anggraini, R. D., & Yulianto, B. (2018). *Pengaruh Penggunaan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran AC-WC*. Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur.
- Bina Marga (2013), *Spesifikasi Umum Bina Marga untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Divisi 6: Perkerasan Aspal*. Kementerian PUPR.
- Haurissa, Prita, et al. "Pengaruh Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil (JIMATS)* 4.01 (2025): 044-051

- Hanka, Wakkang, Fadli Feri, and Ramdiana Ramdiana. "Pengaruh Penambahan Limbah Keramik Sebagai Filler Pada Lapisan Perkerasan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)." *Jurnal Karajata Engineering* 1.1 (2021): 49-58.
- Husada, Kalima. "Penggunaan Limbah Batu Bata Merah sebagai Bahan Tambah Filler pada Campuran Aspal terhadap Nilai Stabilitas Marshall." (2023).
- Kementerian PUPR. (2020). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Lismawati, Lismawati. *Studi Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Substitusi Filler Buah Pinus*. Diss. Universitas Fajar, 2022.
- Mazmur, Serwin. *Studi Penggunaan Limbah Keramik tegel sebagai Filler pada Campuran Aspal (AC-WC)*. Diss. Universitas Fajar, 2022.
- Misbah, Misbah, et al. "Pengaruh Penambahan Limbah Batu Bata Merah Bukittinggi Sebagai Filler Pada Campuran Ac-Wc Dengan Pengujian Marshall." *Jurnal Teknologi Dan Vokasi* 1.2 (2023): 46-52.
- Mamata, Erdin. *Penggunaan Serbuk Tegel Sebagai Substitusi Filler Pada Perkerasan Aspal Porus*. Diss. Universitas Fajar, 2022.
- Mulyono, Tri. *Bahan Bangunan dan Konstruksi*. Stiletto Book, 2021.
- Prasetyo, D. R., & Sutanto, M. H. (2020). *Pengaruh Penggunaan Limbah Bata Merah Sebagai Pengganti Agregat Terhadap Stabilitas Campuran Aspal*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.
- Panjaitan, Kevin Doan, and Tan Lie Ing. "Penggunaan genteng keramik sebagai pengganti agregat kasar dan abu terbang sebagai pengisi pada Laston AC-BC." *Jurnal Teknik Sipil* 13.2 (2017): 95-113.
- Putra, Kurnia Hadi, and Jamila Wahdana. "Studi Eksperimental Penambahan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston (AC-WC) Terhadap Karakteristik Uji Marshall." *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa* 8.2 (2019): 147-155.
- Rosuli, Muhammad Fajar, Agustin Dita Lestari, and Akhmad Suryadi. "PENGARUH LIMBAH BATA MERAH SEBAGAI FILLER PADA LASTON AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN." *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)* 5.4 (2024): 175-184.

- Ratnayanti, Katarina Rini, Erma Desmaliana, and Muhammad Farhan Izharuddin. "Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu pada Bearing Wall dengan Bata Merah dan Bata Ringan." (2019): 647-654.
- Sumampouw, Gerry Kurniawan. *Penggunaan Limbah Bata Merah sebagai Substitusi Filler pada Campuran Aspal AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)*. Diss. Universitas Fajar, 2023.
- Suria, Asmadi, Ipak Neneng, and Wan Alamsyah. "Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik Sebagai Agregat Kasar Campuran dan Pengaruhnya Terhadap Kuat Tekan Beton." *JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan* 4.01 (2017): 16-24.
- Sakur, Yusep Daiman, and Ida Farida. "Analisis Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (ACWC)." *Jurnal Konstruksi* 17.1 (2019): 18-27.

