

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS
AUS (AC-WC)**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Disusun Oleh:
NADIRA FARSYA
3336200128

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
TAHUN 2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap
Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)
Nama Mahasiswa : Nadira Farsya
NPM : 3336200128
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 20 Juli 2024



Nadira Farsya
3336200128

SKRIPSI
PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS
AUS (AC-WC)

Dipersiapkan dan disusun oleh:

NADIRA FARSYA/3336200128

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada Tanggal: 17 Juli 2024

Susunan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing I



Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T

NIP. 198212062010122001

Dosen Pembimbing II



Rama Indera Kusuma, S.T., M.T

NIP. 198108222006041001

Dosen Penguji I



Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.

NIP. 198601242014042001

Dosen Penguji II



Woelandari Fathonah, S.T., MT

NIP. 199012292019032021

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 17 Juli 2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T

NIP. 198212062010122001

PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh derajat kesarjanaan Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Ibu Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T dan bapak Rama Indera Kusuma., S.T., M.T selaku dosen pembimbing I dan II.
- 2) Ibu Dwi Esti Intari, S.T.,M.Sc. dan Ibu Woelandari Fathonah, S.T., MT selaku dosen penguji I dan II.
- 3) Ibu Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- 4) Ibu Woelandari Fathonah, S.T., MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- 5) Orang tua tercinta, kakak, serta teman-teman yang telah memberikan dorongan dan masukan kepada penyusun.

Akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada umumnya dan penyusun pada khususnya.

Cilegon, 12 Juli 2024

Penulis

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

Nadira Farsya

INTISARI

Perkerasan aspal menghadapi efek penuaan menyeluruh akibat beban kendaraan dan lingkungan alam (seperti suhu, oksidasi, cahaya, air hujan). Karena proses penuaan aspal dan mengalami serangkaian perubahan fisik dan kimia, aspal dapat menjadi lebih keras dan rapuh. *Filler* pada lapis AC-WC bisa menggunakan material alternatif, dilihat dari kandungan CaO pada serbuk marmer memiliki potensi sebagai bahan pengisi pada campuran lapis aus permukaan aspal beton. Penelitian ini membahas tentang penuaan pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) yang menggunakan pengganti *filler* limbah serbuk marmer yang lolos saringan No. 200, bertujuan untuk mengetahui karakteristik agregat, aspal, dan filler serbuk marmer dan mengetahui pengaruh penambahan serbuk marmer sebagai filler dalam campuran aspal (AC-WC) terhadap penuaan jangka pendek (STOA) dan penuaan jangka panjang (LTOA).

Pengujian dilakukan dengan metode pengujian *marshall* menggunakan variasi nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) sebesar 6,25% dengan kadar serbuk marmer 0%, KAO 5,75% dengan kadar serbuk marmer 1%, KAO 5,50% dengan kadar serbuk marmer 2 %, dan KAO 5,50% dengan kadar serbuk marmer 3%. Dan melalui pengujian STOA dan LTOA. Pembuatan benda uji STOA dilakukan dengan memasukkan benda uji ke dalam oven selama 4 jam dengan suhu 135 °C, sedangkan pembuatan benda uji LTOA dilakukan dengan memasukkan benda uji ke dalam oven selama 120 jam dengan suhu 85 °C.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serbuk marmer pada campuran aspal beton dapat membuat nilai VIM mengecil yang menandakan campuran menjadi lebih kedap udara (tetapi masih sesuai spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu rentang 3% - 5%, sehingga membuat nilai stabilitas meningkat. Hal itu dikarenakan serbuk marmer memiliki kandungan kimia kalsium oksida (CaO) yang membuat ikatan antar agregat menjadi lebih baik. Hal tersebut membuat campuran aspal beton yang mengalami penuaan tidak mengalami penurunan stabilitas yang besar.

Kata Kunci : limbah serbuk marmer, STOA, LTOA, KAO, uji *Marshall*.

THE EFFECT OF USE OF MARBLE POWDER WASTE ON THE AGING OF WEAR-COATED ASPHALT CONCRETE MIXTURE (AC-WC)

Nadira Farsya

ABSTRACT

Asphalt pavement faces comprehensive aging effects due to vehicle loads and natural environment (such as temperature, oxidation, light, rainwater). Due to the aging process of asphalt and undergoing a series of physical and chemical changes, asphalt can become harder and brittle. Filler in the AC-WC layer can use alternative materials, judging from the CaO content in marble powder has the potential as a filler in the asphalt concrete surface wear layer mixture. This research discusses the aging of asphalt concrete wear layer (AC-WC) mixtures that use marble powder waste filler substitutes that pass sieve No. 200, aiming to determine the characteristics of aggregate, asphalt, and marble powder filler and determine the effect of the addition of marble powder as filler in asphalt mixtures (AC-WC) on short-term aging (STOA) and long-term aging (LTOA).

Tests were carried out using the marshall testing method using variations in KAO (Optimum Asphalt Content) values of 6.25% with 0% marble powder content, KAO 5.75% with 1% marble powder content, KAO 5.50% with 2% marble powder content, and KAO 5.50% with 3% marble powder content. And through STOA and LTOA testing. The STOA test specimens were made by putting the specimens into the oven for 4 hours at 135°C, while the LTOA test specimens were made by putting the specimens into the oven for 120 hours at 85°C.

The results showed that the use of marble powder in asphalt concrete mixtures can make the VIM value smaller, which indicates that the mixture becomes more airtight (but still according to the General Specifications of Bina Marga 2018 Revision 2, which is in the range of 3% - 5%, thus making the stability value increase. That is because marble powder has a chemical content of calcium oxide (CaO) which makes the bond between aggregates better. This makes the aging asphalt concrete mixture not experience a large decrease in stability.

Keyword : waste marble powder, STOA, LTOA, KAO, Marshall test.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Keaslian Penelitian	4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	5
2.1.1 Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Pengganti Filler Pada Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC).....	5
2.1.2 Perkerasan Campuran Aspal AC-WC Terhadap Sifat Penuaan Aspal...5	
2.1.3 Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC – WC.....	6
2.1.4 Pengaruh Jenis Aspal Terhadap Karakteristik Laboratorium Aspalth Concrete-Wearing Course Akibat Proses Penuaan	7
2.2 Keterkaitan Penelitian	12

BAB 3 LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan	13
3.2 Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan	13
3.2.1 Lapisan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement).....	14
3.2.2 Jenis Campuran Beraspal Panas	15
3.3 Karakteristik Campuran Beraspal.....	16
3.4 Material Penyusun Perkerasan	18
3.4.1 Aspal	18
3.4.2 Agregat.....	19
3.4.3 Filler	20
3.5 Serbuk Marmer	21
3.6 Penuaan Aspal	21
3.7 Metode <i>Marshall</i>	22

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Prosedur Penelitian	25
4.1.1 Studi Literatur.....	27
4.1.2 Persiapan Aspal	27
4.1.3 Persiapan Agregat.....	28
4.1.4 Perencanaan Gradasi Agregat.....	29
4.1.5 Persiapan Serbuk Marmer	30
4.1.6 Metode Pembuatan Benda Uji.....	31
4.2 Bahan atau Materi	33
4.3 Alat atau Instrumen.....	33
4.4 Variabel Penelitian.....	34
4.5 Analisa Data.....	34

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Material.....	35
5.1.1 Analisis Karakteristik Agregat	35
5.1.2 Analisa Karakteristik Marmer.....	38
5.1.3 Analisis Karakteristik Aspal.....	39
5.2 Rencana Campuran Aspal beton	45

5.2.1 Proporsi Agregat Campuran Aspal Beton	45
5.2.2 Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)	46
5.2.3 Kebutuhan Berat Agregat Untuk Campuran Beraspal	48
5.2.4 Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal Dengan Pengganti <i>Filler</i> Serbuk Marmer	48
5.2.5 Analisis Sifat Volumetrik Campuran Beraspal	49
5.3 Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton	50
5.3.1 Analisis Data Pengujian Terhadap Karakteristik Marshall Pada Kondisi STOA dan LTOA	50
5.3.2 Analisis Karakteristik Campuran Beraspal yang Sudah Mengalami Penuaan Terhadap Marshall Rendam	61
5.4 Analisis Serbuk Marmer Sebagai Bahan Tambah Filler Pada Penuaan Campuran	63

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.....	65
6.2 Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)	16
Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Kasar	20
Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Halus	20
Tabel 3.4 Kandungan Serbuk Marmer	21
Tabel 4.1 Hasil Analisis Proporsi Ideal Penambahan Serbuk Marmer Dengan Kadar Aspal Optimum	25
Tabel 4.2 Standar Pengujian Aspal	26
Tabel 4.3 Standar Pengujian Agregat Kasar	27
Tabel 4.4 Standar Pengujian Agregat Halus	27
Tabel 4.5 Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Laston	28
Tabel 4.6 Total Jumlah Benda Uji	30
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	35
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar	36
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus	37
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Karakteristik serbuk Marmer	38
Tabel 5.5 Pengujian Penertrasi.....	39
Tabel 5.6 Pengujian Berat Jenis	40
Tabel 5.7 Pengujian Daktilitas	40
Tabel 5.8 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar	41
Tabel 5.9 Pengujian Titik Lembek.....	42
Table 5.10 Pengujian Kehilangan Berat	42
Tabel 5.11 Pengujian Viskositas	43
Tabel 5.12 Presentase Lolos Gradasi Campuran	44
Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Pada Kondisi Standar STOA dan LTOA	50
Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Irisan Hubungan Penelitian	12
Gambar 3.1 Lapis Perkerasan Lentur.....	14
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Campuran AC-WC	28
Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	36
Gambar 5.2 Pengujian Keausan Agregat Kasar.....	37
Gambar 5.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	37
Gambar 5.4 Pengujian Berat Jenis Serbuk Marmer	38
Gambar 5.5 Pengujian Penetrasi Aspal.....	39
Gambar 5.6 Pengujian Berat Jenis Aspal.....	40
Gambar 5.7 Pengujian Daktilitas Aspal.....	41
Gambar 5.8 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar	41
Gambar 5.9 Pengujian Titik Lembek.....	42
Gambar 5.10 Pengujian Kehilangan Berat.....	43
Gambar 5.11 Grafik Hasil Pengujian Viskositas	43
Gambar 5.12 Grafik Hasil Pengujian Viskositas	44
Gambar 5.13 Grafik Gradasi Rencana Campuran Aspal Beton.....	45
Gambar 5.14 Grafik Penentuan KAO Serbuk Marmer 0%	46
Gambar 5.15 Grafik Penentuan KAO Serbuk Marmer 1%	46
Gambar 5.16 Grafik Penentuan KAO Serbuk Marmer 2%	46
Gambar 5.17 Grafik Penentuan KAO Serbuk Marmer 3%	46
Gambar 5.18 Proses STOA.....	50
Gambar 5.19 Proses LTOA.....	50
Gambar 5.20 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai VIM. 51	
Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai VMA	52
Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai VFA. 53	
Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai Stabilitas	54
Gambar 5.24 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai Flow. 56	

Gambar 5.25 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai <i>Marshall</i> <i>Quotient</i>	57
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

1. Administrasi
2. Data Hasil Pengujian Laboratorium
3. Hasil Analisis Perhitungan
4. Dokumentasi

DAFTAR ISTILAH

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AC-WC	Asphalt Concrete Wearing Course
KAO	Kadar Aspal Optimum
SNI	Standar Nasional Indonesia
STOA	<i>Short Term Oven Aging</i>
LTOA	<i>Long Term Oven Aging</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan adalah salah satu jenis infrastruktur transportasi darat, yang mengacu pada seluruh bagian jalan, termasuk bagian yang di atas permukaan tanah, pada permukaan tanah, bawah tanah, dan perairan, termasuk bangunan pelengkap yang berkaitan dengan transportasi (UU RI No 22 Tahun 2009). Jalan harus dirancang dan dibangun dengan kemampuan untuk menanggung beban lalu lintas yang melintasinya, sambil memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan. Selain itu aspal harus memiliki umur panjang atau tahan terhadap penuaan.

Menurut (Sukirman, 1992) lapisan aspal beton terdiri dari 3 lapis, yaitu AC-WC, AC-BC, dan AC-Base. Lapisan AC-WC merupakan lapisan yang paling rentan terhadap kerusakan akibat beban kendaraan yang berulang-ulang dan paparan berbagai cuaca. Hal itu dikarenakan lapis AC-WC merupakan lapisan yang berada di susunan paling atas. Lapisan AC-WC dapat meningkatkan daya tahan perkerasan sehingga secara keseluruhan dapat meningkatkan masa pelayanan dari konstruksi perkerasan (Bina Marga, 2007). Peningkatan mutu perkerasan jalan dilakukan dengan menambahkan sejumlah bahan tambah ke dalam campuran aspal beton, atau mengganti spesifikasi bahan aspal maupun agregat kasar, agregat halus dan filler.

Menurut (Mashuri, 2010) aspal merupakan material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai semi padat yang juga berfungsi untuk mengikat agregat bersama-sama dalam campuran. Aspal adalah komponen utama yang memberikan sifat kohesi pada campuran aspal dan memberikan ketahanan terhadap air. *Filler* adalah material halus yang lolos saringan no. 200 dan digunakan untuk mengisi celah antara agregat dalam campuran aspal beton sehingga dapat meningkatkan ketahanan dan kepadatan campuran aspal beton serta meningkatkan stabilitas campuran aspal beton (Bina Marga, 2018). Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan serta jika diuji dengan penyaringan sesuai SNI ASTM C136-2012 bahan harus lolos saringan no. 200 tidak kurang dari 75%

terhadap beratnya. Persentase penggunaan *filler* untuk bahan semen harus dalam rentang 1% - 2% terhadap berat total agregat sedangkan untuk bahan *filler* lainnya harus dalam rentang 1% - 3% terhadap berat total agregat (Bina Marga, 2020).

Filler pada lapis aspal beton AC-WC bisa menggunakan beberapa alternatif material. Salah satunya adalah limbah serbuk marmer, yang diperoleh dari proses pekerjaan pemotongan batu marmer yang menghasilkan limbah berupa serbuk halus (Utomo et al., 2021). Salah satu penghasil marmer terbesar di Indonesia berada di Tulungagung. Limbah serbuk marmer belum dimanfaatkan secara maksimal dan merugikan masyarakat. Serbuk yang tidak terpakai dapat membuat polusi udara yang mengotori lingkungan sekitar dan juga dapat menyebabkan gangguan pernapasan dan kulit. Limbah serbuk marmer memiliki sifat fisik berwarna putih dan mengandung kapur (CaO) yang dapat merusak tanah karena kandungan CaO dari limbah serbuk marmer bersifat panas. Dilihat dari potensinya, Serbuk marmer dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada campuran lapis aspal permukaan aspal beton.

Seiring berjalannya waktu, kinerja perkerasan jalan akan mengalami penurunan karena mengalami penuaan. Perkerasan aspal menghadapi efek penuaan menyeluruh akibat beban kendaraan dan lingkungan alam (seperti suhu, oksidasi, cahaya, air hujan). Karena proses penuaan aspal dan mengalami serangkaian perubahan fisik dan kimia, aspal dapat menjadi lebih keras dan rapuh. Selain itu, kerusakan aspal dapat berdampak langsung pada masa pakai permukaan jalan. Faktor-faktor yang mempengaruhi penuaan pada perkerasan meliputi, penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung pada aspal dan oksidasi penuaan jangka pendek (STOA) dan oksidasi yang progresif serta beban lalu lintas pada penuaan jangka panjang (LTOA) (Setiawan, 2014).

Berdasarkan penelitian (Kurniawan, M.I., 2023) Penggunaan serbuk marmer sebagai bahan pengisi dapat meningkatkan nilai stabilitas pada campuran, sehingga campuran ini lebih tahan lama terhadap beban lalu lintas dan juga menjadi lebih kuat. Dikatakan juga bahwa kandungan Kalsium Oksida (CaO) yang tinggi pada

serbuk marmer hampir sama dengan semen yang dapat meningkatkan kekakuan pada campuran aspal.

Berdasarkan hasil penelitian (Kurniawan, M.I., 2023) dan pemaparan di atas, penulis ingin melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui penuaan campuran laston dengan persentase serbuk marmer 0 %, 1 %, 2 % dan 3 % dengan menggunakan nilai KAO 6,25 %, 5,75 %, 5,50% dan 5,50 %.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka permasalahan pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana karakteristik material agregat, aspal dan *filler* serbuk marmer?
- b. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk marmer sebagai *filler* dalam campuran aspal beton (AC-WC) terhadap penuaan jangka pendek (STOA) dan penuaan jangka panjang (LTOA) dengan metode *Marshall Test*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian dari tugas akhir ini memiliki tujuan untuk :

- a. Untuk mengetahui karakteristik agregat, aspal, dan *filler* serbuk marmer.
- b. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk marmer sebagai *filler* dalam campuran aspal beton (AC-WC) terhadap penuaan jangka pendek (STOA) dan penuaan jangka panjang (LTOA) dengan metode *Marshall Test*.

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian lebih fokus, berikut adalah batasan-batasan penelitian:

- a. Standar pengujian karakteristik material agregat dan aspal yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Campuran Beraspal Panas (Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2018), Standar Nasional Indonesia (SNI).
- b. Standar Pengujian penuaan menggunakan metode jangka pendek sesuai standar AASHTO R30 untuk memberikan simulasi pengaruh temperatur sedangkan pengujian perendaman air mengikuti standar RSNI M-01-2003 untuk memberikan simulasi pengaruh kelembaban.
- c. Lapisan yang di jadikan penelitian adalah lapis aspal panas *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).
- d. Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70.

- e. Bahan yang digunakan untuk *filler* adalah serbuk marmer yang lolos saringan No. 200 dengan persentase 0 %, 1 %, 2 % dan 3 %.
- f. Limbah serbuk marmer yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Tulungagung, Jawa Timur dan tidak membedakan jenis batu marmernya.
- g. Nilai KAO yang digunakan adalah 6,25 %, 5,75 %, 5,50% dan 5,50 % yang didapat dari penelitian terdahulu, yaitu penelitian Muhammad Indra Kurniawan (2023).
- h. Metode untuk pengujian penuaan jangka panjang dan penuaan jangka pendek adalah dengan *Marshall Test*.
- i. Penelitian dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini mempunyai manfaat sebagai berikut :

- a. Mengetahui lebih baik daya tahan lapisan aspal beton yang menggunakan pengganti *filler* serbuk marmer.
- b. Diharapkan penelitian ini dapat membantu mengidentifikasi tentang penggunaan serbuk marmer sebagai pengisi dalam campuran aspal (AC-WC).

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian ini yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)” merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Pengganti *Filler* Pada Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)” yang disusun oleh Muhammad Indra Kurniawan pada tahun 2023. Penelitian ini benar-benar asli dan tidak ada unsur plagiat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

2.1.1 Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Pengganti *Filler* Pada Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Indra Kurniawan pada tahun 2023 di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa mengenai “Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Pengganti *Filler* Pada Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan *filler* serbuk marmer pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) dan efektifitasnya dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa pengganti *filler* serbuk marmer. Persentase pengganti *filler* limbah serbuk marmer yang digunakan bervariasi, yaitu sebesar 0%, 1%, 2% dan 3%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stabilitas aspal beton dengan *filler* limbah serbuk marmer lebih besar dibandingkan dengan aspal beton tanpa pengganti *filler* limbah serbuk marmer. Nilai stabilitas aspal beton dengan *filler* limbah serbuk marmer sebesar 1192,44 kg, sedangkan nilai stabilitas aspal beton tanpa pengganti *filler* limbah serbuk marmer sebesar 988,47 kg. Dari penelitian juga disimpulkan bahwa campuran dengan pengganti *filler* serbuk marmer lebih efektif dalam penggunaan kadar aspal.

2.1.2 Perkerasan Campuran Aspal AC-WC Terhadap Sifat Penuaan Aspal

Pada penelitian yang dilakukan oleh Supriadi T., Syafaruddin AS, dan Heri Azwansyah pada tahun 2018 di Universitas Tanjungpura mengenai “Perkerasan Campuran Aspal AC-WC Terhadap Sifat Penuaan Aspal”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik penuaan aspal pada campuran aspal AC-WC dengan menggunakan metode penelitian eksperimental dengan metode *marshall test*. Menentukan KAO dengan menggunakan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap total berat agregat. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian *marshall test* untuk mendapatkan nilai KAO, pengujian STOA,

pengujian LTOA dengan *marshall test* menggunakan benda uji dengan nilai KAO yang sudah didapatkan.

Hasil dari penelitian, kadar aspal optimal diperoleh sebesar 6,75% untuk campuran aspal pada pengujian penuaan aspal. Hasil uji penuaan perkerasan jalan yang menunjukkan adanya penurunan nilai stabilitas STOA menjadi 639,5 kg (tidak termasuk dalam spesifikasi). Nilai *flow* 3,1 mm. Nilai VIM 7,7 mm (tidak termasuk dalam spesifikasi). Nilai VFB 66,0%. Nilai VMA 22,6%. Nilai MQ 206,5 kg/mm (tidak termasuk dalam spesifikasi). Pada LTOA nilai stabilitasnya 688,7 kg (tidak termasuk dalam spesifikasi). Nilai *flow* 3,2 mm. Nilai VIM 0,6 mm (tidak termasuk dalam spesifikasi). Nilai VFB 96,5%. Nilai VMA 16,6%. Nilai MQ 212,6 kg/mm (tidak termasuk dalam spesifikasi). Dan pada uji lapangan dengan umur aspal 5 tahun untuk perbandingan penuaan jangka panjang (LTOA), nilai stabilisasinya sebesar 519,2 kg (tidak termasuk dalam spesifikasi). Nilai alirannya adalah 3,1 mm. Nilai VIM 0,9 mm (tidak termasuk dalam spesifikasi). Nilai VFB 95,2%. Nilai VMA 19,5%. Nilai MQ 169,3 kg/mm (tidak sesuai spek). Kesimpulan dari nilai tersebut yaitu penuaan aspal mempengaruhi nilai karakteristik *marshall* pada campuran AC – WC, semakin lama waktu penuaan maka nilai karakteristiknya semakin rendah.

2.1.3 Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC – WC

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mashuri dan R. Rahman pada tahun 2020 di Universitas Tadulako mengenai “Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC – WC”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penuaan aspal pada kadar aspal sebesar 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0% pada karakteristik campuran AC – WC dengan metode *marshall test*.

Dari penelitian ini diketahui bahwa penuaan aspal memberikan pengaruh pada karakteristik campuran AC-WC. Seiring lamanya umur penuaan, nilai kepadatan, VFB, stabilitas, *flow* cenderung menurun, berkebalikan dengan nilai VIM dan

VMA yang cenderung meningkat. Dapat diketahui bahwa penuaan dapat membuat campuran menjadi lebih kaku.

2.1.4 Pengaruh Jenis Aspal Terhadap Karakteristik Laboratorium *Asphalt Concrete-Wearing Course* Akibat Proses Penuaan

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hery Awan Susanto et al., pada tahun 2022 di Universitas Jendral Soedirman mengenai “Pengaruh Jenis Aspal Terhadap Karakteristik Laboratorium *Asphalt Concrete-Wearing Course* Akibat Proses Penuaan”. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik *marshall* campuran aspal modifikasi asbuton dan campuran AC-WC pen 60/70. Standar yang digunakan pada penelitian ini yaitu sesuai standar AASHTO R30 untuk pengujian penuaan jangka pendek (STOA) dan penuaan jangka panjang (LTOA), dan standar RSNI M-01-2003 untuk pengujian perendaman air.

Dari penelitian diketahui bahwa pengujian penuaan dan perendaman mengakibatkan penurunan stabilitas dan kenaikan *flow* campuran AC-WC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC aspal dengan penetrasi 60/70 memiliki stabilitas lebih rendah dan *flow* yang lebih tinggi daripada campuran AC-WC modifikasi asbuton. Kekuatan tarik dan permeabilitas campuran AC-WC aspal penetrasi 60/70 lebih rendah dibandingkan campuran AC-WC modifikasi asbuton, dan indeks kekuatan sisa campuran AC-WC aspal penetrasi 60/70 lebih tinggi dibandingkan campuran modifikasi asbuton.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Pengganti <i>Filler</i> Pada Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)	2023	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dan pengaruh penggunaan pengganti <i>filler</i> limbah serbuk marmer pada aspal beton lapis aus (AC-WC) dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa pengganti <i>filler</i> serbuk marmer.	Eksperimental	Berdasarkan dari hasil penelitian, nilai stabilitas aspal beton dengan <i>filler</i> limbah serbuk marmer sebesar 1192,44 kg, sedangkan nilai stabilitas aspal beton tanpa pengganti <i>filler</i> limbah serbuk marmer sebesar 988,47 kg. Nilai stabilitas tersebut membuktikan bahwa penggunaan serbuk marmer sebagai pengganti <i>filler</i> dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran. Hal itu disebabkan adanya kandungan Kalsium Oksida (CaO) pada serbuk marmer yang dapat meningkatkan kekakuan pada campuran aspal. Didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,50 % pada campuran aspal dengan <i>filler</i> serbuk marmer dan kadar aspal optimum sebesar 6,25 % pada campuran aspal tanpa <i>filler</i> pengganti serbuk marmer, yang menandakan

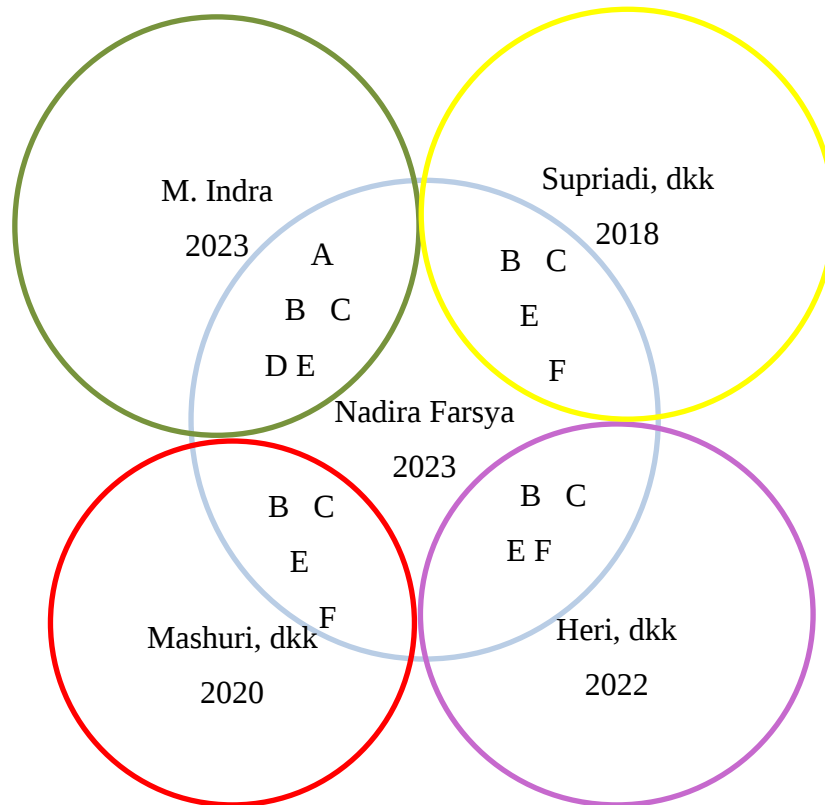
					bahwa campuran dengan pengganti <i>filler</i> serbuk marmer lebih efektif dalam penggunaan kadar aspal.
2.	Perkerasan Campuran Aspal AC-WC Terhadap Sifat Penuaan Aspal	2018	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penuaan pada campuran aspal AC-WC menggunakan metode <i>Marshall Test</i> .	Eksperimental	Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa penuaan aspal mempengaruhi nilai karakteristik <i>marshall</i> pada campuran AC - WC, semakin lama umur penuaan maka semakin menurun nilai karakteristiknya. Hasil pengujian penuaan pada perkerasan, menunjukkan penurunan nilai pada penuaan STOA nilai stabilitasnya 639,5 kg; nilai <i>flow</i> sebesar 3,1 mm; nilai VIM 7,7 mm; nilai VFB 66,0%; nilai VMA 22,6% dan nilai MQ 206,5 kg/mm. Pada penuaan LTOA nilai stabilitasnya yaitu sebesar 688,7 kg; nilai <i>flow</i> 3,2 mm; nilai VIM 0,6 mm; nilai VFB 96,5%; nilai VMA 16,6% dan nilai MQ 212,6 kg/mm. Dan hasil dari pengujian lapangan dengan umur aspal 5 tahun sebagai pembanding dari penuaan

					LTOA di dapat nilai stabilitasnya 519,2 kg; nilai <i>flow</i> sebesar 3,1 mm; nilai VIM 0,9 mm; nilai VFB 95,2%; nilai VMA 19,5% dan nilai MQ 169,3 kg/mm.
3.	Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC – WC	2020	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penuaan aspal pada karakteristik campuran AC – WC dengan menggunakan metode <i>marshall test</i> pada kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0%.	Eksperimental	Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa penuaan aspal mempengaruhi karakteristik campuran AC – WC. Seiring bertambahnya umur penuaan nilai kepadatan, VFB, stabilitas, dan <i>flow</i> cenderung menurun. Sedangkan seiring bertambahnya waktu penuaan nilai VIM dan VMA cenderung meningkat. Disimpulkan bahwa penuaan membuat campuran menjadi lebih kaku.
4.	Pengaruh Jenis Aspal Terhadap Karakteristik Laboratorium <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>	2022	Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik <i>marshall</i> campuran AC-WC pen 60/70 dan aspal modifikasi asbuton akibat proses	Eksperimental	Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC aspal pen 60/70 memiliki stabilitas yang lebih rendah dan <i>fflow</i> yang lebih tinggi dibandingkan aspal <i>modifikasi</i> asbuton. Penuaan dan perendaman mengakibatkan turunnya

	Akibat Proses Penuaan		penuaan, perendaman air, <i>indirect tensile strength</i> (ITS) dan permeabilitas.		stabilitas dan naiknya <i>flow</i> pada campuran AC-WC. Permeabilitas dan kekuatan tarik campuran AC-WC aspal pen 60/70 lebih rendah dibandingkan dengan campuran AC-WC modifikasi asbuton. Sedangkan Indeks Kekuatan Sisa campuran AC-WC aspal modifikasi asbuton lebih rendah dibandingkan pen 60/70.
--	-----------------------	--	--	--	---

(Sumber : Analisa Penulis, 2024)

2.2 Keterkaitan Penelitian



Gambar 2.1 Irisan Hubungan Penelitian

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Keterangan :

A = Penggunaan Serbuk Marmer

B = Perkerasan Aspal

C = Lapis AC-WC

D = Karakteritik Serbuk Marmer

E = Metode Pengujian *Marshall*

F = Penuaan Jangka Panjang dan Penuaan Jangka Pendek

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalan yang dikeraskan dengan lapisan konstruksi tertentu, memiliki ketebalan, kekakuan, kekuatan, dan kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar secara aman. Agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapisan paling atas disebut sebagai lapis permukaan, lapisan paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapisan pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (Soeprapto, 2004).

Menurut (Sukirman, 2003), perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

3.2 Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan

Menurut (Sukirman, 1999), berdasarkan material pengikatnya perkerasan jalan dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Lapisan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipampatkan dan menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya.

b. Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku atau perkerasan beton semen adalah suatu konstruksi (perkerasan) dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Pada perkerasan kaku daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Konstruksi perkerasan kaku biasanya diterapkan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang tinggi

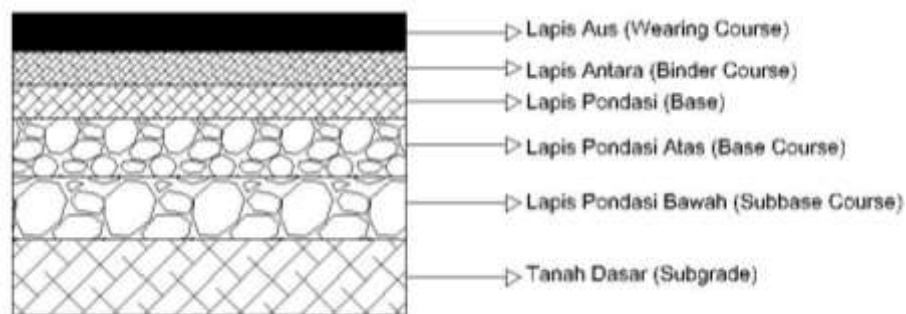
seperti pada jalan tol. Konstruksi jalan dengan perkerasan kaku ini memiliki kelebihan yakni lebih tahan lama dan biaya perbaikannya terbilang lebih rendah.

c. Lapisan Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit adalah kombinasi dari perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

3.2.1 Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Pada umumnya, perkerasan lentur terdiri dari empat lapis material konstruksi jalan, yaitu lapis permukaan (*Surface Course*), lapis pondasi atas (*Base Course*), lapis pondasi bawah (*Sub Base Course*), dan tanah dasar (*Sub Grade*), Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya (Sukiman, 1992).



Gambar 3.1 Lapis Perkerasan Lentur

(Sumber : Sukirman, 1999)

- a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*), berfungsi untuk :
 - 1. Lapisan yang bergesekan langsung dengan roda kendaraan yang melintas, lebih tepatnya lapis aus (*Wearing Course*).
 - 2. Lapis kedap air.
 - 3. Lapis yang memiliki stabilitas tinggi.
 - 4. Lapis yang berfungsi untuk menyebarkan beban ke lapisan di bawah.
- b. Lapisan Fondasi Atas
 - 1. Lapis yang berfungsi sebagai bantalan untuk lapisan permukaan.
 - 2. Lapis yang menahan gaya lintang dan menyebarkan ke lapis fondasi bawah.

- c. Lapisan Fondasi Bawah
 - 1. Lapis peresapan air tanah, agar air dari tanah tidak memenuhi fondasi.
 - 2. Lapis yang menahan gaya lintang dan menyebarkan ke lapis tanah dasar.
 - 3. Berfungsi untuk mencegah partikel halus dari tanah naik ke lapis atas.
- d. Lapisan Tanah Dasar
 - 1. Merupakan tanah asli yang dipadatkan.

3.2.2 Jenis Campuran Beraspal Panas

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 1) jenis campuran beraspal panas terbagi menjadi tiga yaitu :

a. *Stone Matrix Asphalt (SMA)*

Stone Matrix Asphalt (SMA) terdiri dari tiga jenis: SMA Tipis, SMA Halus, dan SMA Kasar. Masing-masing campuran memiliki ukuran partikel agregat maksimum 12,5 mm, 19 mm, dan 25 mm. Campuran SMA yang menggunakan bahan Aspal Polymer disebut masing-masing sebagai SMA Tipis Modifikasi, SMA Halus Modifikasi dan SMA Kasar Modifikasi.

b. Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*)

Lapisan tipis aspal beton (Lataston) atau bisa juga disebut HRS (*Hot Rolled Sheet*), adalah beton aspal bergradasi senjang. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. Lataston terdiri dari 2 jenis campuran berdasarkan fungsinya, yaitu:

- 1. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
- 2. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm. Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

c. Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*).

Laston (Lapisan Aspal Beton) atau bisa disebut AC (*Asphalt Concrete*), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan

beban lalu lintas yang cukup berat. Menurut (Direktorat Jendral Bina Marga, 1987 dalam Pedoman Teknik No. 13/PT/B/1987), laston adalah suatu lapisan konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dengan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar serta dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm. Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan ukuran maksimum agregat 19 mm. Tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan ukuran maksimum agregat 25,4 mm. Tebal nominal minimum AC-WC adalah 5 cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) dengan ukuran maksimum agregat 37,5 mm. Tebal nominal minimum AC-BC adalah 6 cm.

Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,0075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall 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 (Revisi 2))

3.3 Karakteristik Campuran Beraspal

Menurut (Sukirman, 1999) perancangan campuran bertujuan untuk mencapai sifat-sifat akhir campuran beraspal yang diinginkan, perancangan campuran beraspal mencakup proses memilih dan menentukan proporsi material. Sifat-sifat campuran beraspal yang akan dicapai berupa :

a. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan campuran beraspal untuk menerima atau menahan beban, baik beban bersifat statis maupun dinamis (lalu lintas) tanpa terjadi perubahan bentuk tetap.

b. Kelenturan (*Flexibility*)

Kemampuan merupakan kemampuan campuran beraspal untuk mengikuti deformasi yang diterima akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya keretakan.

c. Keawetan/Daya Tahan (*Durability*)

Daya tahan merupakan kemampuan campuran aspal untuk mempertahankan sifatnya dari pengaruh lingkungan (cuaca, perubahan suhu, air, beban lalu lintas dan gesekan kendaraan).

d. Kedap air (*Impermeability*)

Impermeabilitas merupakan kemampuan campuran aspal untuk mencegah air dan udara masuk kedalam perkerasan aspal. Impermeabilitas berhubungan dengan kandungan rongga pada campuran yang telah dipadatkan.

e. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Workability merupakan kemampuan campuran aspal untuk dikerjakan, dicampur, ditempatkan, dan dipadatkan dengan peralatan yang tepat tanpa mengalami kesulitan sampai mencapai tingkat pemadatan yang diinginkan.

f. Tahanan Geser atau Kesesatan (*Skid Resistance*)

Tahanan geser merupakan kemampuan campuran aspal padat untuk menahan gaya geser akibat gesekan. Dengan menggunakan agregat dengan permukaan kasar dengan sisi-sisi yang tajam dan menggunakan kadar aspal yang tidak berlebihan, ketahanan geser dapat ditingkatkan.

g. Pemadatan

Pemadatan merupakan suatu upaya untuk memperkecil nilai VIM, hingga memperoleh nilai strukturak yang diinginkan.

h. Temperatur

Temperatur campuran beraspal merupakan faktor yang mempengaruhi kepadatan karena temperature pada saat pemadatan mempengaruhi viskositas aspal. Tempertur pada saat pemadatan harus tinggi untuk dapat menjadi pelumas, apabila temperatur pada saat pemadatan rendah, maka kekentalan aspal menjadi tinggi dan membuat susah dipadatkan.

3.4 Material Penyusun Perkerasan

3.4.1 Aspal

Menurut (Mashuri, 2010) aspal adalah material yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana pada temperatur ruang berbentuk padat sampai semi padat. Jika temperatur tinggi aspal akan mencair dan pada saat temperatur menurun aspal akan kembali menjadi keras (padat) sehingga aspal merupakan material yang termoplastis. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (ASTM, 1994). Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003). Menurut (Sukiman, 1999) sifat-sifat aspal meliputi:

a. Memiliki daya tahan (*Durability*)

Merupakan kemampuan aspal dalam mempertahankan sifat asalnya yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca selama pemakaian jalan.

b. Kohesi dan Adhesi

Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusunnya sendiri, menghasilkan aspal dengan daktilitas tinggi, sedangkan adhesi adalah kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat dan mempertahankan agregat pada tempatnya setelah berikatan.

c. Viskoelastisitas aspal

Aspal memiliki sifat viskoelastis yang berubah tergantung pada suhu atau waktu pembebanan. Sifat viskoelastis aspal digunakan untuk menentukan suhu di mana aspal dapat dicampur dengan agregat untuk menghasilkan campuran yang

homogen, di mana aspal dapat masuk ke dalam pori-pori agregat untuk membentuk ikatan kohesi yang kuat, dan untuk menentukan suhu di mana pemadatan dapat dimulai dan dihentikan.

d. Kepekaan terhadap temperature

Kepekaan aspal terhadap temperatur adalah sensitivitas perubahan sifat viskoelastis aspal akibat perubahan temperatur, sifat ini dinyatakan sebagai indeks penetrasi aspal (IP).

e. Kekerasan aspal

Selama proses pelaksanaan terjadi oksidasi yang menyebabkan sifat viskositas aspal bertambah tinggi membuat aspal menjadi getas.

Pada umumnya, perkerasan jalan di Indonesia menggunakan bahan pengikat aspal dengan tipe gradasi rapat sehingga menghasilkan lapisan perkerasan yang kedap air dan tahan lama. Jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia adalah jenis aspal dengan penetrasi 60/70 atau 80/100, yang lebih cocok dengan iklim di Indonesia. Sedangkan untuk jalan di daerah beriklim dingin dengan volume lalu lintas rendah, jenis aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi tinggi 100/110.

3.4.2 Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan dengan nilai 90-95% berdasarkan persentase berat dan 75-95% berdasarkan persentase volume. Sifat agregat (gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya ikat aspal dengan agregat) merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca (Sukirman, 2003).

a. Agregat kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fraksi agregat kasar harus dibuat dari batu pecah mesin dan dalam ukuran nominal yang sesuai dengan jenis campuran yang ingin direncanakan. Agregat kasar ini

memastikan keamanan lalu lintas karena membuat perkerasan lebih stabil dan memiliki ketahanan terhadap slip yang tinggi.

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
		Magnesium Sulfat		Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi fan SMA	100 putaran	SNI 2417:2018	Maks. 6 %
		500 Putaran		Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8 %
		500 Putaran		Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90
		Lainnya		95/90
Partikel pipih dan lonjong		SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5 %
		Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos ayakan No. 200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

b. Agregat halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).

Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	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 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

3.4.3 Filler

Filler (Bahan Pengisi) merupakan bahan berbutir halus yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) digunakan untuk mengisi lapisan aspal. *Filler* yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya dan harus bebas dari bahan

yang tidak dikehendaki dan tidak menggumpal (Bina Marga 2018). Beberapa bahan pengisi yang bisa digunakan berupa debu batu kapur, debu kapur padam, abu vulkanik, serbuk marmer dan lain-lain.

3.5 Serbuk Marmer

Marmer atau pualam merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau perubahan dari batu gamping. Marmer banyak digunakan untuk bangunan, seperti ubin, dinding, dekorasi dan perabot rumah tangga (Zulkifli et al., 2010). Serbuk marmer merupakan limbah yang berupa pecahan halus batu marmer yang dihasilkan dari proses pemotongan marmer menggunakan alat (*Wire sawing*), hasil pemotongannya berupa bongkahan batu. Batu marmer yang masih berupa bongkahan kemudian dipotong dengan mesin (*block cutting*) sesuai ukuran yang diinginkan. Selanjutnya marmer tersebut melalui proses pemolesan, pengeringan dan pemotongan akhir. Serbuk marmer yang tidak dikelola dengan baik bisa mencemari lingkungan dan partikel udara halus yang berasal dari pengolahan limbah ini bahkan dapat menyebabkan masalah kulit, dan pernapasan.

Karakteristik limbah marmer yaitu memiliki sifat fisik berwarna putih; memiliki berat jenis 3,16; lolos ayakan no. 200 (0,075 mm); dan memiliki kehalusan butiran 300 m²/kg (Demirel et al., 2018). Jika dicampur dengan air, maka serbuk marmer akan mengalami pengerasan sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengisi.

Tabel 3.4 Kandungan Serbuk Marmer

Unsur Kimia	Kandungan
Kalsium Oksida, CaO	52,69 %
Kalsium Karbonat, CaCO ₃	41,92 %
Magnesium Oksida, MgO	0,84 %
Magnesium Karbonat, MgCO ₃	1,76 %
Silika, SiO ₂	1,62 %
Alumunium Oksida, Al ₂ O ₃	0,37 %

(Sumber : Utomo et al, 2021)

3.6 Penuaan Aspal

Proses penuaan menjadikan perkerasan lapis aspal beton mengalami penurunan kualitas. Penuaan aspal adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal memiliki korelasi yang signifikan dengan

keawetan campuran beraspal (Brown dan Scholz, 2000). Penuaan ini disebabkan oleh dua komponen utama: oksidasi dan penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal (Bell et Al., 1994).

Penuaan aspal terjadi dalam 2 jenis, yaitu penuaan jangka pendek (*Short Term Oven Aging*, STOA) dan penuaan jangka panjang (*Long Term Oven Aging*, LTOA). Simulasi STOA dilakukan untuk mengetahui penuaan campuran aspal pada saat proses pembuatan campuran aspal di unit pencampuran aspal (AMP), selama pengangkutan dan penghamparan di lapangan. Penuaan jangka pendek disebabkan oleh paparan lingkungan seperti sinar matahari, oksigen, dan kelembaban. Pada tahap ini, aspal mengalami perubahan sifat fisik dan kimia yang dapat mempengaruhi kinerja campuran aspal. Untuk menentukan penuaan jangka pendek, campuran beraspal yang melewati proses penyimpanan/pengovenan pada suhu 135 °C selama 4 jam akan meningkatkan kekakuan sebesar 9-24% dari pada campuran yang langsung dipadatkan tanpa proses penyimpanan (Brown dan Scholz, 2000).

Simulasi LTOA ini dilakukan untuk mengetahui penuaan campuran aspal selama masa pelayanan.. Penuaan jangka panjang disebabkan oleh kombinasi faktor lingkungan dan beban lalu lintas yang berulang-ulang. Pada tahap ini, aspal mengalami penurunan kekuatan dan kekakuan yang dapat menyebabkan kerusakan pada perkerasan jalan. Pengujian penuaan jangka panjang (*Long term oven aging*, LTOA), dilakukan pengovenan pada suhu 85°C selama 120 jam setelah dilakukan pemadatan. Pengujian pada suhu 85°C selama 120 jam mewakili umur campuran selama 10 tahun di lapangan (Mashuri, 2020).

3.7 Metode Marshall

Dalam pengujian Marshall terdapat parameter Marshall yang menjadi persyaratan pengujian lapisan perkerasan. Parameter Marshall tersebut meliputi nilai:

a. Stabilitas *Marshall*

Kemampuan campuran aspal untuk menahan kerusakan atau perubahan (deformasi) yang disebabkan oleh beban yang bekerja tanpa mengalami kerusakan permanen dikenal sebagai stabilitas. Stabilitas dipengaruhi oleh

bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal dalam campuran.

$$S = P \times \text{Angka Korelasi} \times r \quad (3.1)$$

Keterangan:

S = Stabilitas

P = Kalibrasi Proving Ring

r = Nilai Pembacaan Arloji Stabilitas

b. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas, gradasi agregat jumlah, dan suhu pemadatan. Campuran dengan *flow* rendah dan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas, sementara campuran dengan *flow* tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk ketika beban lalu lintas meningkat.

c. MQ

MQ merupakan hasil bagi dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Semakin tinggi nilai MQ maka perkerasan akan mudah retak akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Sebaliknya, nilai MQ yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel yang mengakibatkan lapis keras akan mudah berubah bentuk bila menahan beban lalu lintas.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (3.2)$$

Keterangan:

MQ = Nilai kekakuan (kg/mm)

S = Nilai stabilitas (kg)

F = Nilai *flow* (mm)

d. Rongga Antar Agregat (VMA)

VMA (*void in mineral aggregate*) merupakan kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gse} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Gse = Berat jenis curah agregat

Gmb = Berat jenis campuran padat (AASHTO T-166)

Ps = Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran

e. Rongga Udara di dalam Campuran (VIM)

VIM (*void in the mix*) merupakan persentase rongga udara yang terdapat dalam total campuran.

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad (3.4)$$

Keterangan:

Gmm = Berat jenis maksimum campuran

Gmb = Berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)

f. Rongga Terisi Aspal (VFA)

VFA (*void filled with asphalt*) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan.

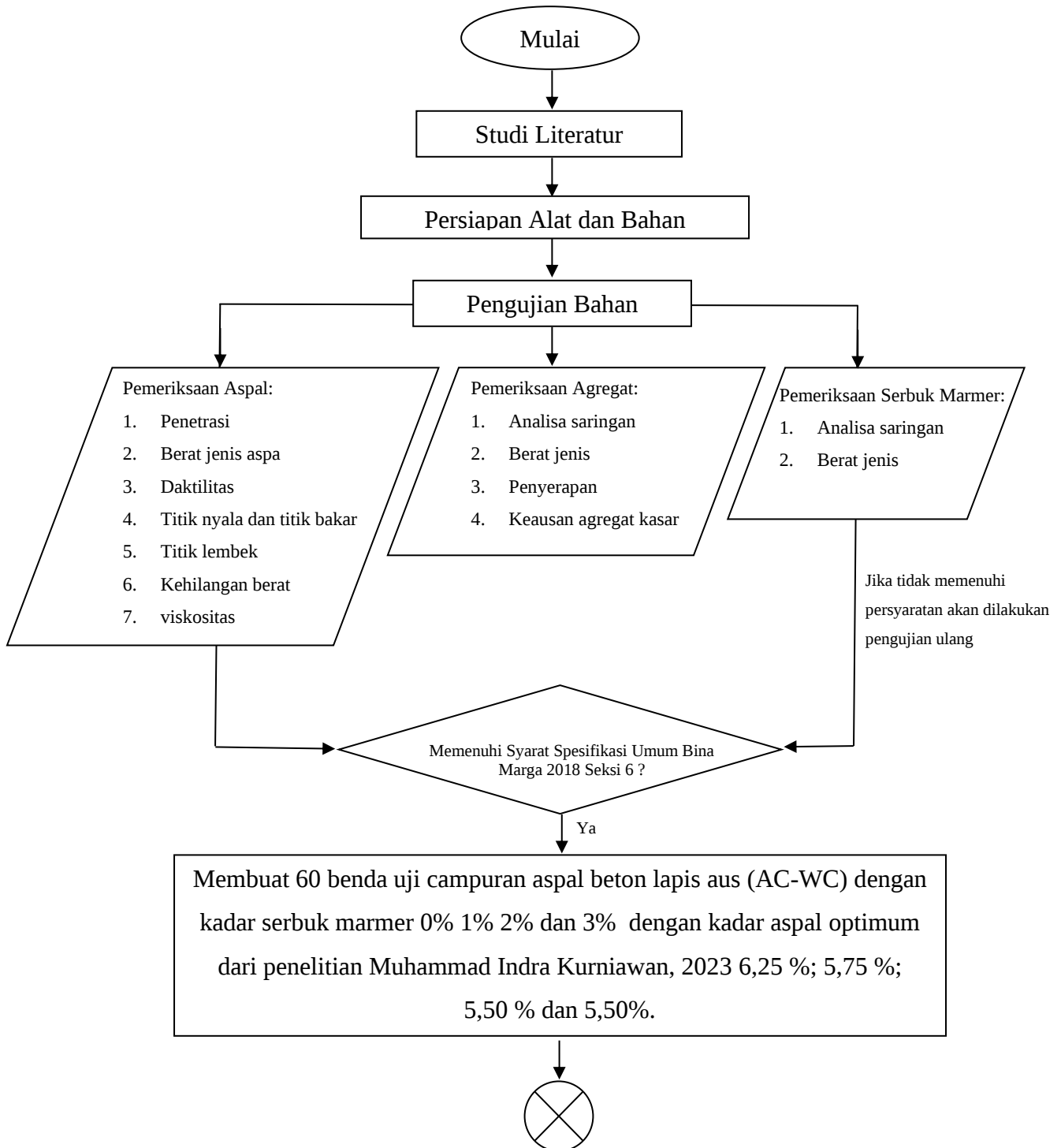
$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (3.5)$$

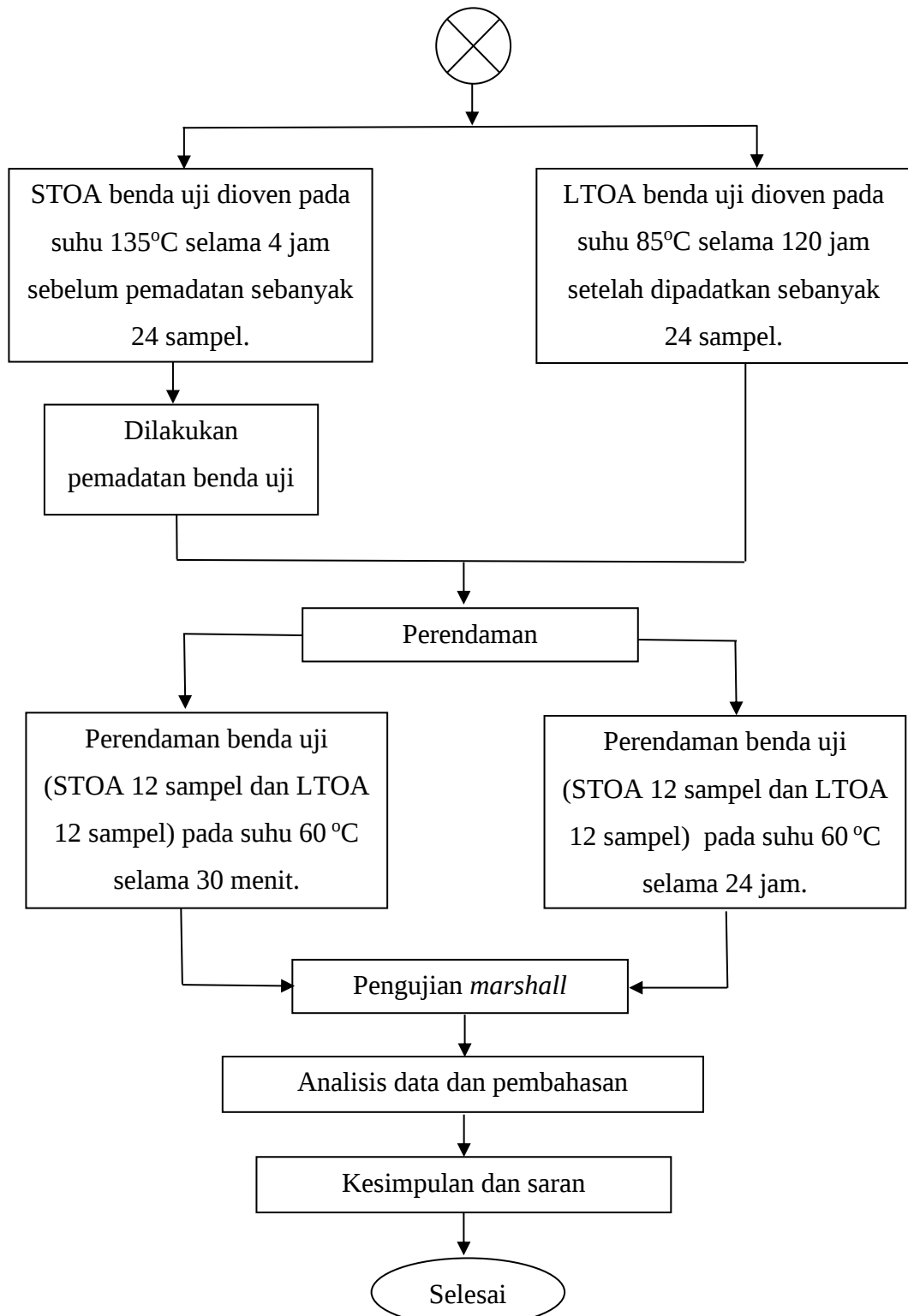
BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Prosedur Penelitian

Tahapan dalam melakukan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian berikut.





Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

4.1.1 Studi Literatur

Penelitian ini melanjutkan dari penelitian terdahulu (M. Indra Kurniawan, 2023) yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Pengganti *Filler* Pada Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)”. Penelitian tersebut menggunakan persentase serbuk marmer 0 %, 1 %, 2 %, dan 3 % (sesuai ketentuan) dan didapatkan nilai KAO sebesar 6,25 %; 5,75 %; 5,50 % dan 5,50%.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Proporsi Ideal Penambahan Serbuk Marmer Dengan Kadar Aspal Optimum

Kadar Serbuk Marmer	Kadar Aspal Optimum	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ	Stabilitas Marshall Sisa
		3 - 5	Min. 15	Min. 65	Min. 800	2 - 4	Min. 250	
0 %	6,25	4,11	17,83	76,98	988,47	2,48	398,45	950,117
1 %	5,75	4,08	16,79	75,98	1098,30	2,55	430,66	1044,247
2 %	5,50	4,02	16,23	75,23	1192,44	2,52	473,18	1127,937
3 %	5,50	3,92	16,14	75,80	1072,15	2,46	435,80	1023,337

(Sumber : Muhammad Indra Kurniawan, 2023)

4.1.2 Persiapan aspal

a. Penetrasi

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk menentukan kekasaran relatif atau fisik aspal. Nilai penetrasi aspal didapatkan dengan memasukkan jarum dengan beban 100 gram pada suhu 25°C, waktu pengujian selama 5 detik.

b. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis aspal menggunakan piknometer.

c. Daktilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai daktilitas (keelastisitan) aspal dari mengukur jarak terpanjang suatu aspal yang ditarik menggunakan alat daktilitas pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

d. Titik Nyala dan Titik Bakar

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besaran suhu dimana api menyala di atas aspal kurang dari 5 detik untuk nilai titik nyala dan api menyala di atas aspal lebih dari 5 detik untuk nilai titik bakar.

e. Titik Lembek

Titik lembek aspal, merupakan angka yang menunjukkan suhu (temperatur) ketika aspal menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin akibat dari kecepatan pemanasan. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan besaran suhu titik lembek aspal dengan menggunakan cara *ring and ball*.

f. Kehilangan Berat

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan nilai berat jenis aspal padat atau keras menggunakan piknometer. Nilai ini dihitung dengan rumus berat jenis yang ditemukan dari hasil pengujian.

g. Kekentalan Aspal/Viskositas

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kekentalan aspal pada suhu pencampuran dan pemadatan, sehingga aspal dapat bekerja dengan lebih efektif.

Tabel 4.2 Standar Pengujian Aspal

No.	Pengujian	Standar Uji	Spesifikasi
1	Penetrasi	SNI 2456:2011	60 – 70
2	Berat Jenis Aspal	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$
3	Daktilitas	SNI 2432:2011	≥ 100
4	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI 2433:2011	≥ 232
5	Titik Lembek	SNI 2434:2011	≥ 48
6	Kehilangan Berat	SNI 06:2440:1991	$\leq 0,8$
7	Viskositas	SNI 7729:2011	Maks. 3,00

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

4.1.3 Persiapan Agregat

a. Analisa Saringan

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui persentase gradasi (pembagian) butiran agregat kasar dan agregat halus.

b. Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air.

c. Uji Keausan Agregat Kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles Abrasion* (LAA) dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen.

Tabel 4.3 Standar Pengujian Agregat Kasar

No.	Pengujian	Standar Uji	Spesifikasi
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012	6 – 7,1
2	Berat Jenis Agregat Kasar - Bulk - SSD - Semu	SNI 1969:2016	- 2,53 - 2,54 - 2,62
3	Penyerapan Air Agregat Kasar	SNI 1969:2008	1,37 %
4	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks. 40 %

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

Tabel 4.4 Standar Pengujian Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar Uji	Spesifikasi
1	Analisa Saringan	ASTM C136-2012	1,50 – 3,8
2	Berat Jenis	SNI 1970:2016	Min. 2,55
3	Penyerapan Air Agregat	SNI 1970:2008	Maks. 4,1 %
4	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks. 40 %

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

4.1.4 Perencanaan Gradasi Agregat

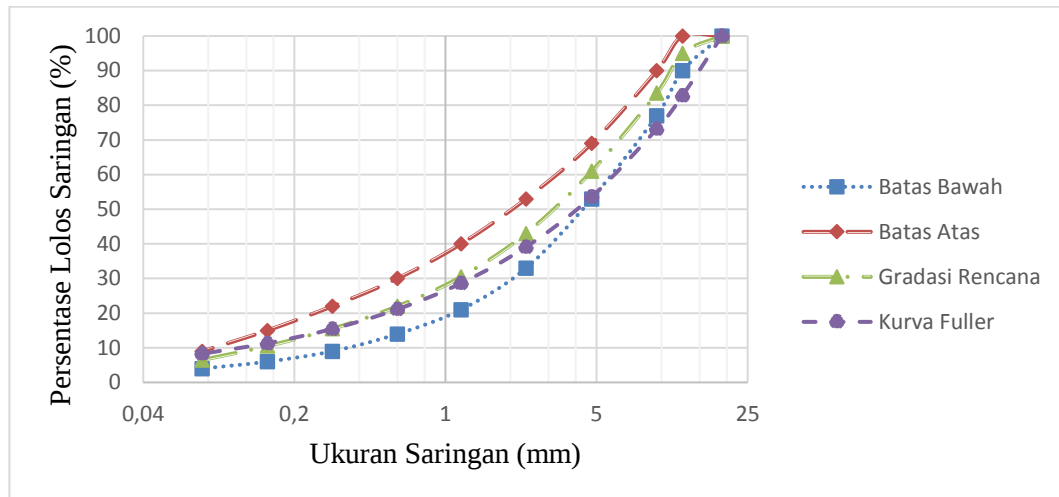
Perencanaan gradasi agregat harus memenuhi batas-batas pada Tabel 4.5. Penelitian ini menggunakan gradasi agregat untuk campuran beraspal lapis aus (AC-WC).

Tabel 4.5 Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Laston

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
11/2"	37,5			100
1"	25		100	90 – 100
3/4"	19	100	90 – 100	76 – 90
1/2"	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 (Revisi 2))



Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Campuran AC-WC

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

4.1.5 Persiapan Serbuk Marmer

Bahan Pengisi yang digunakan merupakan limbah serbuk marmer. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan dan harus lolos ayakan No. 200 (75 mikron). Bahan pengisi yang ditambahkan harus dalam rentang 1% sampai dengan 3 % (Bina Marga, 2018). Persentase serbuk marmer yang digunakan yaitu sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap berat total agregat. Tahapannya sebagai berikut:

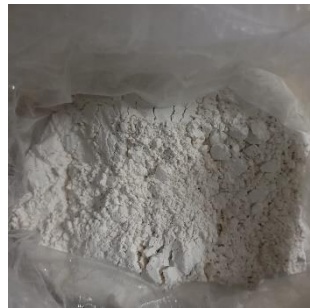
- Limbah serbuk marmer didapatkan dari pengolahan batuan (blok) marmer menjadi ubin hingga menghasilkan limbah marmer yang berbentuk bubuk melalui beberapa tahapan. Meliputi *cutting block* untuk memotong blok marmer menjadi slab. Kemudian melakukan *cross cutting* dengan memotong bagian ujung slab marmer tersebut. Setelah itu melakukan *calibrating* yaitu pemotongan untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan dan terakhir di poles. Proses-proses tersebut menghasilkan limbah serbuk dan limbah potongan marmer.

- b. Serbuk marmer dimasukkan kedalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$. Setelah itu dikeluarkan dari oven dan diamkan hingga dingin.
- c. Benda uji disaring menggunakan saringan No. 200.
- d. Dilakukan pengujian berat jenis dan kadar lumpurnya.

Tabel 4.5 Standar Pengujian *Filler*

No.	Pengujian	Standar Uji	Spesifikasi
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012	Min. 75% terhadap beratnya.
2	Berat Jenis	SNI 03-4145-1996	2,25 – 2,7 gr/ml

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))



Gambar 4.3 Serbuk Marmer

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2024)

4.1.6 Metode Pembuatan Benda Uji

a. Penuaan Jangka Pendek (STOA)

Untuk pengujian STOA, benda uji akan dipanaskan selama 4 jam menggunakan oven dengan suhu 135°C sebelum pemadatan. Campuran diaduk dan dibalik satu jam sekali untuk memastikan seluruh campuran rata terkena panas dalam oven. Setelah dikeluarkan, campuran dibawa ke suhu pemadatan kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat pemadatan sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisinya (atas dan bawah). Setelah proses oven, pemadatan dan perendaman, dilakukan pengujian *marshall* terhadap benda uji.

b. Penuaan Jangka Panjang (LTOA)

Untuk benda uji LTOA, benda uji dibawa ke suhu pemadatan kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat pemadatan sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisinya (atas dan bawah). Kemudian campuran dipanaskan selama 120 jam

dalam oven pada suhu 85°C. Setelah proses pemadatan, oven dan perendaman, dilakukan pengujian *marshall* terhadap benda uji.

c. Proses pencampuran benda uji

- 1) Menyiapkan bahan yang sudah dilakukan pemeriksaan untuk setiap benda uji yang diperlukan.
- 2) Memanaskan agregat kasar, agregat halus dan *filler* serbuk marmer kemudian mengaduknya di penggorengan pencampur hingga suhu mencapai 165°C.
- 3) Memanaskan aspal secara terpisah hingga mencapai suhu 150°C dalam panci aspal dan mengaduknya secara konsisten, agar aspal tidak menggumpal atau campuran tidak menjadi homogen.
- 4) Meletakkan agregat kasar, agregat halus dan *filler* serbuk marmer yang sudah mencapai suhu 165°C pada timbangan dalam keadaan panas, kemudian menuangkan aspal yang telah dipanaskan pada suhu 150°C sebanyak kadar aspal yang dibutuhkan.
- 5) Mengaduk campuran tersebut dengan cepat sampai seluruh permukaan agregat terselimuti aspal secara merata. Suhu harus tetap 155°C selama pengadukan.

Tabel 4.6 Total Jumlah Benda Uji

Kadar Serbuk Marmer (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Benda Uji				
		<i>Marshall Test</i>	<i>Marshall Test</i>		<i>Marshall Rendaman</i>	
		Standar	STOA	LTOA	STOA	LTOA
0	6,25	3	3	3	3	3
1	5,75	3	3	3	3	3
2	5,50	3	3	3	3	3
3	5,50	3	3	3	3	3
Jumlah		60				

(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

d. Pengujian *Marshall*

Pengujian *marshall* dilakukan berdasarkan prosedur pada SNI 06-2489- 1991 atau AASHTO T245-90 yaitu dengan meletakkan benda uji ke dalam segmen bawah, waktu yang diperlukan dari saat diangkat benda uji dari bak perendaman

maksimum tidak boleh melebihi 30 detik. Selanjutnya, benda uji dibebani dengan kecepatan sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh alat pencatat, kemudian mencatat *flow* dan stabilitas yang tertera pada alat.

4.2 Bahan atau materi

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian meliputi:

- a. Aspal penetrasi 60/70.
- b. Agregat kasar.
- c. Agregat halus.
- d. *Filler* Abu batu.
- e. *Filler* serbuk marmer.

4.3 Alat atau Instrumen

- a. Alat-alat yang digunakan pada pengujian aspal, meliputi: alat uji penetrasi, titik nyala dan bakar, titik lembek, daktilitas, berat jenis, kehilangan berat dan viskositas.
- b. Alat-alat yang digunakan pada pengujian agregat kasar dan halus, meliputi: satu set saringan (*sieve*), mesin *los angeles*, dan alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, dan pemanas).
- c. Alat-alat yang digunakan pada pengujian Laston (Metode *Marshall*), meliputi:
 - 1) Alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm lengkap dengan pelat atas dan leher sambung.
 - 2) Alat penumbuk manual yang mempunyai permukaan tumbukan rata berbentuk silinder yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 75 kali tumbukan atas dan bawah.
 - 3) Alat pendorong benda uji, dongkrak hidrolik (*extruder*), untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan.
 - 4) Alat uji tekan *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung, cincin penguji (*proving ring*) dengan kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg, dan arloji pengukur *flow* dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya.

- 5) Alat lainnya, meliputi: oven, bak perendam dengan pengatur suhu, timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji, mistar atau jangka sorong, pengukur suhu dari logam, penggorengan pencampur, kompor pemanas, sendok pengaduk/spatula, sarung tangan anti panas, kain lap, dan spidol untuk menandai benda uji.

4.4 Variabel Penelitian

Penelitian berikut termasuk kepada jenis variabel penelitian kuantitatif. Dalam penelitian ini digunakan dua variabel, yaitu *filler* serbuk marmer dan pengujian STOA dan LTOA sebagai variabel bebas dan karakteristik *marshall* sebagai variabel terikat. Dengan penggunaan *filler* serbuk marmer pada lapisan aspal beton lapis aus (AC-WC) dan juga dilakukannya pengujian STOA dan LTOA pada benda uji menyebabkan terpengaruhnya data karakteristik *marshall* yang didapatkan.

4.5 Analisa Data

Dari data hasil penelitian di laboratorium dihitung karakteristik campuran aspal yang terdiri dari Stabilitas, *Flow*, *Void in Mixture* (VIM), *Void in Mineral Aggregates* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), dan *MQ* yang kemudian di analisis hubungan penuaan aspal terhadap hasil pengujian *Marshall Test*.

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Material

Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa berupa pemeriksaan agregat, *filler* dan aspal dengan menggunakan alat-alat laboratorium yang sesuai dengan masing-masing jenis pengujian.

5.1.1 Analisis Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus dan abu batu. Pengujian agregat yang dilakukan meliputi berat jenis dan penyerapan agregat, dan keausan agregat (*los angeles*). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1, Tabel 5.2 dan Tabel 5.3.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian		I	II	III	Rata-rata
Berat Jenis Agregat Kasar	<i>Bulk</i>	2,61	2,50	2,58	2,57
	<i>SSD</i>	2,66	2,55	2,64	2,62
	(<i>Apparent</i>) Semu	2,77	2,63	2,73	2,71
	Penyerapan	2,21	1,89	2,06	2,06

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian berat jenis agregat kasar dengan standar uji SNI 1969:2016 dilakukan sebanyak 3 kali agar dapat mewakili nilai yang didapatkan. Dari hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.1, agregat kasar sudah memenuhi spesifikasi berat jenis yang disyaratkan, yaitu min. 2,5 gr/cm³. Berat jenis yang terlalu kecil akan membuat rongga dalam campuran membesar yang berpengaruh pada nilai VIM.

b. Pengujian Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian penyerapan agregat kasar dengan standar uji SNI 1969:2016 dilakukan sebanyak 3 kali. Pada Tabel 5.1 ditunjukkan bahwa hasil nilai penyerapan sebesar 2,06% yang dimana sudah sesuai spesifikasi yaitu max. 3%.

Jika agregat memiliki nilai penyerapan yang besar, hal ini akan menyebabkan aspal yang digunakan dalam campuran harus lebih banyak.



Gambar 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

c. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar

LAA Agregat Alam				
Gradasi Pemeriksaan		Batu Pecah		
Saringan		Hasil Pengujian		
Lewat	Tertahan	Berat sebelum, a (g)		
$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	2500	2500	2500
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	2500	2500	2500
Jumlah berat		5000	5000	5000
Berat sesudah, b (g)		3977,5	3568	3867
a-b		1022,5	1432	1133
LAA Agregat Alam				
Keausan (%)		20,45	28,64	22,66
Keausan rata-rata (%)		23,92		

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Pengujian keausan agregat kasar dengan standar uji SNI 2417:2008 dilakukan sebanyak 3 kali menggunakan Mesin *Los Angeles*, bertujuan untuk mengetahui daya tahan agregat kasar dalam proses pembuatan jalan, penimbunan, penghamparan dan pemadatan. Pada Tabel 5.2 ditunjukkan bahwa hasil nilai keausan agregat sebesar 23,92 % dan sudah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu maksimal 40% .



Gambar 5.2 Pengujian Keausan Agregat Kasar
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian		I	II	III	Rata-rata
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	<i>Bulk</i>	2,61	2,58	2,54	2,58
	<i>SSD</i>	2,68	2,67	2,64	2,66
	(<i>Apparent</i>) Semu	2,81	2,83	2,82	2,82
	Penyerapan	2,77	3,52	3,38	3,38

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian berat jenis agregat halus dengan standar uji SNI 1969:2016 dilakukan sebanyak 3 kali. Dari hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.3, agregat halus sudah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, yaitu minimal $2,5 \text{ gr/cm}^3$.

b. Pengujian Penyerapan Agregat Halus

Pengujian penyerapan agregat Halus dengan standar uji SNI 1969:2016 dilakukan sebanyak 3 kali. Pada Tabel 5.3 ditunjukkan bahwa rata-rata nilai penyerapan sebesar 3,38% dan sudah sesuai dengan syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, yaitu maksimal 4.1%.



Gambar 5.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

5.1.2 Analisis Karakteristik Serbuk Marmer

Serbuk marmer yang digunakan pada penelitian ini merupakan limbah serbuk batu marmer yang didapatkan dari Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur. *Filler* yang digunakan yaitu haruslah lolos saringan no. 200 dan sudah diuji berat jenisnya.

Tabel 5.4 Kandungan Serbuk Marmer

Unsur Kimia	Kandungan
Kalsium Oksida, CaO	52,69 %
Kalsium Karbonat, CaCO ₃	41,92 %
Magnesium Oksida, MgO	0,84 %
Magnesium Karbonat, MgCO ₃	1,76 %
Silika, SiO ₂	1,62 %
Alumunium Oksida, Al ₂ O ₃	0,37 %

(Sumber : Utomo et al, 2021)

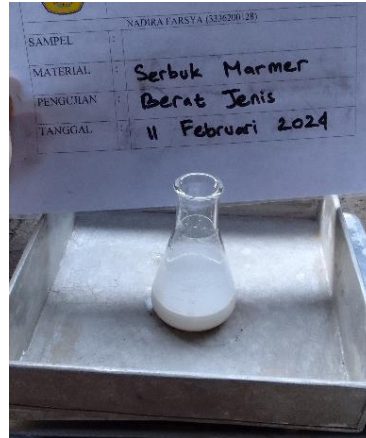
Berdasarkan (Utomo et al, 2021) diketahui bahwa serbuk marmer tersusun atas kandungan CaO sebanyak 52,69% yang sama seperti bahan dasar penyusun semen portland, sehingga marmer dapat berfungsi untuk menambah distribusi pengikatan dalam campuran beton. Menurut Ferriyal (2005), limbah serbuk marmer yang selain berfungsi untuk menambah distribusi pengikatan, juga sebagai bahan pengisi yang cukup baik dalam mengisi rongga – rongga campuran. CaO (Kalsium Oksida) memiliki suhu leleh yang tinggi yang dapat mentolelir suhu ekstrim.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Karakteristik serbuk Marmer

Keterangan	I	II	III	Rata-Rata	
Berat Piknometer (W1)	72,5	72,5	72,5	72,5	Gram
Berat Piknometer + air (25 ⁰ C) (W2)	219	219,5	219	219,166	Gram
Berat Piknometer + benda uji (W3)	97	98	97,5	97,5	Gram
Berat Piknometer + benda uji + air (W4)	234,5	235	235	234,833	Gram
Berat jenis Serbuk Marmer	2,722	2,55	2,777	2,678	gram/ml

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Pengujian berat jenis serbuk marmer dilakukan menggunakan serbuk marmer yang sudah lolos saringan no. 200 berdasarkan SNI 1970-2016. Berdasarkan Tabel 5.5 diketahui bahwa nilai berat jenis filler serbuk marmer sebesar 2,67.



Gambar 5.4 Pengujian Berat Jenis Serbuk Marmer
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

5.1.3 Analisis Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70. Pengujian aspal yang dilakukan meliputi penetrasi, titik nyala dan bakar, titik lembek, daktilitas, berat jenis, kehilangan berat dan viskositas.

a. Pengujian Penetrasi

Tabel 5.6 Pengujian Penertrasi

Penetrasi pada suhu 25 °C Beban 100 gram selama 5 detik	I	II	III
Pengamatan I	65	70	66
Pengamatan II	70	67	63
Pengamatan III	67	68	64
Pengamatan IV	66	64	68
Pengamatan V	62	63	63
Pengamatan VI	66	63	62
Rata-Rata	66	65,8	64,3
Rata-Rata	65,4		

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal, semakin tinggi nilai penetrasi maka aspal tersebut semakin lunak dan semakin kecil nilai penetrasi maka semakin keras aspal. Nilai penetrasi aspal didapatkan dengan memasukkan jarum dengan beban 100 gram pada suhu 25°C, waktu pengujian selama 5 detik. Semakin tinggi suhu semakin rendah nilai penetrasi aspal, sehingga aspal menjadi lebih keras. Pada Tabel 5.6 diketahui

bahwa nilai hasil pengujian penetrasi yang didapatkan sebesar 65,4, sudah memenuhi ketentuan pada SNI 2456-2011 yaitu sebesar 60 – 70 dan cocok digunakan pada perkerasan jalan di Indonesia yang memiliki iklim tropis, karakteristik penetrasi yang baik akan membantu aspal dalam menyesuaikan diri dengan suhu yang lebih tinggi.



Gambar 5.5 Pengujian Penetrasi Aspal
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

b. Pengujian Berat Jenis Aspal

Tabel 5.7 Pengujian Berat Jenis

Keterangan	Hasil	Satuan
Berat piknometer (W1)	34,5	Gram
Berat piknometer + Air (W2)	135,5	Gram
Berat piknometer + Benda uji (W3)	126	Gram
Berat piknometer + benda uji + Air (W4)	142,5	Gram
BJ Aspal	1,083	Gram

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Pengujian berat jenis aspal dilakukan berdasarkan SNI 2441-2011. Pada Tabel 5.7 diketahui hasil nilai berat jenis aspal sebesar 1,083 dimana sudah sesuai spesifikasi yaitu batas minimum 1, dapat disimpulkan bahwa aspal yang digunakan memiliki kandungan partikel dan minyak yang sedikit sehingga memiliki kualitas yang baik.



Gambar 5.6 Pengujian Berat Jenis Aspal
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

c. Pengujian Daktilitas

Tabel 5.8 Pengujian Daktilitas

Daktilitas Pada 25°C, 5 cm/menit	Panjang pengujian (cm)
I	100
II	120
III	105
Rata-rata	108,3

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Suhu yang lebih tinggi dapat mengurangi nilai daktilitas aspal, sehingga aspal menjadi lebih keras. Semakin tinggi nilai daktilitas aspal menandakan aspal semakin lentur, sehingga baik digunakan sebagai bahan ikat perkerasan. Pada Tabel 5.8 pengujian daktilitas yang dilakukan mendapatkan hasil sebesar 108,3 cm yang mana sudah memenuhi syarat minimal 100 cm. Hal tersebut menandakan aspal yang digunakan memiliki kelenturan yang baik.



Gambar 5.7 Pengujian Daktilitas Aspal

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

d. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Tabel 5.9 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik	Waktu	Suhu
Nyala	4 menit 20 detik	350 °C
Bakar	5 menit 54 detik	390 °C

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Pada Tabel 5.9 diperoleh nilai titik nyala, saat api menyala di atas aspal kurang dari 5 detik, pada suhu 350 °C dalam waktu 4 menit 20 detik. Sedangkan nilai titik bakar, saat api menyala di atas aspal lebih dari 5 detik, terjadi ketika suhu

aspal 390 °C dalam waktu 5 menit 54 detik. Dari data tersebut disimpulkan bahwa aspal memiliki ketahanan yang baik terhadap resiko kebakaran karena sudah memenuhi syarat yaitu minimal 232 °C.



Gambar 5.8 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

e. Pengujian Titik Lembek

Tabel 5.10 Pengujian Titik Lembek

Titik Lembek (°C)	Titik Lembek (°C)
50	53

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Pada pengujian titik lembek didapatkan hasil 50 °C.dan 53 °C. Aspal yang digunakan baik untuk campuran aspal karena sudah sesuai dengan standar SNI 2434-201 yaitu minimal 48 °C, semakin tinggi nilai titik lembek aspal menandakan bahwa aspal tidak mudah mengalami perubahan bentuk.



Gambar 5.9 Pengujian Titik Lembek
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

f. Pengujian Kehilangan Berat

Table 5.11 Pengujian Kehilangan Berat

Keterangan	I	II	III
Berat cawan + aspal keras (g)	62	62	62
Berat cawan kosong (g)	11,5	11,5	11,5
Berat aspal keras (g)	50,5	50,5	50,5
Berat sebelum pemanasan (g)	62	62	62
Berat sesudah pemanasan (g)	61,5	61,7	61,65
Berat endapan (g)	0,5	0,3	0,35
Kehilangan berat aspal (%)	0,81%	0,48%	0,56%
Rata-Rata	0,62%		

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Pada pengujian kehilangan berat didapatkan hasil 0,062%. Hasil sudah sesuai dengan syarat yaitu maksimum 0,8%, hal itu menandakan bahwa aspal dapat bertahan terhadap suhu dan cuaca.



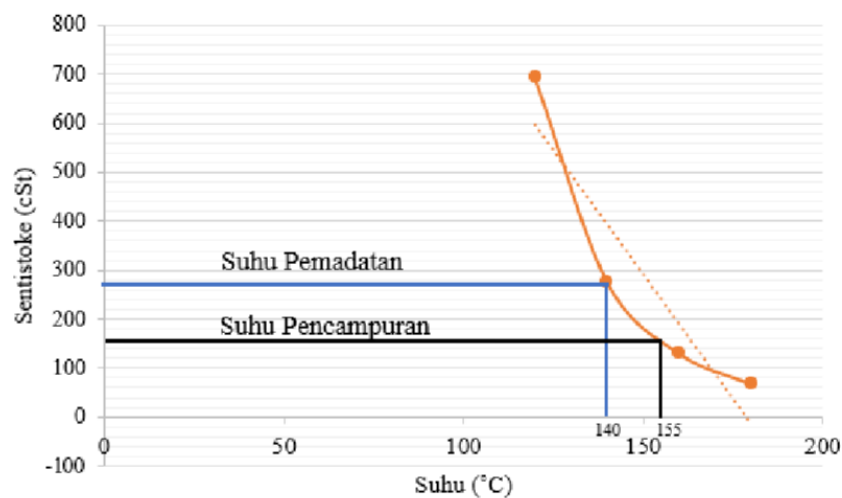
Gambar 5.10 Pengujian Kehilangan Berat
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

g. Pengujian Viskositas

Tabel 5.12 Pengujian Viskositas

Viskositas	Suhu	Waktu	cSt
Pengamatan 1	120	328	694
Pengamatan 2	140	132	276,818
Pengamatan 3	160	63	130,333
Pengamatan 4	180	34	67,1667

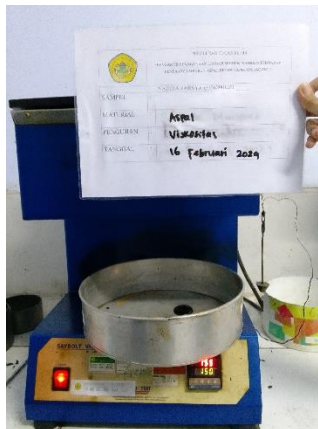
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)



Gambar 5.11 Grafik Hasil Pengujian Viskositas

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Berdasarkan grafik di atas pada pengujian viskositas suhu pada pencampuran diambil pada 170 cSt dan didapatkan pada suhu 155°C dan suhu pada Pemadatan diambil pada 280 cSt didapatkan pada suhu 140 °C. Hasil tersebut sudah sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.



Gambar 5.12 Grafik Hasil Pengujian Viskositas

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

- h. Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik aspal yang digunakan pada penelitian.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Aspal

No	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi		Metode Pengujian
			Min.	Maks.	
1	Penetrasi	65,4	60	70	SNI 2456-2011
2	Berat Jenis Aspal	1,083	1 gr	-	SNI 2441-2011
3	Daktilitas	108 cm	100	-	SNI 2432-2011

4	Titik Nyala	350 °C	232	-	SNI 2433-2011
5	Titik Bakar	390 °C	232	-	SNI 2433-2011
6	Titik Lembek	50 °C dan 53 °C	48	-	SNI 2434-2011
7	Kehilangan Berat	0,62 %	-	0,8	SNI 2440-1991
8	Viskositas	140 - 155	-	-	SNI 7729-2011

(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

5.2 Rencana Campuran Aspal Beton

Rencana campuran perlu dibuat untuk menentukan proporsi dari agregat dan aspal yang akan digunakan dalam campuran aspal beton. Proporsi agregat dalam campuran aspal beton yang digunakan harus memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

5.2.1 Proporsi Agregat Campuran Aspal Beton

Menentukan gradasi yang akan digunakan. Hasil dari rencana campuran ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.13 yang ada batasan-batasan pada jenis campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) dari variasi ukuran butir agregat berdasarkan nilai titik tengah dari spesifikasi yang digunakan agar mendapatkan nilai campuran yang ideal. Campuran dengan gradasi batas atas akan membuat campuran lebih padat karena gradasi atas memiliki fraksi agregat halus lebih banyak, sedangkan campuran dengan gradasi batas bawah akan membuat campuran memiliki banyak rongga dikarenakan gradasi batas bawah memiliki fraksi agregat kasar lebih banyak. Campuran dengan gradasi tengah membantu campuran untuk mencapai kepadatan optimal dan memberikan keseimbangan antara kekakuan dan fleksibilitas campuran (Indira, 2017).

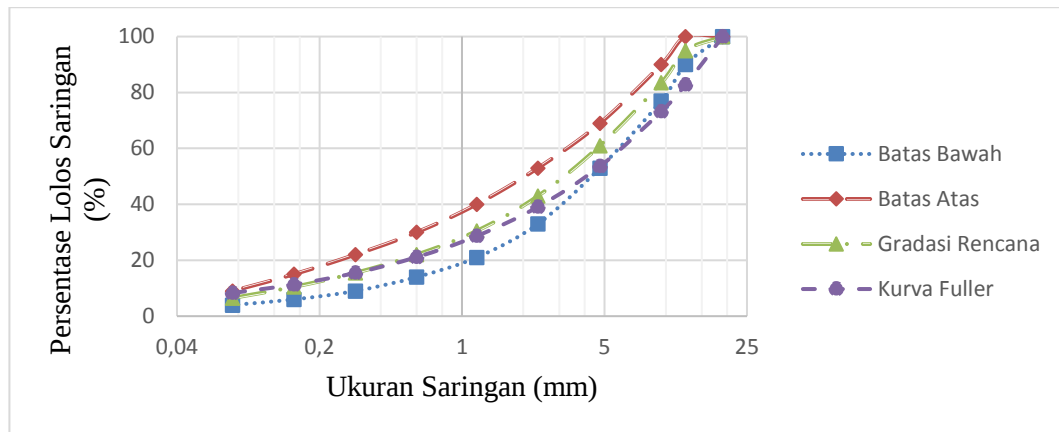
Tabel 5.14 Presentase Lolos Gradasi Campuran

Ukuran Ayakan		Batas Bawah	Batas Tengah	Batas Atas	Persentase Digunakan
3/4"	19	100	100	100	0
1/2"	12,5	90	95	100	5
3/8"	9,5	77	83,5	90	11,5
No. 4	4,75	53	61	69	22,5
No. 8	2,36	33	43	53	18
No. 16	1,18	21	30,5	40	12,5
No. 30	0,600	14	22	30	8,5
No. 50	0,300	9	15,5	22	6,5
No. 100	0,150	6	10,5	15	5

Ukuran Ayakan		Batas Bawah	Batas Tengah	Batas Atas	Persentase Digunakan
No. 200	0,075	4	6,5	9	4
Pan					6,5

(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Dari hasil persentase gradasi rencana campuran aspal didapatkan data yang akan dipakai untuk menentukan hasil proporsi campuran yang akan dibuat untuk campuran aspal beton lapis aus (AC-WC).



Gambar 5.13 Grafik Gradasi Rencana Campuran Aspal Beton
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

5.2.2 Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum (KAO) merupakan kadar aspal dalam campuran yang memberikan kinerja yang optimal. KAO pada penelitian ini didapatkan dari penelitian sebelumnya (M Indra Kurniawan, 2023) berdasarkan kadar aspal yang memenuhi karakteristik *Marshall* sesuai dengan persyaratan yang terdapat pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Kadar aspal optimum akan digunakan untuk pembuatan sampel pada pengujian penuaan campuran aspal.

Pada penelitian ini digunakan *filler* serbuk marmer dengan persentase yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3%.

Serbuk Marmer 0%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,50	5	5,5	6	6,5	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 15%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 800 kg
Flow						2mm - 4mm

Gambar 5.14 Grafik Penentuan KAO Serbuk Marmer 0%
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Serbuk Marmer 1%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,50	5	5,5	6	6,5	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 15%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 800 kg
Flow						2mm - 4mm

Gambar 5.15 Grafik Penentuan KAO Serbuk Marmer 1%
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Serbuk Marmer 2%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,50	5	5,5	6	6,5	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 15%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 800 kg
Flow						2mm - 4mm

Gambar 5.16 Grafik Penentuan KAO Serbuk Marmer 2%
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Serbuk Marmer 3%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,50	5	5,5	6	6,5	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 15%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 800 kg
Flow						2mm - 4mm

Gambar 5.17 Grafik Penentuan KAO Serbuk Marmer 3%
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Dari gambar di atas diketahui bahwa nilai KAO yang didapatkan untuk pemakaian serbuk marmer 0% yaitu 6,25%, untuk serbuk marmer 1% yaitu 5,75%, untuk serbuk marmer 2% yaitu 5,50% dan untuk serbuk marmer 3% yaitu 5,50%. Dengan

bertambahnya kadar *filler* serbuk marmer yang digunakan membuat kadar aspal menurun. Hal tersebut disebabkan oleh kandungan CaO (*Kalsium Oksida*) pada serbuk marmer sehingga membantu ikatan agregat menjadi lebih baik.

5.2.3 Kebutuhan Berat Agregat Untuk Campuran Beraspal

Contoh perhitungan untuk kadar aspal 6,25% dengan kadar serbuk marmer 0%

Berat Total	= 1200 gram
Berat Aspal	= 6,25% x 1200
	= 75 gram
Berat Total Agregat	= 1200 – 75
	= 1125 gram
Berat Agregat Split	= 1125 x 16,55%
	= 185,625 gram
Berat Agregat Screening	= 1125 x 22,5%
	= 253,125 gram
Berat Agregat Halus	= 1125 x 54,5%
	= 613,125 gram
Berat Abu Batu	= 1125 x 6,5%
	= 73,125 gram

5.2.4 Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal Dengan Pengganti Filler Serbuk Marmer

Setelah melakukan perhitungan untuk mengetahui komposisi agregat dan kadar aspal campuran aspal beton dilakukan pembuatan benda uji campuran aspal beton lapis aus sebanyak 60 buah sesuai dengan variasi serbuk marmer yaitu 0%, 1%, 2% dan 3% dan nilai kadar aspal optimum dari penelitian sebelumnya (M. Indra Kurniawan, 2023). Pembuatan benda uji dibuat berdasarkan SNI 06-2489-1991 tentang metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall.

Pemadatan benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 75 kali di setiap sisi. Untuk benda uji STOA penumbukan dilakukan setelah pengovenan selama 4 jam dengan suhu 135°C. Untuk benda uji LTOA benda uji ditumbuk terlebih dulu kemudian dioven selama 120 jam dengan suhu 85°C. Perbedaan suhu pada penuaan STOA dan LTOA dikarenakan pada proses STOA mensimulasikan campuran aspal pada

masa konstruksi yang membutuhkan suhu tinggi untuk mempercepat oksidasi sehingga meningkatkan kekakuan aspal. Sedangkan proses LTOA mensimulasikan campuran aspal pada masa pelayanan, suhu yang digunakan mendekati suhu yang dialami aspal pada masa pelayanan.

5.2.5 Analisis Sifat Volumetrik Campuran Beraspal

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk campuran aspal beton pada kadar aspal 6,25% dengan kadar serbuk marmer 0% pada kondisi *Short Term Oven-Aging*.

Kadar Aspal	= 6,25 %
Persentase Agregat	= 93,75 %
Bj Bulk Gabungan	= 2,577 gr/ml
Bj Apparent Gabungan	= 2,778 gr/ml
Bj Bulk Aspal	= 1,0828 gr/ml
Berat Benda Uji Kering	= 1142,5 gram
Berat Benda Uji SSD	= 1145 gram
Berat Benda Uji Dalam Air	= 657 gram

a. Menentukan Berat Jenis Efektif Agregat (Gse)

$$\begin{aligned}
 Gse &= \frac{Gsb + Gsa}{2} \\
 &= \frac{2,58 + 2,78}{2} \\
 &= 2,68 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

b. Menentukan Berat Jenis Campuran Maksimum (Gmm)

$$\begin{aligned}
 Gmm &= \frac{100}{\frac{100 - \text{Kadar Aspal}}{Gse} + \frac{\text{Kadar Aspal}}{Bj Aspal}} \\
 &= \frac{100}{\frac{100 - 6,25}{2,68} + \frac{6,25}{1,0828}} \\
 &= 2,45 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Isi Benda Uji

$$\begin{aligned}
 \text{Isi Benda Uji} &= \text{Berat Benda Uji SSD} - \text{Berat Benda Uji Dalam Air} \\
 &= 1145 - 657 \\
 &= 488 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

d. Persentase Pori Benda Uji (VIM)

$$\begin{aligned}\text{VIM} &= 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \\ &= 100 \times \frac{2,45 - 2,34}{2,45} \\ &= 4,52\%\end{aligned}$$

e. Persentase Pori Antar Butir Campuran Agregat (VMA)

$$\begin{aligned}\text{VMA} &= 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{se}} \\ &= 100 - \frac{2,34 \times 93,75}{2,68} \\ &= 18,03 \%\end{aligned}$$

f. Volume Pori Terisi Aspal (VFA)

$$\begin{aligned}\text{VFA} &= 100 \times \frac{\text{VMA} - \text{VIM}}{\text{VMA}} \\ &= 100 \times \frac{18,03 - 4,52}{18,03} \\ &= 74,95 \%\end{aligned}$$

g. Stabilitas

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas} &= \text{Pembacaan Dial} \times \text{Angka Korelasi} \times \text{Kalibrasi Alat} \\ &= 80 \times 1,09 \times 10,9108 \\ &= 951,42 \text{ kg}\end{aligned}$$

h. *Marshall Quotient* (MQ)

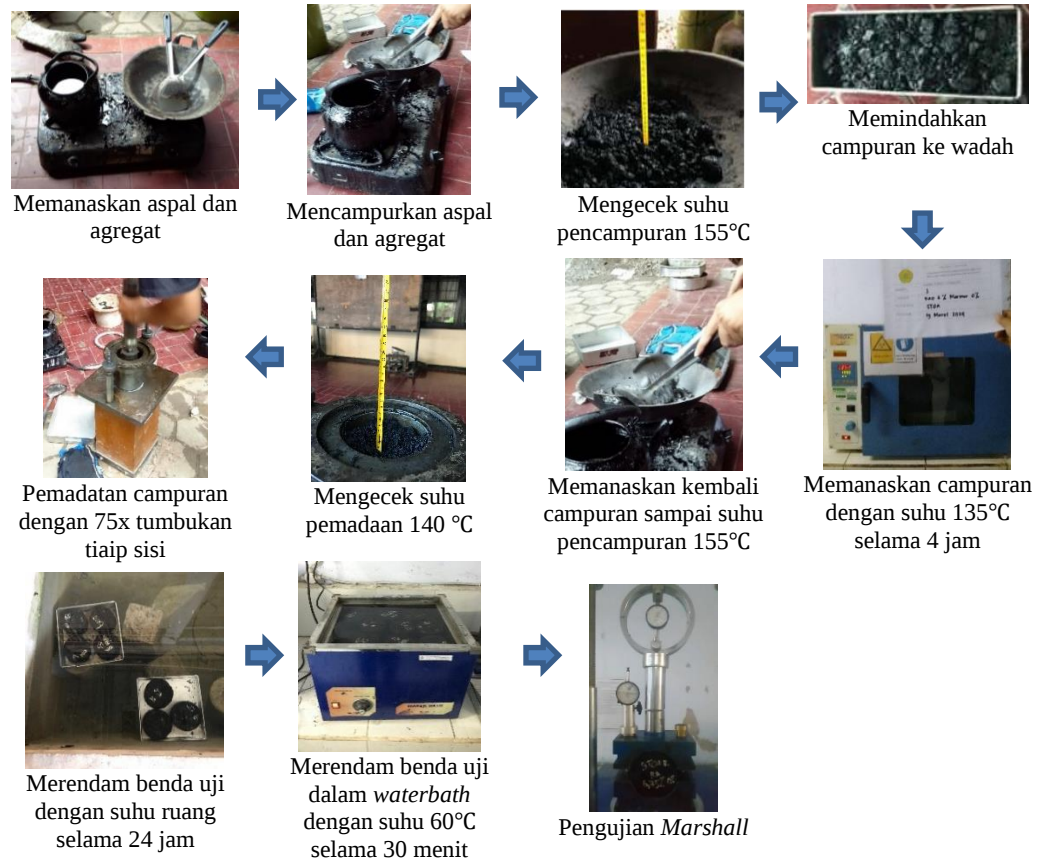
$$\begin{aligned}\text{MQ} &= \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \\ &= \frac{951,42}{2,40} \\ &= 396,43 \text{ kg/mm}\end{aligned}$$

5.3 Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton

5.3.1 Analisis Data Pengujian Terhadap Karakteristik Marshall Pada Kondisi STOA dan LTOA

Berikut ini merupakan rekapitulasi dari hasil pengujian *Marshall* dengan menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) 6,25%, 5,75%, 5,50%, dan 5,50% dan

dengan pengganti *filler* serbuk marmer persentase 0%, 1%, 2%, dan 3% pada kondisi sebelum penuaan (standar), penuaan jangka pendek (STOA), dan penuaan jangka panjang (LTOA).



Gambar 5.18 Proses Pengujian Penuaan STOA
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)





Gambar 5.19 Proses Pengujian Penuaan LTOA
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2024)

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Pada Kondisi Standar STOA dan LTOA

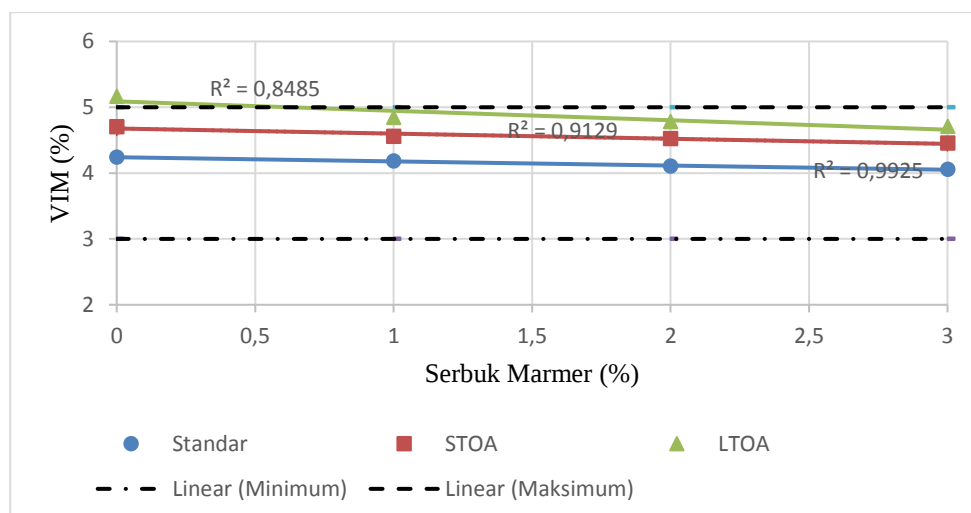
No	Data	Kadar Aspal (%)	Kadar Serbuk Marmer (%)	Standar	STOA	LTOA	Standar Bina Marga
1	VIM (%)	6,25	0	4,24	4,71	5,16	3%-5%
		5,75	1	4,18	4,56	4,85	
		5,5	2	4,10	4,52	4,78	
		5,5	3	4,05	4,46	4,71	
2	VMA (%)	6,25	0	17,78	18,19	18,59	Min. 15%
		5,75	1	16,74	17,07	17,32	
		5,5	2	16,17	16,54	16,76	
		5,5	3	16,13	16,48	16,70	
3	VFA (%)	6,25	0	76,17	74,14	72,23	Min. 65%
		5,75	1	75,01	73,31	72,03	
		5,5	2	74,62	72,67	71,49	
		5,5	3	74,86	73,00	71,81	
4	Stabilitas (kg)	6,25	0	991,06	979,17	968,10	Min. 800 kg
		5,75	1	1098,10	1074,31	1058,46	
		5,5	2	1193,24	1183,31	1173,42	
		5,5	3	1094,91	1066,31	1014,85	
5	Flow (mm)	6,25	0	2,58	2,53	2,50	2mm-4mm
		5,75	1	2,55	2,50	2,45	
		5,5	2	2,50	2,47	2,43	
		5,5	3	2,48	2,40	2,30	
6	Marshall Quantity (kg/mm)	6,25	0	383,64	386,52	387,24	> 250 kg/mm
		5,75	1	430,63	429,73	432,02	
		5,5	2	477,30	479,72	482,23	
		5,5	3	440,90	444,30	441,24	

(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Berdasarkan Tabel 5.15, hampir semua nilai karakteristik *marshall* yang didapatkan sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018 Revisi 2. Pada karakteristik VIM kondisi LTOA dengan KAO 6,25% dan *filler* serbuk marmer 0%, nilai tidak memenuhi syarat karena melebihi 5%. Pada karakteristik VMA, semua nilai sudah memenuhi syarat dengan nilai lebih dari 15%. Pada karakteristik VFA, semua nilai sudah memenuhi syarat dengan nilai lebih dari 65%. Pada karakteristik stabilitas, semua nilai sudah memenuhi syarat dengan nilai lebih dari 800 kg. Pada karakteristik *flow*, semua nilai sudah memenuhi syarat dengan nilai lebih dari 2 mm dan tidak melebihi 4 mm. Pada karakteristik MQ, semua nilai sudah memenuhi syarat dengan nilai lebih dari 250 kg/mm.

a. Pengaruh Penuaan Terhadap Nilai VIM

VIM (*Void In the Mix*) adalah persentase rongga udara pada total campuran aspal. Jika nilai VIM tinggi hal itu menandakan campuran aspal tersebut memiliki banyak ruang yang terisi udara atau bisa disebut campuran tersebut bersifat *porous* (berpori). Karenanya, campuran menjadi tidak rapat dan mudah teroksidasi, yang menyebabkan butir antar agregat kurang lekat dan merusak lapis perkerasan. Jika nilai VIM kecil menandakan bahwa campuran tersebut memiliki rongga udara yang lebih kecil. Terlalu kecilnya nilai VIM dapat menyebabkan aspal mengalami *bleeding* karena kekurangan rongga udara.



Gambar 5.20 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai VIM
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Berdasarkan Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya persentase *filler* serbuk marmer nilai VIM mengalami penurunan, mengakibatkan lapisan menjadi kedap air dan udara tidak masuk dalam campuran sehingga dapat meningkatkan keawetan (durabilitas) campuran aspal. Hal itu disebabkan serbuk marmer memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan abu batu dan juga tekstur yang sangat halus sehingga serbuk marmer mampu mengisi rongga udara dalam campuran dengan lebih baik .

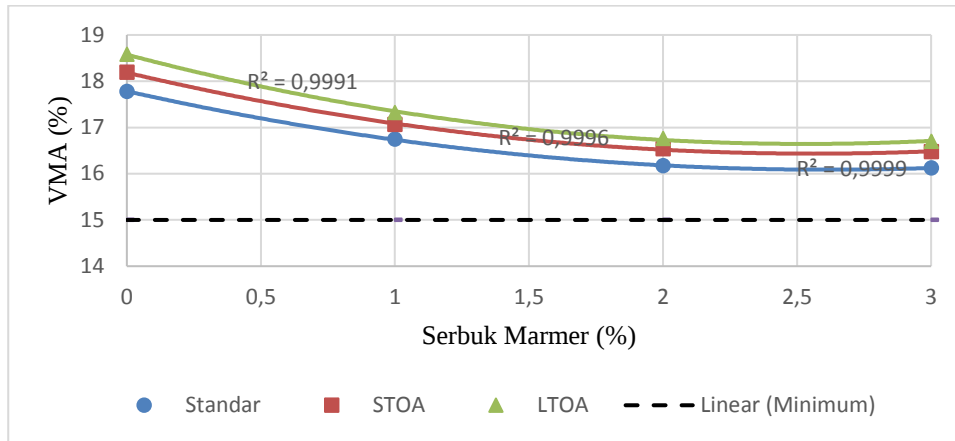
Berdasarkan Gambar 5.20 seiring bertambahnya waktu penuaan nilai VIM mengalami kenaikan sehingga menyebabkan kekedapan campuran pada air berkurang dan menurunkan durabilitas campuran aspal. Hal itu disebabkan oleh proses oksidasi yang terjadi pada aspal.

Nilai R^2 pada gambar 5.20 menunjukkan nilai koefisien determinasi yang didapatkan dari hasil analisis regresi linier untuk mengetahui pengaruh antara variabel persentase serbuk marmer dengan variabel VIM, semakin mendekati 1 serbuk marmer semakin berpengaruh terhadap VIM dan jika mendekati 0 serbuk marmer semakin tidak berpengaruh terhadap nilai VIM. Dari nilai koefisien determinasi pada kondisi standar – STOA – LTOA diketahui bahwa persentase serbuk marmer yang digunakan berpengaruh 99,42% - 91,29% - 83,16% dalam kondisi tersebut terhadap nilai VIM.

Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 disyaratkan bahwa nilai dari VIM harus dalam rentang 3% sampai 5%. Dari tabel 5.15 diketahui bahwa selain pada KAO 6,25% dan serbuk marmer 0%, nilai VIM masih memenuhi spesifikasi.

b. Pengaruh Penuaan Terhadap Nilai VMA

VMA (*Void in Mineral Agregat*) adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat mineral, yaitu volume rongga udara dan volume rongga yang terisi aspal. VMA digunakan untuk menunjukkan seberapa baik agregat mineral dalam menyerap aspal dan mengurangi rongga pada campuran aspal.



Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai VMA
(Sumber : Analisa Penulis, 2024)

Berdasarkan Gambar 5.21 dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya persentase *filler* serbuk marmer nilai VMA mengalami penurunan, sehingga dapat meningkatkan keawetan campuran aspal. Hal itu disebabkan serbuk marmer memiliki tekstur yang lebih halus daripada abubatu sehingga serbuk marmer mampu mengisi rongga udara dalam campuran dengan lebih baik.

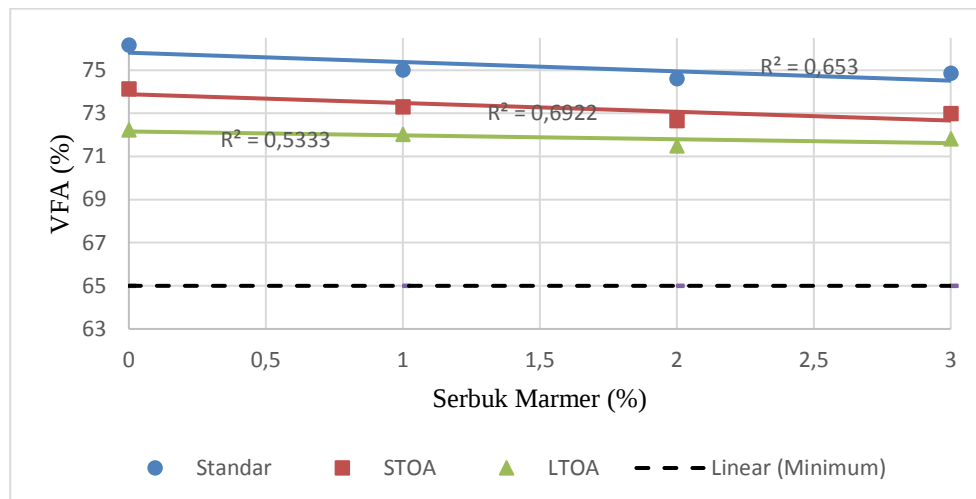
Berdasarkan Gambar 5.21 seiring bertambahnya waktu penuaan nilai VMA mengalami kenaikan, mengakibatkan campuran aspal kurang kedap terhadap air dan udara, serta mempercepat proses oksidasi dan penuaan aspal. Hal ini disebabkan oleh adanya proses oksidasi dan karena proses penuaan dapat membuat aspal menjadi keras dan getas yang dimana membuat kemampuan aspal dalam mengisi rongga antar agregat berkurang.

Nilai R^2 (koefisien determinasi) pada gambar 5.21 menunjukkan bahwa persentase serbuk marmer yang digunakan berpengaruh 100% - 99,96% - 99,88% terhadap nilai VMA pada kondisi standar – STOA – LTOA.

Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 disyaratkan bahwa nilai dari VMA minimal 15%. Dari tabel 5.15 diketahui bahwa nilai VMA yang diperoleh pada kondisi sebelum penuaan, penuaan jangka pendek dan penuaan jangka panjang dari KAO 6,25% dengan serbuk marmer 0% hingga KAO 5,50% dengan serbuk marmer 3% memenuhi spesifikasi.

c. Pengaruh Penuaan Terhadap Nilai VFA

VFA (*Void Filled with Asphalt*) adalah volume dari rongga campuran yang diisi oleh aspal. Semakin tinggi nilai VFA maka semakin banyak rongga yang terisi aspal dan jika nilai VFA terlalu tinggi maka akan menyebabkan *bleeding*, sedangkan jika nilai VFA terlalu kecil akan menyebabkan campuran aspal beton kurang kedap air dan udara sehingga menyebabkan campuran akan mudah retak.



Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai VFA
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Berdasarkan Gambar 5.22 Dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya waktu penuaan nilai VFA mengalami penurunan, membuat berkurangnya fleksibilitas campuran dan kemampuan untuk menyerap deformasi akibat beban lalu lintas, keawetan campuran juga berkurang. Hal itu karena penuaan menyebabkan aspal menjadi keras sehingga aspal tidak dapat mengisi rongga secara efektif dan juga fungsi aspal sebagai bahan pengikat antar agregat melemah, sehingga kekedapan dan keawetan campuran semakin berkurang.

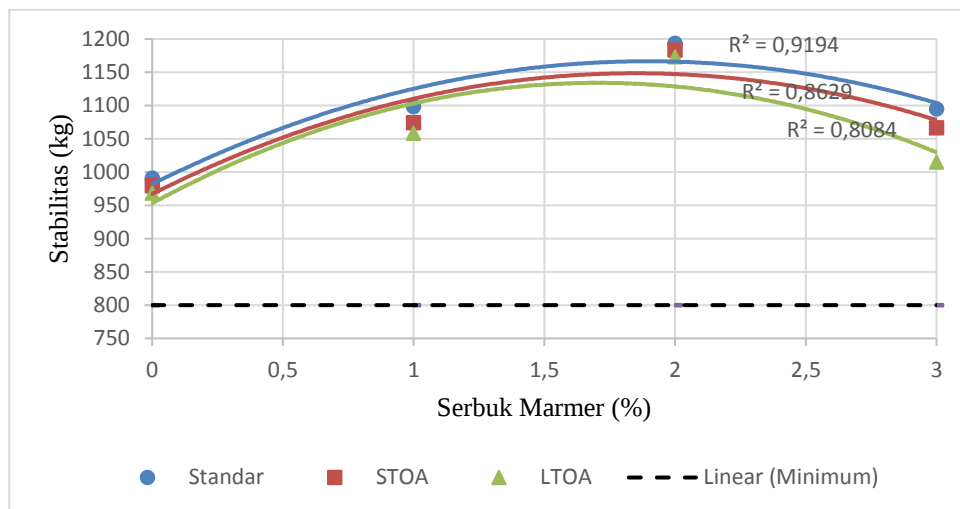
Bertambahnya serbuk marmer dengan KAO yang sama dapat menaikkan nilai VFA, mengindikasikan bahwa campuran tersebut memiliki durabilitas yang baik. Hal itu dikarenakan berat jenis *filler* serbuk marmer lebih besar dibandingkan berat jenis abu batu, sehingga banyaknya serbuk marmer yang digunakan menyebabkan rongga dalam campuran akan semakin kecil yang membuat rongga yang terisi aspal (VFA) akan semakin besar.

Dari nilai R^2 (koefisien determinasi) pada kondisi standar – STOA – LTOA diketahui bahwa persentase serbuk marmer yang digunakan berpengaruh 42,8% - 69,22% - 72,44% terhadap nilai VFA.

Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 disyaratkan bahwa nilai dari VFA minimal 65%. Dari tabel 5.15 diketahui bahwa Nilai VFA yang diperoleh pada kondisi sebelum penuaan, penuaan jangka pendek (STOA) dan penuaan jangka panjang (LTOA) dari KAO 6,25% dengan serbuk marmer 0% hingga KAO 5,50% dengan serbuk marmer 3% sudah memenuhi spesifikasi.

d. Pengaruh Penuaan Terhadap Nilai Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal beton dalam menahan deformasi serta mempertahankan bentuk dan struktur aslinya saat mendapatkan beban lalu lintas. Stabilitas sangat penting untuk menjamin daya tahan campuran aspal beton untuk mendapatkan ketahanan yang baik terhadap tekanan dan beban yang diterima.



Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai Stabilitas

(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Berdasarkan Gambar 5.23 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas mengalami kenaikan sampai nilai optimum pada persentase serbuk marmer 2% dengan KAO 5,50% menandakan kemampuan campuran aspal dalam menahan deformasi baik. Nilai stabilitas mengalami penurunan pada persentase *filler* serbuk marmer 3% dengan KAO 5,50% dikarenakan campuran aspal

mengalami *bleeding*. Hal itu karena kandungan CaO (kalsium oksida) yang terdapat dalam serbuk marmer dapat menambah sifat saling mengunci antar agregat menjadi semakin baik sehingga dapat menaikkan stabilitas pada campuran, sehingga kemampuan campuran aspal dalam menahan deformasi menjadi lebih baik (Utomo et al, 2021).

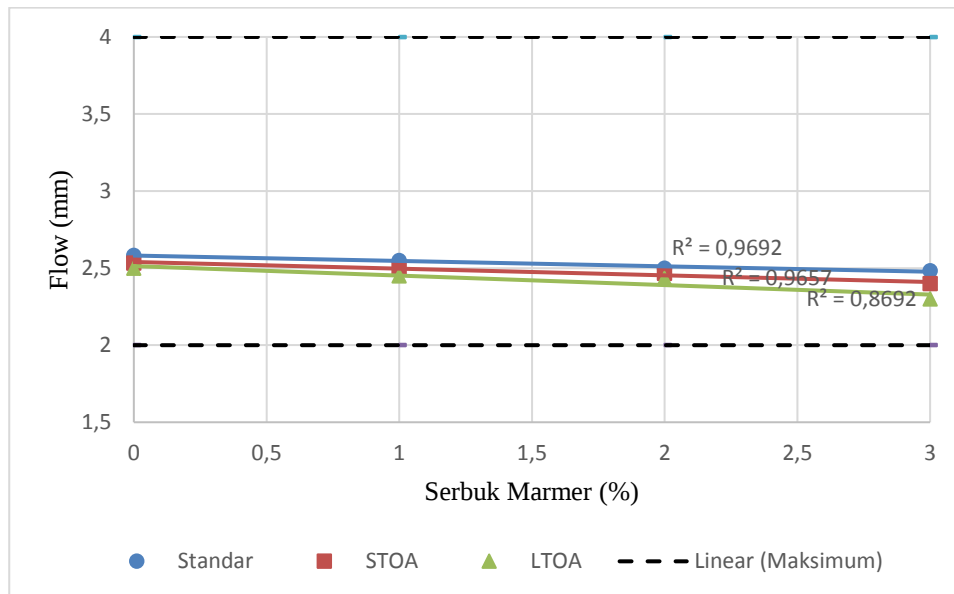
Sedangkan seiring bertambahnya waktu penuaan nilai stabilitas mengalami penurunan, yang menyebabkan daya tahan campuran aspal dalam menahan deformasi berkurang. Hal itu dikarenakan semakin lama waktu penuaan, aspal mengalami penguapan dan menjadi getas yang menyebabkan aspal pada campuran sudah tidak berguna sebagai pelumas yang kemudian membuat energi pemadatan yang diberikan pada campuran akan merusak campuran tersebut dan daya tahan campuran aspal dalam menahan beban akan berkurang.

Dari nilai R^2 (koefisien determinasi) pada kondisi standar – STOA – LTOA diketahui bahwa persentase serbuk marmer yang digunakan berpengaruh 80,84% - 86,29% - 90,27% dalam kondisi tersebut terhadap nilai stabilitas.

Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 disyaratkan bahwa nilai dari stabilitas minimal 800 kg. Dari tabel 5.15 diketahui bahwa Nilai stabilitas yang diperoleh pada kondisi sebelum penuaan, penuaan jangka pendek (STOA) dan penuaan jangka panjang (LTOA) sudah memenuhi spesifikasi. Diketahui nilai stabilitas tertinggi terdapat pada kondisi standar dengan serbuk marmer 2% dan KAO 5,50% yaitu sebesar 1193,24 kg, pada kondisi STOA dengan serbuk marmer 2% dan kadar aspal 5,50% yaitu sebesar 1183,31 kg, dan pada kondisi LTOA dengan serbuk marmer 2% dan kadar aspal 5,50% yaitu sebesar 1173,42 kg.

e. Pengaruh Penuaan Terhadap Nilai Flow

Flow (kelelehan) adalah deformasi yang terjadi dari awal pembebanan sampai hingga stabilitas menurun. Campuran yang memiliki nilai flow rendah dengan stabilitas yang tinggi cenderung menjadi kaku, jika yang terjadi adalah kebalikannya maka campuran menjadi mudah berubah bentuk.



Gambar 5.24 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai *Flow*
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Berdasarkan gambar 5.24 dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya persentase *filler* serbuk marmer nilai *flow* mengalami penurunan, hal itu menunjukkan bahwa campuran aspal menjadi lebih kaku dan rentan terhadap retakan saat menerima beban lalu lintas. Hal itu dikarenakan tekstur *filler* serbuk marmer yang sangat halus sehingga *filler* dapat mengisi rongga pada campuran aspal menjadi lebih baik sehingga meningkatkan kepadatan campuran.

Dan seiring bertambahnya waktu penuaan nilai *flow* mengalami penurunan. Karena hal tersebut, campuran aspal mengalami turunnya fleksibilitas dan kurang mampu dalam mengikuti deformasi. Hal itu disebabkan penuaan membuat perkerasan cenderung lebih kaku karena pengovenan menyebabkan penguapan pada campuran aspal sehingga daya lekat aspal pada agregat menurun.

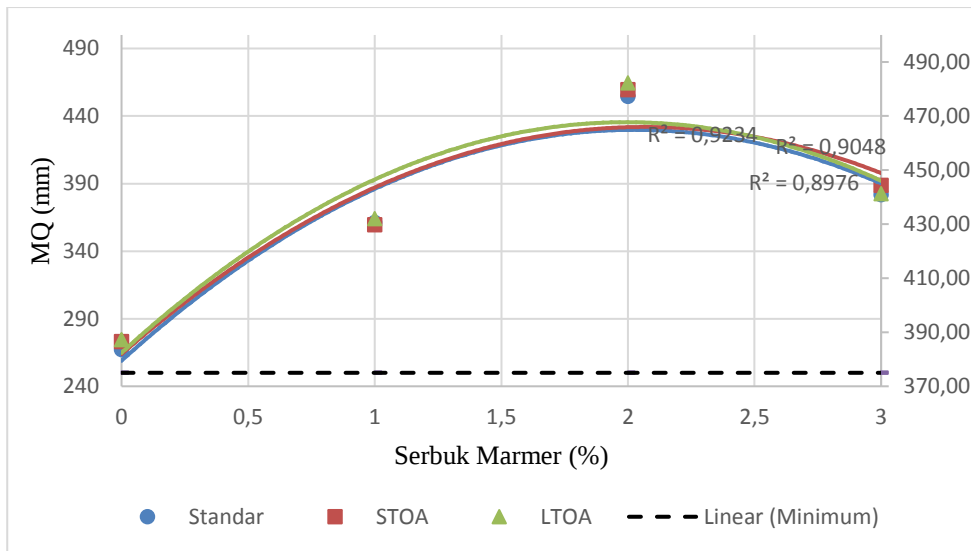
Dari nilai R^2 (koefisien determinasi) pada kondisi standar – STOA – LTOA diketahui bahwa persentase serbuk marmer yang digunakan berpengaruh 28% - 16% - 8,31% terhadap nilai *flow*.

Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 disyaratkan bahwa nilai dari *flow* harus dalam rentang 2 mm sampai 4 mm. Dari tabel 5.15 diketahui bahwa nilai *flow* yang diperoleh pada kondisi sebelum penuaan, penuaan jangka

pendek dan penuaan jangka panjang dari KAO 6,25% dengan serbuk marmer 0% hingga KAO 5,50% dengan serbuk marmer 3% memenuhi spesifikasi.

f. Pengaruh Penuaan Terhadap Nilai *Marshall Quotient*

Marshall Quotient (MQ) adalah indeks fleksibilitas campuran aspal yang didapatkan dari hasil bagi nilai stabilitas dengan nilai *flow*.



Gambar 5.25 Grafik Pengaruh Penuaan STOA dan LTOA Terhadap Nilai MQ
(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Berdasarkan Gambar 5.25 diketahui bahwa seiring bertambahnya waktu penuaan menyebabkan nilai MQ cenderung meningkat. Hal itu disebabkan penuaan membuat perkerasan cenderung lebih kaku karena pengovenan menyebabkan penguapan pada campuran aspal sehingga daya lekat aspal pada agregat menurun. Peningkatan kekakuan ini akan meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dan kemampuan untuk menyebarkan beban yang diterima, tetapi disisi lain akan menyebabkan campuran menjadi lebih getas dan cepat retak, sehingga semakin lama proses penuaan terjadi maka durabilitasnya akan semakin berkurang.

Penggunaan *filler* serbuk marmer dapat meningkatkan nilai MQ, hal ini menandakan campuran tersebut mampu menahan beban yang lebih besar tanpa mengalami deformasi berlebihan. Hal ini dikarenakan kandungan pada serbuk marmer yaitu CaO (kalsium oksida) dapat menambah sifat saling mengunci antar agregat menjadi semakin baik sehingga dapat menaikkan stabilitas pada

campuran, sehingga membuat campuran menjadi lebih kaku dibandingkan campuran tanpa serbuk marmer dan kemampuan campuran aspal dalam menahan deformasi menjadi lebih baik (Utomo et al, 2021).

Dari nilai R^2 (koefisien determinasi) pada kondisi standar – STOA – LTOA diketahui bahwa persentase serbuk marmer yang digunakan berpengaruh 85,53% - 81,23% - 74,81% dalam kondisi tersebut terhadap nilai MQ.

Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 disyaratkan bahwa nilai MQ minimal 250 kg/mm. Dari tabel 5.15 diketahui bahwa nilai MQ yang diperoleh pada kondisi sebelum penuaan, penuaan jangka pendek dan penuaan jangka panjang dari KAO 6,25% dengan serbuk marmer 0% hingga KAO 5,50% dengan serbuk marmer 3% memenuhi spesifikasi.

5.3.2 Analisis Karakteristik Campuran Beraspal yang Sudah Mengalami Penuaan Terhadap *Marshall* Rendam

Marshall rendam dilakukan untuk mengetahui ketahanan campuran aspal di lapangan dalam kondisi ekstrim. Pengujiannya adalah dengan merendam benda uji pada *waterbath* selama 24 jam dengan suhu 60°C (RSNI M-01-2003). Kemudian campuran diuji *marshall* untuk mendapatkan nilai *flow* dan stabilitasnya.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall*

Data	Kadar Aspal (%)	Kadar Serbuk Marmer (%)	STOA		LTOA		Standar Bina Marga
			Marshall	Marshall Rendam	Marshall	Marshall Rendam	
VIM (%)	6,25	0	4,71	4,84	5,16	6,51	3%5%
	5,75	1	4,56	4,71	4,85	6,19	
	5,5	2	4,52	4,60	4,78	6,06	
	5,5	3	4,46	4,58	4,71	5,77	
VMA (%)	6,25	0	18,19	18,30	18,59	19,74	Min. 15%
	5,75	1	17,07	17,20	17,32	18,49	
	5,5	2	16,54	16,60	16,76	17,88	
	5,5	3	16,48	16,58	16,70	17,62	
VFA (%)	6,25	0	74,14	73,61	72,23	67,02	Min. 65%
	5,75	1	73,31	72,74	72,03	66,52	
	5,5	2	72,67	72,38	71,49	66,14	
	5,5	3	73,00	72,41	71,81	67,34	

Data	Kadar Aspal (%)	Kadar Serbuk Marmer (%)	STOA		LTOA		Standar Bina Marga
			Marshall	Marshall Rendam	Marshall	Marshall Rendam	
Stabilitas (kg)	6,25	0	979,17	975,21	968,10	938,33	Min. 800 kg
	5,75	1	1074,31	1066,59	1058,46	1002,34	
	5,5	2	1183,31	1086,74	1173,42	1118,32	
	5,5	3	1066,31	1041,80	1014,85	1011,04	
Flow (mm)	6,25	0	2,53	2,55	2,50	2,52	2mm-4mm
	5,75	1	2,50	2,53	2,45	2,50	
	5,5	2	2,47	2,50	2,43	2,47	
	5,5	3	2,40	2,43	2,30	2,37	
Marshall Quantity (kg/mm)	6,25	0	386,52	382,43	387,24	372,85	> 250 kg/mm
	5,75	1	429,73	421,02	432,02	400,94	
	5,5	2	479,72	434,70	482,23	453,37	
	5,5	3	444,30	428,14	441,24	427,20	

(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

Dari Tabel 5.16 data yang didapatkan dari penelitian, nilai stabilitas pada campuran aspal dengan KAO 5,50% dan kadar serbuk marmer 2% pada benda uji STOA *marshall* yaitu 1183,31, lebih besar dari pada benda uji STOA *marshall* rendam, yaitu 1086,74. Dengan meningkatnya durasi perendaman pada *waterbath* menjadi 24 jam menyebabkan nilai stabilitas mengalami penurunan daripada perendaman *waterbath* dengan waktu 30 menit. Sehingga membuat campuran aspal menjadi kurang mampu menahan beban yang tinggi. Hal itu dikarenakan air yang semakin memenuhi rongga-rongga pada campuran aspal dapat merusak ikatan-ikatan antara agregat sehingga kemampuan campuran dalam menahan deformasi berkurang. Untuk mendapat stabilitas yang tinggi diperlukan agregat yang rapat, dan mempunyai rongga antar butiran agregat (VMA) yang kecil. Berkebalikan dengan nilai stabilitas yang menurun, seiring bertambahnya durasi perendaman *waterbath* nilai *flow* (kelelehan) meningkat. Hal itu dikarenakan lamanya perendaman membuat rongga-rongga campuran lebih mudah terisi air sehingga membuat campuran lebih mudah mengalami deformasi. Tingginya nilai *flow* menandakan campuran aspal bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat adanya beban, sedangkan nilai *flow* yang rendah menandakan campuran aspal bersifat kaku dan getas. Pada *marshall* rendam nilai *Marshall Quotient* (MQ) cenderung menurun daripada *marshall*. Hal ini dikarenakan pada campuran aspal

yang mengalami perendaman lebih lama akan mengakibatkan kerusakan pada campuran aspal yang disebabkan oleh rongga-rongga yang lebih mudah terisi oleh air.

5.4 Analisis Serbuk Marmer Sebagai Filler Pada Penuaan Campuran

Campuran aspal beton lapis aus dengan *filler* serbuk marmer yang mengalami penuaan jangka pendek maupun penuaan jangka panjang akan meningkatkan nilai VIM dan VMA, hal itu disebabkan oleh berkurangnya ikatan antar agregat karena aspal bersifat lebih keras dan getas sehingga menyebabkan menurunnya keawetan campuran. Namun seiring bertambahnya kadar serbuk marmer pada campuran aspal dapat menurunkan nilai VIM dikarenakan kandungan Kalsium Oksida (CaO) pada marmer yang membuat ikatan antar agregat menjadi lebih baik dan juga tekstur serbuk marmer yang lebih halus daripada abu batu sehingga dapat mengisi rongga antar agregat dengan lebih baik (Utomo et al, 2021).

Campuran aspal beton lapis aus dengan *filler* serbuk marmer membuat nilai VFA, stabilitas, dan *flow* mengalami penurunan seiring bertambahnya penuaan campuran aspal. Menurunnya nilai VFA dan *flow* disebabkan oleh aspal yang menjadi keras dan getas karena penuaan sehingga daya lekat aspal pada agregat menurun, hal itu menyebabkan kekedapan dan keawetan campuran semakin berkurang juga berkurangnya fleksibilitas campuran dan kemampuan campuran untuk berdeformasi akibat beban lalu lintas. Meningkatnya nilai stabilitas seiring bertambahnya penuaan disebabkan oleh aspal yang mengalami penguapan dan menjadi getas menyebabkan daya tahan campuran aspal dalam menahan beban lalu lintas akan berkurang.

Dilihat dari nilai stabilitas pada campuran aspal semakin bertambahnya kadar *filler* serbuk marmer membuat nilai stabilitas meningkat sampai batas maksimumnya, hal itu disebabkan semakin sedikit rongga pada campuran aspal maka semakin tinggi nilai stabilitas menandakan kemampuan campuran aspal dalam menahan deformasi baik. Nilai stabilitas pada kondisi penuaan, campuran aspal dengan serbuk marmer 0% pada kondisi STOA sebesar 979,17 kg dan pada kondisi LTOA sebesar 968,10 Kg, sedangkan campuran aspal dengan serbuk marmer didapatkan lebih besar yaitu pada kondisi STOA sebesar 1074,31 kg dan pada kondisi LTOA sebesar 1058,46

Kg. Dari keterangan sebelumnya, campuran aspal dengan *filler* pengganti serbuk marmer 1%, 2% dan 3% secara tidak langsung mempengaruhi proses pengujian yang mana dapat memperlambat proses penuaan jangka pendek (STOA) dan penuaan jangka panjang (LTOA).

BAB 6

Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan seperti berikut:

- a. Berdasarkan hasil penelitian karakteristik material aspal, agregat, dan *filler* serbuk marmer yang digunakan untuk campuran aspal memberikan pengaruh signifikan terhadap daya tahan campuran aspal dan harus sudah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.
- b. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *filler* serbuk marmer pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) pada kondisi STOA mengakibatkan nilai VIM dan VMA meingkat, dan mengakibatkan nilai VFA, stabilitas, dan flow menurun. Penggunaan *filler* serbuk marmer pada campuran aspal beton lapis aus pada kondisi LTOA mengakibatkan nilai VIM dan VMA meingkat, dan mengakibatkan nilai VFA, stabilitas, dan flow menurun lebih signifikan dibandingkan pada kondisi STOA.

6.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini dan mendapatkan hasil, peneliti menyarankan hal-hal seperti berikut:

- a. Perlu adanya penelitian terkait penggunaan limbah marmer pada lapisan perkerasan lainnya.
- b. Pada saat pelaksanaan penelitian hendaknya dilakukan lebih teliti, mulai dari proses pelaksanaan, suhu, dan waktu yang dibutuhkan untuk pengujian setiap material dan benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Kurniawan, M. I. (2023). *PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK MARMER SEBAGAI PENGANTI FILLER PADA ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA).
- Marga, D. J. B. (2020). *SPESIFIKASI UMUM 2018 UNTUK PEKERJAAN JALAN DAN JEMBATAN (REVISI 2)*.
- Syafaruddin, A. S., & Azwansyah, H. PERKERASAN CAMPURAN ASPAL AC-WC TERHADAP SIFAT PENUAAN ASPAL. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(2).
- DOE, H. M. K. (2020). *PENGARUH PENUAAN ASPAL PADA KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS AUS (AC-WC)* (Doctoral dissertation, Universitas Tadulako).
- Mashuri, M., Rahman, R., & Basri, H. (2011). Studi Pengaruh Penambahan ROADCEL-50 Terhadap Karakteristik Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (HRS-WC). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*, 1(1).
- Susanto, H. A., Aulia, R., Indriyati, E. W., & Sugiyanto, G. (2022). PENGARUH JENIS ASPAL TERHADAP KARAKTERISTIK LABORATORIUM ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE AKIBAT PROSES PENUAAN. *TEKNIK SIPIL*, 103.
- Saragi, Y. R., & Sinaga, A. J. (2021). Analisis Lapisan Aspal Beton (AC-BC) Dengan Penambahan Limbah Kaleng Minuman Ditinjau Dari Karakteristik Marshall Dan Uji Penetrasi. *Jurnal Construct*, 1(1), 49-58.
- Sari, K. N. I., Maliki, A., & Suharso, A. B. K. (2022). Pemanfaatan campuran limbah karet ban dengan filler abu kerang simping pada aspal beton. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 10(1), 025-034.

Amal, A. S., & Saputra, W. (2019). Pemanfaatan Limbah Abu Marmer Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) B. *Media Teknik Sipil*, 16(2), 67-78.

Utomo, A. P., Nindyapuspa, A., Primaningtyas, W. E., Rizal, M. C., & Lia, A. Y. R. (2021). ANALISIS LOGAM BERAT DALAM OLI BEKAS, LIMBAH SERBUK MARMER, DAN SEMEN PORTLAND SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BATAKO. *Jurnal Teknologi Maritim p-ISSN*, 2620, 4916.

Kushartomo, W., & Sari, D. P. (2018). Sifat Mekanis Beton Normal dengan Campuran Tepung Marmer. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), 71-78.

LAMPIRAN 1
Administrasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-01

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SURAT PERMOHONAN SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Nama Mahasiswa : Nadira Farsya
Nomor Mahasiswa : 3336200128
Alamat Mahasiswa : Jagakarsa, Jakarta
Dosen Pembimbing : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T

dengan prestasi studi S1 sampai dengan tanggal: 18 Januari 2024 seperti terlampir. Dengan ini saya mengajukan permohonan untuk dapat menyelenggarakan seminar proposal skripsi.

Cilegon, 10 Januari 2024

Pemohon,

Nadira Farsya

PEMERIKSAAN (oleh Koord. Skripsi)

No	Perihal	Catatan
1.	Hasil studi kumulatif (≥ 116 sks dan $IPK \geq 2,00$)	135 SKS & IPK 3,43
2.	Nilai D maksimal 10% dari total SKS mata kuliah	1 %
3.	Kerja Praktek	
4.	Mengontrak mata kuliah Skripsi dalam KRS berjalan	
5.	Melakukan pendaftaran pada SISTA (TA-01)	
6.	Draf proposal telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02) Salinan sebanyak 4 eksemplar masing-masing untuk pembimbing dan penguji	
7.	Naskah seminar telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02) Salinan sebanyak 10-15 eksemplar untuk peserta sidang	
8.	Berita Acara Seminar Proposal (Smp-02)	
9.	Lembar saran & masukan (Smp-03)	
10.	Daftar hadir dosen (Smp-04)	
11.	Daftar hadir peserta seminar (Smp-05)	

Seminar tersebut dapat dilaksanakan, waktu dan tempat seminar harap dikonsultasikan dengan Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji.

Cilegon, 10 Januari 2024

Koordinator Skripsi,

NIP. 198601312019032009

Dibuat rangkap 2 untuk:

1. Mahasiswa ybs
2. Koord. Skripsi

* Pendaftaran Seminar Proposal Skripsi selambat-lambatnya 2 hari kerja sebelum seminar dilaksanakan.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-02

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL UNTIRTA

Pada hari ini 18 Januari 2024, telah dilaksanakan Seminar Proposal Skripsi dari mahasiswa/mahasiswi, yaitu :

Nama : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENYALURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC – WC)

Dosen pembimbing I : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T

Dosen pembimbing II: Rama Indera Kusuma., ST., MT

Dosen Penguji I : Dwi Esti Intari, ST., M.Sc

Dosen Penguji II : Woelandari Fathonah, S.T., M.T

Dari Seminar Proposal Skripsi ini dinyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah dinyatakan MEMENUHI PERSYARATAN / ~~TIDAK MEMENUHI PERSYARATAN~~ untuk melanjutkan Penelitian (Skripsi) *)

Demikian Berita Acara ini dibuat dan selanjutnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 18 Januari 2024

Dosen Penguji I

Dwi Esti Intari, ST., M.Sc
NIP. 198601242014042001

Dosen Penguji II

Woelandari Fathonah, S.T., M.T
NIP. 199012292019032021

Dosen Pembimbing I

Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198601312019032009

Dosen Pembimbing II

Rama Indera Kusuma., ST., MT
NIP. 198108222006041001

Ket : *) coret yang tidak perlu
CC : Arsip



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-03

SARAN / MASUKAN
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 18 Januari 2024

Waktu : 09.00 s/d Selesai

Nama Peserta : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC - WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.

Cilegon, 18 Januari 2024
Dosen Pembimbing


Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-03

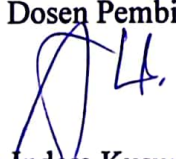
Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 18 Januari 2024 Waktu : 09.00 s/d Selesai
Nama Peserta : Nadira Farsya NPM : 3336200128
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENYATAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC - WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		Kelemahan kerakannya marmor yg akan digunakan. Tambahkan Cetak belah ketupat, Uraian Uraian. Ac Campuran ke. pemb 1 1/2 22	A.

Cilegon, 18 Januari 2024
Dosen Pembimbing


Rama Indera Kusuma., ST., MT
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK
Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

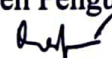
Smp-03

SARAN / MASUKAN
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 18 Januari 2024 Waktu : 09.00 s/d Selesai
Nama Peserta : Nadira Farsya NPM : 3336200128
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENYATAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC - WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		- perlakuan thap limbah serbuk marmer ?? sumber. - Tabel. → gambar & screenshot. - Hlasi KAD ?? - Kadar filler ?? - Dmou ?? - 7 Fluehant pabratan benda uji - 7 Matriks benda uji ? → 	

Cilegon, 18 Januari 2024
Dosen Penguji


Dwi Esti Intari, ST., M.Sc
NIP. 198601242014042001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-03

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

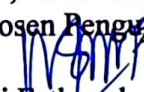
SARAN / MASUKAN
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 18 Januari 2024 Waktu : 09.00 s/d Selesai
Nama Peserta : Nadira Farsya NPM : 3336200128
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC - WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1.		Sumber limbah serbuk marmer ?	
2.		lotus Sawiryan No. Reng ?	
3.		Dokumentasi Serbuk marmer di lapangan	
4.		Flowchart Penelitian Perbaiki	

Cilegon, 18 Januari 2024

Dosen Penguji


Woelandari Fathorah, S.T., M.T
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-04

Jl. Jendral Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 18 Januari 2024
Waktu : 09.00 s/d Selesai
Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC – WC)

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T	198601312019032009	1.
2.	Rama Indera Kusuma., ST., MT	198108222006041001	2.
3.	Dwi Esti Intari, ST., M.Sc	198601242014042001	3.
4.	Woelandari Fathonah, S.T., M.T	199012292019032021	4.

Cilegon, 18 Januari 2024
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-05

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 18 Januari 2024

Waktu : 09.00 s/d Selesai

Nama Peserta : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC – WC)

NO	NAMA	NPM	TANDA-TANGAN	KET.
1.	Jauil Egi	3336200065	1.	
2.	Zanal Nur Muteaqien	3336200097	2.	
3.	Auliya Izzahyiah Zahra	3336200049	3.	
4.	Wade Siti Rutfiani	3336200015	4.	
5.	Qonita Lutfiah	3336200099	5.	
6.	Nabila Putri Bahri		6.	
7.	Elvina Triyani	3335200031	7.	
8.	Fadhrol Kede T	3336200103	8.	
9.	Theodore Ginting	3336200021	9.	
10.	Yoni Gunawan	3336200063	10.	
11.			11.	
12.			12.	
13.			13.	
14.			14.	
15.			15.	

Cilegon, 18 Januari 2024
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
	26/02/2024	Lanjutkan		1-

Cilegon, 18 Januari 2024
Dosen Pembimbing

Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
		Acc lengkap ke reb 1 1/2 24. H		

Cilegon, 18 Januari 2024
Dosen Pembimbing

Rama Indera Kusuma., ST., MT
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN

Cilegon, 18 Januari 2024
Dosen Penguji

Dwi Esti Intari, ST., M.Sc
NIP. 198601242014042001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN

Cilegon, 18 Januari 2024
Dosen Penguji


Woelandari Fathonah, S.T., M.T
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-01

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**BERITA ACARA SEMINAR HASIL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL UNTIRTA**

Pada hari ini 25 Juni 2024, telah dilaksanakan Seminar Hasil Skripsi dari mahasiswa/mahasiswi, yaitu :

Nama : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

Dosen pembimbing I : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T

Dosen pembimbing II: Rama Indera Kusuma., ST., MT

Dari Seminar Hasil Skripsi ini dinyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah dinyatakan MEMENUHI PERSYARATAN / ~~TIDAK MEMENUHI PERSYARATAN~~ untuk melanjutkan ke Sidang Akhir *)

Demikian Berita Acara ini dibuat dan selanjutnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 25 Juni 2024

Dosen Pembimbing I

Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198601312019032009

Dosen Pembimbing II

Rama Indera Kusuma., ST., MT
NIP. 198108222006041001

Ket : *) coret yang tidak perlu
CC : Arsip



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Hsl-02

SARAN / MASUKAN
SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Selasa, 25 Juni 2024 Waktu : 13.00
Nama Peserta : Nadira Farsya NPM : 3336200128
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS
(AC - WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1		Perbaiki Penulisan & Hubungan Flow - % serbuk marmer . Abukan Sidang akhir	fd

Cilegon, 25 Juni 2024
Dosen Pembimbing I

fd

Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-02

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Selasa, 25 Juni 2024

Waktu : 13.00

Nama Peserta : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS
(AC – WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		$R^2 = ?$ <i>perlu data lain?</i> <i>dan Arkingnya apa.</i>	

Cilegon, 25 Juni 2024
Dosen Pembimbing II

Rama Indera Kusuma., ST., MT
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-03

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Selasa, 25 Juni 2024
Waktu : 13.00
Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS
(AC – WC)

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T	198601312019032009	1.
2.	Rama Indera Kusuma., ST., MT	198108222006041001	2.

Cilegon, 25 Juni 2024
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Selasa, 25 Juni 2024
Waktu : 13.00
Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

NO	NAMA	NPM	TANDA-TANGAN	KET.
1.	Anisah Yogiene M	3336200086	1.	
2.	Siti Faridahul A.	3336220040	2.	
3.	M. Raslin Hudaya	3336200074	3.	
4.	Pirma Septiauwati	3336200004	4.	
5.	Inayatu Zulfah	3336200005	5.	
6.	Angel Laurent ADS	3336200032	6.	
7.	Nadira Aliya Fitri	3336200067	7.	
8.	Ananda Regita D W	3336200003	8.	
9.	FUTRI RANETA DARIANI	3336200012	9.	
10.			10.	
11.			11.	
12.			12.	
13.			13.	
14.			14.	
15.			15.	

Cilegon, 25 Juni 2024
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-05

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN LAPORAN HASIL SKRIPSI

Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
	3 / 07 / 2024	Perbaiki penjelasan grafik . Perbaiki kesimpulan.		<u>15</u> d
	10 / 07 / 2024	Perbaiki penulisan & Hubungan Flow - 8 Serbuk marmer. Ajukan sidang akhir.		

Cilegon, 25 Juni 2024
Dosen Pembimbing I

Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-05

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN LAPORAN HASIL SKRIPSI

Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
	1/7/2024	ACG 		

Cilegon, 25 Juni 2024
Dosen Pembimbing I



Rama Indera Kusuma., ST., MT
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI KEHADIRAN TELAH MENGIKUTI SEMINAR

Nama Peserta : Nadira Farsya
NPM : 3336200128

SEMINAR YANG PERNAH DIKUTI

NO	JUDUL	Mahasiswa	Paraf ¹
1	Analisis Kualitas Air Limpasan Permukaan Sebagai Artificial Groundwater Recharge di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus: Perumahan Puri Krakatau, Cilegon)	Maharani Izmy Sekar Arum	
2	Analisis Kualitas Air Limpasan Permukaan Sebagai Artificial Groundwater Recharge di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus: Komplek Metro Villa, Cilegon)	Shofi Rochmania Heryanti	
3	Analisis Kualitas Air Limpasan Permukaan Sebagai Artificial Groundwater Recharge di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus: Kampus Fakultas Teknik UNTIRTA, Cilegon)	Nur An'nisa	
4	Analisis Kualitas Air Limpasan Permukaan Sebagai Artificial Groundwater Recharge di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus: Gerbang Masuk Toll Cilegon Barat, Cilegon)	Putri Normalupita	
5	Analisis Kualitas Air Limpasan Permukaan Sebagai Artificial Groundwater Recharge di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus: Kelurahan Gedong Dalem, Kota Cilegon)	M. Recky Ersandi	
6	Analisis Kualitas Air Limpasan Permukaan Sebagai Artificial Groundwater Recharge di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus: Kelurahan Rawa Arum, Kota Cilegon)	Abyan Dhiya Ulhaq	
7	Rancang Desain Kebutuhan Fasilitas Pedestrian Berbasis Konsep Active Living di Kampus C UNTIRTA	Anisah Yogiana Maharani	

¹ paraf pembimbing 1 skripsi



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK**

Hsl-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

8	Rancang Desain Kebutuhan Fasilitas Pedestrian Berbasis Konsep Active Living di Kampus A Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Melvian Rizkiah	
9	Analisis Aspal Platik High Density Polyethylene (HDPE) Terhadap Kepekaan Temperatur	Febrina Dedek Aggraeni	
10	Evaluasi Karakteristik Deformasi Permanen Campuran Beton Beraspal (AC-Binder Course) Menggunakan Terak Nikel	Putri Ainun Tasya	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Ahr-01

SURAT PERMOHONAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Nama Mahasiswa : Nadira Farsya
Nomor Mahasiswa : 3336200128
Alamat Mahasiswa : Jl. Famili RT.05/RW.01 Tanjung Barat, Jakarta Selatan
Dosen Pembimbing : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T

dengan prestasi studi S1 sampai dengan tanggal: 2 Juli 2024 seperti terlampir. Dengan ini saya mengajukan permohonan untuk dapat menyelenggarakan sidang akhir skripsi.

Cilegon, 26 Juni 2024

Pemohon,

Nadira Farsya

PEMERIKSAAN (oleh Koord. Skripsi)

No	Perihal	Catatan
1.	Hasil studi kumulatif (≥ 139 sks dan $IPK \geq 2,00$)	141 sks, $IPK 3,45$
2.	Hasil studi kumulatif (nilai $D \leq 10\%$)	1,41 %
3.	Draf laporan telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02) Salinan sebanyak 4 eksemplar	
4.	Formulir Pendaftaran (TA-03) dari Online: SISTA	
5.	Berita Acara Sidang Akhir (TA-04) dari Online: SISTA	
6.	Formulir Penilaian Skripsi (TA-05) dari Online: SISTA	
7.	Formulir Revisi Laporan Skripsi (TA-06) dari Online: SISTA	
8.	Daftar hadir dosen (Ahr-02)	
9.	Formulir saran & masukan (Ahr-03)	
10.	Transkrip Nilai Mahasiswa ditandatangani Mahasiswa	
11.	Form bukti pelaksanaan seminar hasil (Hsl-01 sampai Hsl-06)	
12.	Sertifikat TOEFL Lab. Bahasa FT. Untirta (Min. Score 425)	

Sidang Akhir tersebut dapat dilaksanakan; waktu dan tempat seminar harap dikonsultasikan dengan Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji.

Cilegon, 26 Juni 2024

Koordinator Skripsi,

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.

NIP. 198601312019032009

Dibuat rangkap 3 untuk:

1. Mahasiswa ybs
2. Koordinator Skripsi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-02

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Rabu/17 Juli 2024

Waktu : 09.00 WIB

Nama Peserta : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PENUAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T	198601312019032009	1.
2.	Rama Indera Kusuma., ST., MT	198108222006041001	2.
3.	Dwi Esti Intari, ST., M.Sc	198601242014042001	3.
4.	Woelandari Fathonah, S.T., M.T	199012292019032021	4.

Cilegon, 17 Juli 2024
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Rabu/17 Juli 2024

Waktu : 09.00 WIB

Nama Peserta : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PEUNAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		Pertahankan abstrak Tambahkan Analisa Gradasi	

Cilegon, 17 Juli 2024
Dosen Pembimbing I


Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

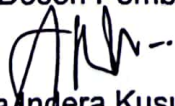
Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Rabu/17 Juli 2024 Waktu : 09.00 WIB
Nama Peserta : Nadira Farsya NPM : 3336200128
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PEUNAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1		Cori: Cori pengura Serbuk marmer. otomasi ready: belanda. Campuran aspal.	

Cilegon, 17 Juli 2024
Dosen Pembimbing II


Rama Andera Kusuma., ST., MT
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Rabu/17 Juli 2024

Waktu : 09.00 WIB

Nama Peserta : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PEUNAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
	54	Karakteristik Serbuk Marmer. (Kandungan, Bentuk, dll). Jelaskan pengaruh ?? tidak hanya menjelaskan makna dan Koefisien Determinasi Limbahan Limbah Serbuk Marmer. Perbedaan Sub STOA & LTOA ?	

Cilegon, 17 Juli 2024
Dosen Penguji I

Dwi Esti Intari, ST., M.Sc
NIP. 198601242014042001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Ahr-03

**SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Rabu/17 Juli 2024

Waktu : 09.00 WIB

Nama Peserta : Nadira Farsya

NPM : 3336200128

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER
TERHADAP PEUNAAN CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1.		Tata tulis	
2.		Penjelasan hasil penelitian & mengacu penelitian sebelumnya.	

Cilegon, 17 Juli 2024
Dosen Penguji II

Woelandari Fathonah, S.T., M.T
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)
Hari/Tgl: Rabu/17 Juli 2024
Waktu: 09.00 WIB
Nama Mahasiswa: Nadira Farsya
NPM: 3336200128

NO	ASPEK YANG DINILAI	PENGUASAAN (0-100)
A	METODOLOGI	
1.	Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian	.....
2.	Prosedur Pengumpulan Data & Analisis Data	.....
3.	Interpretasi Hasil	.....
4.	Penarikan Kesimpulan	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RA) = Jumlah Nilai / 4	.....
B	ISI SKRIPSI	
1.	Relevansi Teori dan Pembahasan	.....
2.	Tata Tulis	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RB) = Jumlah Nilai / 2	.....
C	PROSES BIMBINGAN	
1.	Intensitas Bimbingan	.....
2.	Sikap Saat Bimbingan	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RC) = Jumlah Nilai / 2	.....
D	PROSES SIDANG AKHIR	
1.	Kemampuan Presentasi	.....
2.	Penguasaan Materi	.....
3.	Kemampuan Menjawab	.....
4.	Sikap Saat Presentasi	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RD) = Jumlah Nilai / 4	.....
NILAI AKHIR = (RA + RB + RC + RD)/4		

Cilegon, 17 Juli 2024
Pembimbing I

Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)
Hari/Tgl: Rabu/17 Juli 2024
Waktu: 09.00 WIB
Nama Mahasiswa: Nadira Farsya
NPM: 3336200128

NO	ASPEK YANG DINILAI	PENGUASAAN (0-100)
A	METODOLOGI	
1.	Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian	
2.	Prosedur Pengumpulan Data & Analisis Data	
3.	Interpretasi Hasil	
4.	Penarikan Kesimpulan	
	Jumlah Nilai	
	Rata-Rata Nilai (RA) = Jumlah Nilai / 4	
B	ISI SKRIPSI	
1.	Relevansi Teori dan Pembahasan	
2.	Tata Tulis	
	Jumlah Nilai	
	Rata-Rata Nilai (RB) = Jumlah Nilai / 2	
C	PROSES BIMBINGAN	
1.	Intensitas Bimbingan	
2.	Sikap Saat Bimbingan	
	Jumlah Nilai	
	Rata-Rata Nilai (RC) = Jumlah Nilai / 2	
D	PROSES SIDANG AKHIR	
1.	Kemampuan Presentasi	
2.	Penguasaan Materi	
3.	Kemampuan Menjawab	
4.	Sikap Saat Presentasi	
	Jumlah Nilai	
	Rata-Rata Nilai (RD) = Jumlah Nilai / 4	
NILAI AKHIR = (RA + RB + RC + RD)/4		

Cilegon, 17 Juli 2024

Pembimbing II

Rama Indera Kusuma, ST., MT
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)
Hari/Tgl: Rabu/17 Juli 2024
Waktu: 09.00 WIB
Nama Mahasiswa: Nadira Farsya
NPM: 3336200128

NO	ASPEK YANG DINILAI	PENGUASAAN (0-100)
A	METODOLOGI	.....
1.	Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian	.....
2.	Prosedur Pengumpulan Data & Analisis Data	.....
3.	Interpretasi Hasil	.....
4.	Penarikan Kesimpulan	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RA) = Jumlah Nilai / 4	.....
B	ISI SKRIPSI	.....
1.	Relevansi Teori dan Pembahasan	.....
2.	Tata Tulis	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RB) = Jumlah Nilai / 2	.....
C	PROSES BIMBINGAN	.....
1.	Intensitas Bimbingan	.....
2.	Sikap Saat Bimbingan	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RC) = Jumlah Nilai / 2	.....
D	PROSES SIDANG AKHIR	.....
1.	Kemampuan Presentasi	.....
2.	Penguasaan Materi	.....
3.	Kemampuan Menjawab	.....
4.	Sikap Saat Presentasi	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RD) = Jumlah Nilai / 4	.....
NILAI AKHIR = (RA + RB + RC + RD)/4		

Cilegon, 17 Juli 2024
Penguji I

Dwi Esti Intari, ST., M.Sc
NIP. 198601242014042001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)
Hari/Tgl: Rabu/17 Juli 2024
Waktu: 09.00 WIB
Nama Mahasiswa: Nadira Farsya
NPM: 3336200128

NO	ASPEK YANG DINILAI	PENGUASAAN (0-100)
A	METODOLOGI	.....
	1. Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian	.....
	2. Prosedur Pengumpulan Data & Analisis Data	.....
	3. Interpretasi Hasil	.....
	4. Penarikan Kesimpulan	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RA) = Jumlah Nilai / 4	.....
B	ISI SKRIPSI	
	1. Relevansi Teori dan Pembahasan	.....
	2. Tata Tulis	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RB) = Jumlah Nilai / 2	.....
C	PROSES BIMBINGAN	
	1. Intensitas Bimbingan	.....
	2. Sikap Saat Bimbingan	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RC) = Jumlah Nilai / 2	.....
D	PROSES SIDANG AKHIR	
	1. Kemampuan Presentasi	.....
	2. Penguasaan Materi	.....
	3. Kemampuan Menjawab	.....
	4. Sikap Saat Presentasi	.....
	Jumlah Nilai	.....
	Rata-Rata Nilai (RD) = Jumlah Nilai / 4	.....
NILAI AKHIR = (RA + RB + RC + RD)/4		

Cilegon, 17 Juli 2024

Penguji II

Woelandari Fathonah, S.T., M.T
NIP. 199012292019032021

FORM PENDAFTARAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : NADIRA FARSYA
NIM : 3336200128
Tempat/Tgl Lahir : JAKARTA/18-12-2001
Program Studi : TEKNIK SIPIL - S1 Reguler
Semester Mulai : Ganjil Tahun Akademik 2023/2024
Jumlah SKS yang sudah diselesaikan : 141 SKS
IPK : 3.45
Topik TA : Transportasi
Judul TA : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)
Judul Asing : THE EFFECT OF USE OF MARBLE POWDER WASTE ON THE AGING OF WEAR-COATED ASPHALT CONCRETE (AC-WC)

Dengan Persyaratan:

Cilegon, 26 Juni 2024
Pendaftar,


NADIRA FARSYA
NIM. 3336200128

Mengetahui,
Pembimbing Akademik,


Ngakan Putu Purnaditya, M.T
NIP. 198909142019031008

Menyetujui
Pembimbing I,


Dr. Rindu Tindi Bethary, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : NADIRA FARSYA
 NIM : 3336200128
 Program Studi : TEKNIK SIPIL - S1 Reguler
 Semester : Ganjil Tahun Akademik 2023/2024
 Pembimbing 1 : Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.

Judul Tugas Akhir:

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

No	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
1.	27/10/2023	- Perbaiki sesuai dengan catatan yg diberikan - Ikuti pedoman skripsi	f
2.	16/11/2023	- Tambahkan grafik gradiasi agregat. - Perbaiki variabel penelitian.	f
3.	1/12/2023	- Perbaiki catatan - Seminar proposal	f
4.	6/6/2024	- Intisari diperjelas - tambahkan penjelasan pada karakteristik aspal - Perbaiki grafik	f
5.	13/6/2024	- Perjelas analisis serbuk marmmer terhadap pnuaan - Perbaiki grafik.	f
6.	21/6/2024	- ACC - Ajukan Semhas	f
7.	03/7/2024	Ajukan sidang akhir - Perbaiki penjelasan grafik. - Perbaiki kesimpulan.	f
8.	10/7/2024	- Perbaiki penulisan & Hubungan flow - % Serbuk marmmer - Ajukan sidang akhir	f

Cilegon, 26 Juni 2024
 Mahasiswa,


NADIRA FARSYA
 NIM. 3336200128

Mengetahui,
 Pembimbing Akademik,


Ngakan Putu Purnaditya, M.T
 NIP. 198909142019031008

FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : NADIRA FARSYA
 NIM : 3336200128
 Program Studi : TEKNIK SIPIL - S1 Reguler
 Semester : Ganjil Tahun Akademik 2023/2024
 Pembimbing 2 : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.

Judul Tugas Akhir:

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

No	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
1.	4/12/2023	- Siapkan Seminar Proposal	
2.	11/6/2024	- Perjelas bagaimana cara pembacaan grafik - ACC Seminar Hasil	
3.	27/6/2024	- Perbaiki jawaban dari pertanyaan yang diberikan terkait P^2 pada grafik.	
4.	1/7/2024	- ACC	

Cilegon, 26 Juni 2024
 Mahasiswa,


 NADIRA FARSYA
 NIM. 3336200128

Mengetahui,
 Pembimbing Akademik,


 Ngakan Putu Purnaditya, M.T
 NIP. 198909142019021008

FORM PENDAFTARAN SIDANG TA

Nama Mahasiswa : NADIRA FARSYA
NIM : 3336200128
Program Studi : Teknik Sipil
Semester Mulai : Tahun Akademik 2023/2024
Topik TA : Penuaan Campuran Aspal Beton
Judul Tugas Akhir :
PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

Dengan ini mengajukan untuk pelaksanaan Sidang Ujian Tugas Akhir dengan menyampaikan persyaratan terlampir.

Cilegon, 27 Juni 2024
Mahasiswa,


NADIRA FARSYA
NIM 3336200128

Mengetahui,
Pembimbing Akademik


Ngakan Putu Purnaditya, M.T
NIP 198909142019031008

Menyetujui,

Pembimbing 1 : Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001


:

Pembimbing 2 : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
NIP. 198108222006041001


:

BERITA ACARA SIDANG SKRIPSI / TUGAS AKHIR

Pada hari ini, Tanggal 02 Bulan Juli Tahun 2024, bertempat di III-20 (R.Sidang) Fakultas Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, telah dilaksanakan Ujian Sidang Skripsi/Tugas Akhir atas nama:

Nama Mahasiswa : NADIRA FARSYA
NIM : 3336200128
Penguji : Ketua Sidang : Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
Penguji I : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
Penguji II : Woelandari Fathonah, ST., MT.
Penguji III : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
Judul TA : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENYATAAN ASPAL BETON
Waktu : LAPIS AUS (AC-WC)
Catatan Kejadian : 13:00

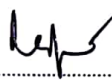
Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 02 Juli 2024

Ketua Sidang : Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001



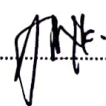
Penguji I : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
NIP. 198601242014042001



Penguji II : Woelandari Fathonah, ST., MT.
NIP. 199012292019032021



Penguji III : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
NIP. 198108222006041001



FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Ketua Sidang

Dosen Ketua Sidang : Dr., RINDU TWIDI BETHARY,
Nama Peserta : NADIRA FARSYA
NIM : 3336200128
Waktu Ujian : 13:00
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		

Cilegon, 02 Juli 2024
Ketua Sidang,



Dr., RINDU TWIDI BETHARY,
NIP. 198212062010122001

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Penguji I

Dosen Penguji I : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
Nama Peserta : NADIRA FARSYA
NIM : 3336200128
Waktu Ujian : 13:00
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
Total Nilai			

Cilegon, 02 Juli 2024
Penguji I,



Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
NIP. 198601242014042001

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Penguji II

Dosen Penguji II : Woelandari Fathonah, ST., MT.
Nama Peserta : NADIRA FARSYA
NIM : 3336200128
Waktu Ujian : 13:00
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		

Cilegon, 02 Juli 2024
Penguji II,


Woelandari Fathonah, ST., MT.
NIP. 199012292019032021

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Penguji III

Dosen Penguji III : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
Nama Peserta : NADIRA FARSYA
NIM : 3336200128
Waktu Ujian : 13:00
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENUAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		89

Cilegon, 02 Juli 2024
Penguji III


RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
NIP. 198108222006041001

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM REKAPITULASI

Nama Peserta : NADIRA FARSYA
NIM : 3336200128
Waktu Ujian : 13:00
Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENYATAAN ASPAL BETON LAPIS
AUS (AC-WC)

NO	PENGUJI	RENTANG NILAI	NILAI
1	Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.	10 - 100	
2	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	10 - 100	
3	Woelandari Fathonah, ST., MT.	10 - 100	
4	RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.	10 - 100	89
Total Nilai			
Nilai Huruf Mutu			

Cilegon, 02 Juli
2024

Ketua Sidang : Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

Penguji I : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
NIP. 198601242014042001

Penguji II : Woelandari Fathonah, ST., MT.
NIP. 199012292019032021

Penguji III : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
NIP. 198108222006041001

FORM REVISI LAPORAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nama : NADIRA FARSYA
 NIM : 3336200128
 Program Studi : TEKNIK SIPIL
 Tanggal Sidang : 02 Juli 2024
 Semester Mulai : Genap 2023/2024
 Judul Tugas Akhir :

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENYATAAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

NO	NAMA PENGUJI	HAL YANG PERLU DIREVISI	PARAF
1	Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.	Acc dapat diilid <i>5/8/2024</i>	Tgl: <i>[Signature]</i>
2	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	<i>Acc dapat diilid 2/8/2024</i>	Tgl: <i>[Signature]</i>
3	Woelandari Fathonah, ST., MT.		Tgl: <i>[Signature]</i>
4	RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.		Tgl: <i>[Signature]</i>

Cilegon, 02 Juli 2024
 Pembimbing Akademik

[Signature]
 Ngakan Putu Puranditya, M.T.
 NIP. 198909142019031008

TRANSKRIP AKADEMIK

ACADEMIC TRANSCRIPT

Sementara

Nama Mahasiswa : **NADIRA FARSYA**
 Name of Students
 Tempat, Tanggal Lahir : **JAKARTA, 18 Desember 2001**
 Place, Date of Birth
 Nomor Register : **3336200128**
 Student Reg. No.

Fakultas : **TEKNIK**
 Faculty
 Program Studi : **TEKNIK SIPIL**
 Study Program
 Tanggal Cetak : **26 Juni 2024**
 Date of Print

NO.	MATA KULIAH	KODE	PRESTASI			
			HM	AM	SKS	M
1	Agama/Religion	UNI622101	A	4.00	2	8.00
2	Dasar-dasar Transportasi/Basic Transportation	TSP622105	A	4.00	2	8.00
3	Fisika Dasar I/Elementary Physics I	TEKSP622101	B+	3.50	2	7.00
4	Gambar Teknik/ Engineering Drawing	TSP622103	A-	3.75	2	7.50
5	Ilmu Lingkungan/Environmental Science	TEKSP622105	A	4.00	2	8.00
6	Ilmu Ukur Tanah/Land Surveying	TSP622107	B-	2.75	2	5.50
7	Kalkulus I/calculus I	TEKSP622103	B+	3.50	3	10.50
8	Praktikum Fisika Dasar/Basic Physics Laboratory	TEKSP622109	B-	2.75	1	2.75
9	Statistik dan Probabilitas/Statistics and Probability	TEKSP622107	B-	2.75	2	5.50
10	Teknologi Beton/concrete technology	TSP622101	A	4.00	2	8.00
11	Fisika Dasar 2/Elementary Physics 2	TEKSP622102	B+	3.50	2	7.00
12	Kalkulus 2/calculus 2	TEKSP622104	A	4.00	3	12.00
13	Kesehatan dan keselamatan kerja/ Health and Safety	TSP622106	A-	3.75	2	7.50
14	Kimia Dasar/Basic Chemistry	TEKSP622106	B+	3.50	2	7.00
15	Konstruksi Bangunan/Building Construction	TSP622102	B+	3.50	2	7.00
16	Moderasi Beragama/Religious Moderation	UNI622102	A	4.00	2	8.00
17	Praktikum Gambar Teknik/Civil Engineering Drawing Laboratory	TSP622110	B	3.00	1	3.00
18	Praktikum Ilmu Ukur Tanah/Land Surveying Laboratory	TSP622112	A	4.00	1	4.00
19	Struktur Statis Tertentu/Certain Static Structure	TSP622104	B	3.00	3	9.00
20	Teknik Lalu Lintas/Traffic Engineering	TSP622108	A	4.00	2	8.00
21	Bandar Udara/Airport	TSP622205	B+	3.50	2	7.00
22	Hidrologi/Hydrology	TSP622201	B+	3.50	2	7.00
23	Kalkulus 3/calculus 3	TEKSP622201	B+	3.50	2	7.00
24	Mekanika Bahan/Materials Mechanics	TSP622211	B	3.00	3	9.00
25	Mekanika Fluida dan Hidrolika/Fluid Mechanics and Hydraulics	TSP622209	B	3.00	2	6.00
26	Mekanika Tanah 1/Soil Mechanics 1	TSP622213	C	2.00	2	4.00
27	Pemindahan Tanah Mekanis & Alat Berat/Earth Moving & Heavy Equipments	TSP622203	B-	2.75	2	5.50
28	Praktikum Hidrolika/Hydraulics Laboratory	TSP622215	A-	3.75	1	3.75
29	Praktikum Teknologi Beton/Concrete Technology Laboratory	TSP622217	B+	3.50	1	3.50
30	Rel Kereta Api/Railway	TSP622207	A-	3.75	2	7.50
31	Drainase/Drainage	TSP622202	B+	3.50	2	7.00
32	Irigasi dan Bangunan Air/Irrigation and Hydraulic Structure	TSP622204	C	2.00	2	4.00
33	Kalkulus 4/calculus 4	TEKSP622202	A	4.00	2	8.00
34	Mekanika Tanah 2/Soil Mechanics 2	TSP622210	B	3.00	2	6.00
35	Pemograman Teknik Sipil/civil engineering Programming	TSP622206	B	3.00	2	6.00
36	Praktikum Mekanika Tanah/Soil Mechanics Laboratory	TSP622218	A	4.00	1	4.00
37	Struktur Beton 1/Concrete Structure 1	TSP622214	A-	3.75	2	7.50
38	Struktur Statis Tak Tentu/Indeterminate Static Structure	TSP622208	B	3.00	3	9.00
39	Teknik Pantai/Coastal engineering	TSP622216	B+	3.50	2	7.00
40	Analisa Struktur Metode Matriks/Matrix Method Structural Analysis	TSP622303	A	4.00	3	12.00
41	Bahasa Indonesia/Indonesian Language	UNI622305	B+	3.50	2	7.00
42	Kewarganegaraan/Civic	UNI622303	A	4.00	2	8.00
43	Metode Numerik/Numerical Method	TEKSP622301	A-	3.75	2	7.50
44	Pancasila/Pancasila	UNI622301	A	4.00	2	8.00
45	Perencanaan Struktur Geometri Jalan/Geometric Design of Road Structures	TSP622301	B+	3.50	2	7.00
46	Rekayasa Pondasi 1/Foundation Engineering 1	TSP622305	B	3.00	2	6.00
47	Struktur Baja 1/Steel Structures 1	TSP622307	A-	3.75	2	7.50
48	Struktur Beton 2/Concrete Structure 2	TSP622309	C+	2.50	2	5.00
49	Kerja Praktek/Internship	TSP622300	A	4.00	2	8.00
50	Kuliah Kerja Mahasiswa (KKM)/Working College Student	UNI622304	A	4.00	3	12.00
51	Metodologi Penelitian/Research Methodology	TSP622312	A	4.00	2	8.00

52	Perencanaan Perkerasan Jalan/Highway Pavement Design	TSP622304	B	3.00	2	6.00
53	Praktikum Perkerasan Jalan/Highway Pavement Laboratory	TSP622314	A	4.00	1	4.00
54	Rekayasa Pondasi 2/Foundation Engineering 2	TSP622306	C+	2.50	2	5.00
55	Struktur Baja 2/Steel Structures 2	TSP622308	C+	2.50	2	5.00
56	Struktur Kayu/Timber Structure	TSP622302	A	4.00	2	8.00
57	Studi Kebantenan/Banten Research	UNI622302	B+	3.50	2	7.00
58	Teknik Gempa/Earthquake engineering	TSP622310	D	1.00	2	2.00
59	English for Academic Purpose/English for Academic Purpose	UNI622401	A-	3.75	3	11.25
60	Infrastruktur Kota Industri/Infrastructure of Industrial City	TSP622409	A-	3.75	2	7.50
61	Ketahanan Pangan/Food Security	UNI622405	B+	3.50	2	7.00
62	Kewirausahaan Teknik Sipil/Civil Engineering Entrepreneurship	TSP622403	A-	3.75	2	7.50
63	Metode Pelaksanaan Konstruksi/Construction Method	TSP622407	A-	3.75	2	7.50
64	Pelabuhan/harbour	TSP622405	A-	3.75	2	7.50
65	Perencanaan Struktur Gedung/Structural Building Design	TSP622401	C	2.00	2	4.00
66	Rencana Anggaran Biaya (RAB)/budget-estimate plan	TSP622412	A-	3.75	2	7.50
67	Teknologi dan Transformasi Digital/Technology and Digital Transformation	UNI622403	A	4.00	2	8.00
68	Aspek Hukum Teknik Sipil/Legal Aspects of Civil Engineering	TSP622404	A-	3.75	2	7.50
69	Perencanaan Angkutan Umum/Public Transport Design	TSP622423	A-	3.75	2	7.50
70	Perencanaan dan Pemodelan Transportasi/Transport Planning and Modelling	TSP622424	A	4.00	2	8.00
Jumlah					141	486

Indeks Prestasi	3.45
-----------------	------

Yudisium
Judul Skripsi (Major Subject)
PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK MARMER TERHADAP PENYAJIAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)
THE EFFECT OF USE OF MARBLE POWDER WASTE ON THE AGING OF WEAR-COATED ASPHALT CONCRETE (AC-WC)

Dengan ini saya menyatakan bahwa Transkrip Nilai diatas adalah benar sesuai dengan prestasi kuliah saya dan akan dijadikan referensi dalam pencetakan Transkrip Nilai Akhir Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Mahasiswa,


NADIRA FARSYA
3336200128

Cilegon, 26 Juni 2024
Pembimbing Akademik,


Ngakan Putu Purnaditya, M.T
NIP 198909142019031008



PENGANTAR

HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM

Berdasarkan Surat Permohonan Pengujian No. **008/UN43.3.6/TA.03/I/2024** dan memperhatikan Surat Keterangan Bebas Lab No. **042/UN43.3/TA.00.00/2024**, maka pada tanggal **31 May 2024** telah selesai dilakukan Pengujian *Marshall* pada Penelitian Tugas Akhir (TA) dari **Nadira Farsya /3336200128**, Hasil Pengujian tersebut dapat dilihat pada lampiran (Blanko Pengujian)

Demikian Pengantar Hasil Pengujian Laboratorium ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 20 Juni 2024
Kepala Laboratorium Teknik Sipil


Ngakan Putu Purnaditya, ST, MT
NIP. 198909142019031008



**LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL BAHAN &
BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon, Tlp. (0254)395502 Ext. 19**

Cilegon, 20 Juni 2024

No : 042/UN43.3/TA.00.00/2024
Lampiran : 1
Perihal : Permohonan Bebas Laboratorium

Kepada Yth,
Kepala Laboratorium Teknik Sipil UNTIRTA
Di Tempat.

Dengan hormat,
Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa/dosen :
Nama : Nadira Farsya
NIM / NIP : 3336200128
Jurusan : Teknik Sipil
Judul Penelitian : Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Terhadap
Penuaan Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)
Dosen Pembimbing: Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
Kegiatan : Skripsi

Mengajukan permohonan bebas Laboratorium

Demikian permohonan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Saya siap mengikuti SOP dan Tata Tertib Laboratorium yang berlaku, kerusakan/kehilangan alat yang disebabkan oleh kesalahan peneliti menjadi tanggung jawab peneliti.

Mengetahui
Kepala Laboratorium Teknik Sipil


Ngakan Putu Purnaditya, ST., MT
NIP. 198909142019031008

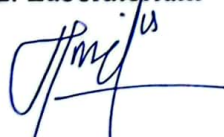
Pemohon


Nadira Farsya
NIM. 3336200128

DAFTAR PENGEMBALIAN ALAT LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

No	Nama Alat	Satuan	Vol	K	
				Sebelum	Sesudah
1	Hammer Test	buah	1	Baik	Baik
2	Cawan Besar	buah	Menyesuaikan	Baik	Baik
3	Cawan Kecil	buah	Menyesuaikan	Baik	Baik
4	Cawan Porselen	buah	Menyesuaikan	Baik	Baik
5	Timbangan (ketelitian 0,01	buah	1	Baik	Baik
6	Desikator	buah	1	Baik	Baik
7	Saringan (No $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, 4,	set	1	Baik	Baik
8	Oven	buah	1	Baik	Baik
9	Picnometer 500 ml	buah	1	Baik	Baik
10	Mesin Pengguncang (sieve	buah	1	Baik	Baik
11	Kuas	buah	1	Baik	Baik
12	Sendok	buah	1	Baik	Baik
13	Mesin Abrasi Los Angeles	buah	1	Baik	Baik
14	Bola bola baja dengan berat	buah	11	Baik	Baik
15	Sarung tangan	buah	1	Baik	Baik
16	Bak perendam	buah	1	Baik	Baik
17	Keranjang kawat	buah	1	Baik	Baik
18	Water Bath	buah	1	Baik	Baik
19	Kompor Listrik	buah	1	Baik	Baik
20	Corong kaca	buah	1	Baik	Baik
21	Kompor	buah	1	Baik	Baik
22	Tabung gas	buah	1	Baik	Baik
23	Teko	buah	1	Baik	Baik
24	Viscometer saybolt furol dan	buah	1	Baik	Baik
25	Termometer	buah	1	Baik	Baik
26	Labu penampung	buah	1	Baik	Baik
27	Oven khusus aspal	buah	1	Baik	Baik
28	Penetrometer, jarum penetrasi,	set	1	Baik	Baik
29	Alat marshall test	set	1	Baik	Baik
30	Ductility Machine	buah	1	Baik	Baik
31	Alat softening point test	set	1	Baik	Baik
32	Alat cleveland open cup	set	1	Baik	Baik
33	Extraction test machine	set	1	Baik	Baik
34	Spatula	buah	1	Baik	Baik
35	Panci	buah	1	Baik	Baik

Mengetahui
Koord. Laboratorium


Hamid Wafiq Usnawa
NIM. 3336200045

Cilegon, 20 Juni 2024
Pemohon


Nadira Farsya
NIM. 3336200128

PEMERIKSAAN MATERIAL LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

No	Nama Material	Satuan	Volume	
			Awal	Akhir
1	Aspal pen 60/70	Drum	1	Masih ada
2	Agregat Kasar	Karung	1	0
3	Agregat Halus	Karung	1	0
4	Serbuk Marmer	Karung	1	0

CATATAN

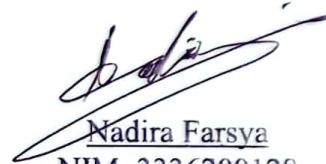
1. Pembersihan material segera setelah penelitian selesai (maksimal 1 minggu)
2. Pembersihan sisa-sisa material menjadi tanggung jawab peneliti

Mengetahui
Koord. Laboratorium



Hamid Wafiq Usnawa
NIM. 3336200045

Cilegon, 20 Juni 2024
Pemohon



Nadira Farsya
NIM. 3336200128

LAMPIRAN 2
Data Hasil Pengujian Laboratorium



Asistensi Laboratorium Nama : Fadhila Abidatun Nahar NIM : 3336200090	Paraf 	Peneliti Nama : Nadira Farsya NIM : 3336200128	Paraf 
---	--	--	--



Asistensi Laboratorium	Paraf	Peneliti	Paraf
Nama : Fadhila Abidatun Nahar		Nama : Nadira Farsya	
NIM : 3336200090		NIM : 3336200128	



No. Pengujian	: 3	Lokasi Pengujian	: Laboratorium Teknik
Jenis Material	: Agregat Halus		: Sipil Untirta
Jenis Pengujian	: Berat Jenis Agregat Halus	Tanggal Pengujian	: Maret 2024

Tabel 3

KETERANGAN	Nilai	Satuan
Berat Benda Uji Permukaan Jenuh (SSD)	500	gram
Berat Benda Uji Oven (Bk)	483,67	gram
Berat Picnometer Diisi Air (25 ⁰ C)	758,67	gram
Berat Picnometer + Benda Uji (SSD) + Air (25 ⁰ C) (Bt)	1070,833	gram
Berat Jenis Bulk— $\frac{Bk}{B+SSD-Bt}$	2,58	gram/ml
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh— $\frac{SSD}{B+SSD-Bt}$	2,66	gram/ml
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)— $\frac{Bk}{B+Bk-Bt}$	2,82	gram/ml
Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)— $\frac{SSD-Bk}{Bk} \times 100 \%$	3,38	%

Asistensi Laboratorium	Paraf	Peneliti	Paraf
Nama : Fadhila Abidatun Nahar		Nama : Nadira Farsya	
NIM : 3336200090		NIM : 3336200128	



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 4
Jenis Material : Agregat Kasar
Jenis Pengujian : Los Angeles Abration

Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 4

LAA Agregat Alam				
Gradasi Pemeriksaan		Batu Pecah		
Saringan		Hasil Pengujian		
Lewat	Tertahan	Berat sebelum, a (g)		
4-Mar	½	2500	2500	2500
½	8-Mar	2500	2500	2500
Jumlah berat		5000	5000	5000
Berat sesudah, b (g)		3977,5	3568	3867
a-b		1022,5	1432	1133
LAA Agregat Alam				
Keausan (%)		20,45	28,64	22,66
Keausan rata-rata (%)		23,92		

Asistensi Laboratorium Nama : Fadhila Abidatun Nahar NIM : 3336200090	Paraf 	Peneliti Nama : Nadira Farsya NIM : 3336200128	Paraf
---	-----------	--	-----------



No. Pengujian : 5
 Jenis Material : Serbuk Marmer
 Jenis Pengujian : Berat Jenis Serbuk Mamer

Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
 Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 5

Keterangan	Nilai	
Berat Piknometer (W1)	72,5	gram
Berat Piknometer + air (25 ⁰ C) (W2)	219,166	gram
Berat Piknometer + benda uji (W3)	97,5	gram
Berat Piknometer + benda uji + air (W4)	234,833	gram
Berat jenis Serbuk Marmer $\frac{(W3-W1)}{(W2-W1)-(W4-W3)}$	2,678	gram/ml

Asistensi Laboratorium	Paraf	Peneliti	Paraf
Nama : Fadhila Abidatun Nahar		Nama : Nadira Farsya	
NIM : 3336200090		NIM : 3336200128	



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 6
Jenis Material : Aspal Penetrasi 60/70
Jenis Pengujian : Berat Jenis Aspal

Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 6

Keterangan	Hasil	Satuan
Berat piknometer (W1)	34,5	gram
Berat piknometer + Air (W2)	135,5	gram
Berat piknometer + Benda uji (W3)	126	gram
Berat piknometer + benda uji + Air (W4)	142,5	gram
BJ Aspal $\frac{(W3-W1)}{(W2-W1)-(W4-W3)}$	1,083	gram

Asistensi Laboratorium Nama : Fadhila Abidatun Nahar NIM : 3336200090	Paraf 	Peneliti Nama : Nadira Farsya NIM : 3336200128	Paraf
---	-----------	--	-----------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 7
Jenis Material : Aspal Penetrasi 60/70
Jenis Pengujian : Penetrasi Aspal

Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik
Sipil Untirta
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 7

Keterangan		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
Contoh Dipanaskan	Mulai jam :	10.00 WIB	115 °C
	Selesai jam :	10.30 WIB	
Mendinginkan Pada suhu Ruang	Mulai jam :	10.40 WIB	30 °C
	Selesai jam :	11.10 WIB	
Direndam pada suhu 25 °C	Mulai jam :	11.10 WIB	Temperatur bak perendam 25 °C
	Selesai jam :	13.10 WIB	
Pemeriksaan penetrasi pada suhu 25 °C	Mulai jam :	13.10 WIB	Temperatur alat 25 °C
	Selesai jam :	14.30 WIB	

Penetrasi pada suhu 25 °C Beban 100 gram selama 5 detik	I	II	III
Pengamatan I	65	70	66
Pengamatan II	70	67	63
Pengamatan III	67	68	64
Pengamatan IV	66	64	68
Pengamatan V	62	63	63
Pengamatan VI	66	63	62
Rata-Rata	66	65,8	64,3
Rata-Rata	65,4		

Asistensi Laboratorium Nama : Fadhila Abidatun Nahar NIM : 3336200090	Paraf 	Peneliti Nama : Nadira Farsya NIM : 3336200128	Paraf
---	-----------	--	-----------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 8
Jenis Material : Aspal Penetrasi 60/70
Jenis Pengujian : Daktilitas Aspal

Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 8

Daktilitas Pada 25°C, 5 cm/menit	Panjang pengujian (cm)
I	100
II	120
III	105
Rata-rata	108,3

Asistensi Laboratorium Nama : Fadhila Abidatun Nahar NIM : 3336200090	Paraf 	Peneliti Nama : Nadira Farsya NIM : 3336200128	Paraf 
---	--	--	--



No. Pengujian	: 9	Lokasi Pengujian	: Laboratorium Teknik
Jenis Material	: Aspal Penetrasi 60/70		: Sipil Untirta
Jenis Pengujian	: Kehilangan Berat Minyak	Tanggal Pengujian	: Maret 2024

Tabel 9

Keterangan		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
Contoh Dipanaskan	Mulai jam :	10.00 WIB	140 °C
	Selesai jam :	11.00 WIB	
Mendinginkan Pada suhu Ruang	Mulai jam :	16.00 WIB	25 °C
	Selesai jam :	16.300 WIB	
Pemeriksaan pada suhu 163 °C	Mulai jam :	11.00 WIB	50°C
	Selesai jam :	16.00 WIB	163°C

Keterangan	I	II	III
Berat cawan + aspal keras (g)	62	62	62
Berat cawan kosong (g)	11,5	11,5	11,5
Berat aspal keras (g)	50,5	50,5	50,5
Berat sebelum pemanasan (g)	62	62	62
Berat sesudah pemanasan (g)	61,5	61,7	61,65
Berat endapan (g)	0,5	0,3	0,35
Kehilangan berat aspal (%)	0,81%	0,48%	0,56%
Rata-Rata	0,62%		

Asistensi Laboratorium	Paraf	Peneliti	Paraf
Nama : Fadhila Abidatun Nahar		Nama : Nadira Farsya	
NIM : 3336200090		NIM : 3336200128	



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

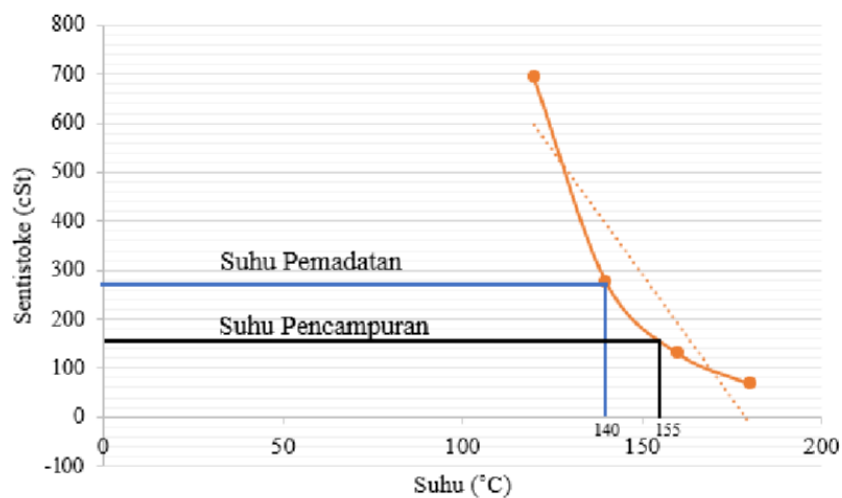
BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 10
Jenis Material : Aspal Penetrasi 60/70
Jenis Pengujian : Kekentalan Aspal

Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik
Sipil Untirta
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 10

Viskositas	Suhu	Waktu	cSt
Pengamatan 1	120	328	694
Pengamatan 2	140	132	276,818
Pengamatan 3	160	63	130,333
Pengamatan 4	180	34	67,1667



Perkiraan temperatur pencampuran (170 cSt) = 155 °C

Perkiraan temperatur pemadatan (280 cSt) = 140 °C

Asistensi Laboratorium Nama : Fadhila Abidatun Nahar NIM : 3336200090	Paraf 	Peneliti Nama : Nadira Farsya NIM : 3336200128	Paraf
---	-----------	--	-----------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 11
Jenis Material : Aspal Penetrasi 60/70
Jenis Pengujian : Titik Nyalan dan Titik Bakar

Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 11

Titik	waktu	Suhu
Nyala	4 menit 20 detik	350 °C
Bakar	5 menit 54 detik	390 °C

Asistensi Laboratorium Nama : Fadhila Abidatun Nahar NIM : 3336200090	Paraf 	Peneliti Nama : Nadira Farsya NIM : 3336200128	Paraf 
---	--	--	--



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 12
Jenis Material : Aspal Penetrasi 60/70
Jenis Pengujian : Titik Lembek

Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 12

No.	Suhu yang Diamati (°C)	Waktu (s)		Titik Lembek (°C)	
		I	II	I	II
1	5	-	-		
2	10	167	170		
3	15	400	370		
4	20	628	610		
5	25	947	836		
6	30	1251	1117		
7	35	1482	1323		
8	40	1581	1613		
9	45	1782	1659		
10	50	1823	1713		
11	55		1756		
12	60				

Titik Lembek (°C)	Titik Lembek (°C)
50	53

Asistensi Laboratorium Nama : Fadhila Abidatun Nahar NIM : 3336200090	Paraf 	Peneliti Nama : Nadira Farsya NIM : 3336200128	Paraf
---	-----------	--	-----------

LAMPIRAN 3
Hasil Analisis Perhitungan



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 13 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknnik
Jenis Material : Kadar Serbuk Marmer 0%, 1%, 2%, 3% Sipil Untirta
Jenis Pengujian : Pengujian Marshall Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 13

Kadar Serbuk Marmer (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Kode Briket	Tinggi Benda Uji (cm)	Angka Korelasi Beban	Kadar Aspal		BJ Bulk Agregat	Berat Benda Uji (g)			Isi Benda Uji (cc)	BJ Campuran Maksimum (gmm)	BJ Efektif Agregat (Gse)	Berat Isi (g/m³) (Gmb)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas		flow (mm)	MQ
					Terhadap Berat Agregat (%)	Terhadap Berat Campuran (%)		Kering	SSD	Dalam Air								Bacaan Pada Alat	Setelah Dikoreksi (kg)		
					a	b		c	d	e								f	g			h	i	j = h - i	k	l	m	n	o	p	q	r	s
0	6,25	A - 1	7,90	1,09	93,75	6,25	2,58	1153,00	1157,00	666,00	491,00	2,45	2,68	2,35	4,23	17,78	76,23	88,00	1046,56	2,60	402,52
		A - 2	7,70	1,09	93,75	6,25	2,58	1149,00	1154,00	664,00	490,00	2,45	2,68	2,34	4,36	17,90	75,62	80,00	951,42	2,55	373,11
		A - 3	7,70	1,09	93,75	6,25	2,58	1149,50	1156,00	667,00	489,00	2,45	2,68	2,35	4,13	17,70	76,68	82,00	975,21	2,60	375,08
		Rata-Rata	7,77	1,09	93,75	6,25	2,58	1150,50	1155,67	665,67	490,00	2,45	2,68	2,35	4,24	17,79	76,17	83,33	991,06	2,58	383,64
1	5,75	A - 1	8,00	1,09	94,25	5,75	2,58	1155,00	1155,00	667,00	488,00	2,47	2,68	2,37	4,12	16,69	75,31	91,00	1082,24	2,55	424,41
		A - 2	7,90	1,09	94,25	5,75	2,58	1151,00	1152,50	666,00	486,50	2,47	2,68	2,37	4,16	16,72	75,13	96,00	1141,71	2,60	439,12
		A - 3	7,70	1,09	94,25	5,75	2,58	1152,00	1152,50	665,00	487,50	2,47	2,68	2,36	4,27	16,82	74,60	90,00	1070,35	2,50	428,14
		Rata-Rata	7,87	1,09	94,25	5,75	2,58	1152,67	1153,33	666,00	487,33	2,47	2,68	2,37	4,18	16,74	75,01	92,33	1098,10	2,55	430,63
2	5,50	A - 1	7,90	1,09	94,50	5,50	2,58	1155,00	1156,00	669,00	487,00	2,48	2,68	2,37	4,25	16,30	73,92	102,00	1213,06	2,60	466,56
		A - 2	7,70	1,09	94,50	5,50	2,58	1148,00	1149,00	666,00	483,00	2,48	2,68	2,38	4,04	16,12	74,92	98,00	1165,49	2,40	485,62
		A - 3	7,90	1,09	94,50	5,50	2,58	1153,00	1154,00	669,00	485,00	2,48	2,68	2,38	4,02	16,10	75,02	101,00	1201,17	2,50	480,47
		Rata-Rata	7,83	1,09	94,50	5,50	2,58	1152,00	1153,00	668,00	485,00	2,48	2,68	2,38	4,10	16,17	74,62	100,33	1193,24	2,50	477,30
3	5,50	A - 1	8,00	1,09	94,50	5,50	2,58	1154,00	1155,00	669,00	486,00	2,48	2,68	2,37	4,14	16,20	74,47	86,00	1022,78	2,45	417,46
		A - 2	7,90	1,14	94,50	5,50	2,58	1140,00	1143,50	665,00	478,50	2,48	2,68	2,38	3,81	15,92	76,04	95,00	1181,64	2,50	472,66
		A - 3	7,80	1,14	94,50	5,50	2,58	1140,00	1146,50	666,00	480,50	2,48	2,68	2,37	4,21	16,27	74,09	87,00	1082,13	2,50	432,85
		Rata-Rata	7,90	1,12	94,50	5,50	2,58	1144,67	1148,33	666,67	481,67	2,48	2,68	2,38	4,05	16,13	74,86	89,33	1094,91	2,48	440,90



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 14
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknnik
Jenis Material : Kadar Serbuk Marmer 0%, 1%, 2%, 3%
Sipil Untirta
Jenis Pengujian : Pengujian Penuaan Marshall STOA
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 14

Kadar Serbuk Marmer (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Kode Briket	Tinggi Benda Uji (cm)	Angka Korelasi Beban	Kadar Aspal		BJ Bulk Agregat	Berat Benda Uji (g)			Isi Benda Uji (cc)	BJ Campuran Maksimum (gmm)	BJ Efektif Agregat (Gse)	Berat Isi (g/m³) (Gmb)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas		flow (mm)	MQ
					Terhadap Berat Agregat (%)	Terhadap Berat Campuran (%)		Kering	SSD	Dalam Air								Bacaan Pada Alat	Setelah Dikoreksi (kg)		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j = h - i	k		l	m	n	o	p	q	r	s
0	6,25	A - 1	7,50	1,09	93,75	6,25	2,58	1142,50	1145,00	657,00	488,00	2,45	2,68	2,34	4,52	18,03	74,95	80,00	951,42	2,50	380,57
		A - 2	7,70	1,09	93,75	6,25	2,58	1143,00	1148,00	659,00	489,00	2,45	2,68	2,34	4,67	18,16	74,29	82,00	975,21	2,55	382,43
		A - 3	8,00	1,09	93,75	6,25	2,58	1148,00	1153,50	661,00	492,50	2,45	2,68	2,33	4,93	18,39	73,17	85,00	1010,89	2,55	396,43
		Rata-Rata	7,73	1,09	93,75	6,25	2,58	1144,50	1148,83	659,00	489,83	2,45	2,68	2,34	4,71	18,19	74,14	82,33	979,17	2,53	386,52
1	5,75	A - 1	8,30	1,09	94,25	5,75	2,58	1138,00	1142,50	659,00	483,50	2,47	2,68	2,35	4,65	17,15	72,87	90,00	1070,35	2,50	428,14
		A - 2	8,00	1,09	94,25	5,75	2,58	1142,00	1146,00	662,00	484,00	2,47	2,68	2,36	4,42	16,95	73,94	94,00	1117,92	2,60	429,97
		A - 3	7,80	1,09	94,25	5,75	2,58	1137,50	1142,00	659,00	483,00	2,47	2,68	2,36	4,60	17,10	73,12	87,00	1034,67	2,40	431,11
		Rata-Rata	8,03	1,09	94,25	5,75	2,58	1139,17	1143,50	660,00	483,50	2,47	2,68	2,36	4,56	17,07	73,31	90,33	1074,31	2,50	429,73
2	5,50	A - 1	8,00	1,09	94,50	5,50	2,58	1145,00	1149,00	666,00	483,00	2,48	2,68	2,37	4,29	16,33	73,72	103,00	1224,96	2,50	489,98
		A - 2	7,80	1,14	94,50	5,50	2,58	1140,00	1144,00	663,00	481,00	2,48	2,68	2,37	4,31	16,35	73,62	90,00	1119,45	2,40	466,44
		A - 3	7,50	1,09	94,50	5,50	2,58	1140,50	1144,50	660,00	484,50	2,48	2,68	2,35	4,96	16,92	70,66	101,00	1201,17	2,50	480,47
		Rata-Rata	7,77	1,11	94,50	5,50	2,58	1141,83	1145,83	663,00	482,83	2,48	2,68	2,36	4,52	16,54	72,67	98,00	1183,31	2,47	479,72
3	5,50	A - 1	8,20	1,14	94,50	5,50	2,58	1140,00	1143,00	664,00	479,00	2,48	2,68	2,38	3,91	16,00	75,54	88,00	1094,57	2,40	456,07
		A - 2	7,90	1,09	94,50	5,50	2,58	1137,50	1144,00	661,00	483,00	2,48	2,68	2,36	4,92	16,88	70,86	89,00	1058,46	2,45	432,02
		A - 3	7,90	1,14	94,50	5,50	2,58	1135,00	1140,00	660,00	480,00	2,48	2,68	2,36	4,54	16,55	72,59	84,00	1044,82	2,35	444,60
		Rata-Rata	8,00	1,12	94,50	5,50	2,58	1137,50	1142,33	661,67	480,67	2,48	2,68	2,37	4,46	16,48	73,00	87,00	1066,31	2,40	444,30



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 15
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknnik
Jenis Material : Kadar Serbuk Marmer 0%, 1%, 2%, 3%
Sipil Untirta
Jenis Pengujian : Pengujian Penuaan Marshall LTOA
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 15

Kadar Serbuk Marmer (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Kode Briket	Tinggi Benda Uji (cm)	Angka Korelasi Beban	Kadar Aspal		BJ Bulk Agregat	Berat Benda Uji (g)			Isi Benda Uji (cc)	BJ Campuran Maksimum (gmm)	BJ Efektif Agregat (Gse)	Berat Isi (g/m³) (Gmb)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas		flow (mm)	MQ
					Terhadap Berat Agregat (%)	Terhadap Berat Campuran (%)		Kering	SSD	Dalam Air								Bacaan Pada Alat	Setelah Dikoreksi (kg)		
					a	b		c	d	e								f	g			h	i	j = h - i	k	l	m	n	o	p	q	r	s
0	6,25	A - 1	7,40	1,04	93,75	6,25	2,58	1155,00	1164,00	665,00	499,00	2,45	2,68	2,31	5,60	18,96	70,47	83,00	941,82	2,50	376,73
		A - 2	7,60	1,09	93,75	6,25	2,58	1151,00	1156,00	662,00	494,00	2,45	2,68	2,33	4,97	18,42	73,00	84,00	998,99	2,50	399,60
		A - 3	7,70	1,09	93,75	6,25	2,58	1150,50	1155,50	662,00	493,50	2,45	2,68	2,33	4,92	18,37	73,23	81,00	963,31	2,50	385,33
		Rata-Rata	7,57	1,07	93,75	6,25	2,58	1152,17	1158,50	663,00	495,50	2,45	2,68	2,33	5,16	18,59	72,23	82,67	968,10	2,50	387,24
1	5,75	A - 1	8,00	1,09	94,25	5,75	2,58	1154,00	1158,00	668,00	490,00	2,47	2,68	2,36	4,60	17,10	73,13	85,00	1010,89	2,40	421,20
		A - 2	7,70	1,09	94,25	5,75	2,58	1158,00	1161,00	668,00	493,00	2,47	2,68	2,35	4,85	17,32	72,01	88,00	1046,56	2,45	427,17
		A - 3	7,90	1,09	94,25	5,75	2,58	1162,00	1166,00	670,00	496,00	2,47	2,68	2,34	5,10	17,54	70,94	94,00	1117,92	2,50	447,17
		Rata-Rata	7,87	1,09	94,25	5,75	2,58	1158,00	1161,67	668,67	493,00	2,47	2,68	2,35	4,85	17,32	72,03	89,00	1058,46	2,45	432,02
2	5,50	A - 1	7,80	1,09	94,50	5,50	2,58	1158,00	1161,00	669,00	492,00	2,48	2,68	2,35	4,98	16,93	70,61	102,00	1213,06	2,50	485,23
		A - 2	7,90	1,09	94,50	5,50	2,58	1153,50	1157,00	669,00	488,00	2,48	2,68	2,36	4,57	16,58	72,43	98,00	1165,49	2,40	485,62
		A - 3	7,90	1,09	94,50	5,50	2,58	1152,00	1155,50	667,00	488,50	2,48	2,68	2,36	4,79	16,77	71,43	96,00	1141,71	2,40	475,71
		Rata-Rata	7,87	1,09	94,50	5,50	2,58	1154,50	1157,83	668,33	489,50	2,48	2,68	2,36	4,78	16,76	71,49	98,67	1173,42	2,43	482,23
3	5,50	A - 1	7,80	1,09	94,50	5,50	2,58	1154,00	1157,00	669,00	488,00	2,48	2,68	2,36	4,53	16,54	72,63	85,00	1010,89	2,30	439,52
		A - 2	8,00	1,09	94,50	5,50	2,58	1157,50	1160,00	669,00	491,00	2,48	2,68	2,36	4,82	16,80	71,30	87,00	1034,67	2,30	449,86
		A - 3	7,70	1,09	94,50	5,50	2,58	1151,00	1155,00	667,00	488,00	2,48	2,68	2,36	4,77	16,76	71,51	84,00	998,99	2,30	434,34
		Rata-Rata	7,83	1,09	94,50	5,50	2,58	1154,17	1157,33	668,33	489,00	2,48	2,68	2,36	4,71	16,70	71,81	85,33	1014,85	2,30	441,24



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 16
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknnik
Jenis Material : Kadar Serbuk Marmer 0%, 1%, 2%, 3%
Sipil Untirta
Jenis Pengujian : Pengujian Penuaan Marshall STOA Rendam
Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 16

Kadar Serbuk Marmer (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Kode Briket	Tinggi Benda Uji (cm)	Angka Korelasi Beban	Kadar Aspal		BJ Bulk Agregat	Berat Benda Uji (g)			Isi Benda Uji (cc)	BJ Campuran Maksimum (gmm)	BJ Efektif Agregat (Gse)	Berat Isi (g/m³) (Gmb)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas		flow (mm)	MQ
					Terhadap Berat Agregat (%)	Terhadap Berat Campuran (%)		Kering	SSD	Dalam Air								Bacaan Pada Alat	Setelah Dikoreksi (kg)		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j = h - i	k	l	m	n	o	p	q	r	s	
0	6,25	A - 1	7,50	1,09	93,75	6,25	2,58	1138,00	1147,50	659,00	488,50	2,45	2,68	2,33	4,99	18,44	72,94	82,00	975,21	2,55	382,43
		A - 2	7,70	1,09	93,75	6,25	2,58	1134,50	1140,00	652,00	488,00	2,45	2,68	2,32	5,18	18,60	72,13	79,00	939,53	2,50	375,81
		A - 3	7,80	1,09	93,75	6,25	2,58	1140,00	1150,00	664,00	486,00	2,45	2,68	2,35	4,33	17,87	75,76	85,00	1010,89	2,60	388,80
		Rata-Rata	7,67	1,09	93,75	6,25	2,58	1137,50	1145,83	658,33	487,50	2,45	2,68	2,33	4,84	18,30	73,61	82,00	975,21	2,55	382,43
1	5,75	A - 1	7,70	1,14	94,25	5,75	2,58	1140,00	1148,50	669,00	479,50	2,47	2,68	2,38	3,69	16,31	77,38	91,00	1131,89	2,60	435,34
		A - 2	7,90	1,09	94,25	5,75	2,58	1137,50	1145,00	659,00	486,00	2,47	2,68	2,34	5,19	17,61	70,56	86,00	1022,78	2,50	409,11
		A - 3	8,00	1,09	94,25	5,75	2,58	1132,00	1138,00	654,00	484,00	2,47	2,68	2,34	5,25	17,67	70,27	88,00	1046,56	2,50	418,63
		Rata-Rata	7,87	1,11	94,25	5,75	2,58	1136,50	1143,83	660,67	483,17	2,47	2,68	2,35	4,71	17,20	72,74	88,33	1066,59	2,53	421,02
2	5,50	A - 1	7,70	1,14	94,50	5,50	2,58	1142,00	1147,00	668,00	479,00	2,48	2,68	2,38	3,75	15,86	76,37	90,00	1119,45	2,50	447,78
		A - 2	7,80	1,09	94,50	5,50	2,58	1139,50	1144,00	660,00	484,00	2,48	2,68	2,35	4,95	16,91	70,72	88,00	1046,56	2,50	418,63
		A - 3	7,80	1,14	94,50	5,50	2,58	1133,00	1139,00	657,00	482,00	2,48	2,68	2,35	5,10	17,04	70,07	88,00	1094,57	2,50	437,83
		Rata-Rata	7,77	1,12	94,50	5,50	2,58	1138,17	1143,33	661,67	481,67	2,48	2,68	2,36	4,60	16,60	72,38	88,67	1086,74	2,50	434,70
3	5,50	A - 1	7,90	1,09	94,50	5,50	2,58	1142,50	1152,50	669,00	483,50	2,48	2,68	2,36	4,60	16,60	72,28	87,00	1034,67	2,50	413,87
		A - 2	7,80	1,14	94,50	5,50	2,58	1139,50	1145,00	663,00	482,00	2,48	2,68	2,36	4,56	16,56	72,49	84,00	1044,82	2,40	435,34
		A - 3	7,90	1,14	94,50	5,50	2,58	1137,00	1143,00	662,00	481,00	2,48	2,68	2,36	4,57	16,57	72,44	84,00	1044,82	2,40	435,34
		Rata-Rata	7,87	1,12	94,50	5,50	2,58	1139,67	1146,83	664,67	482,17	2,48	2,68	2,36	4,58	16,58	72,41	85,00	1041,80	2,43	428,14



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

BLANKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 17 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknnik

Jenis Material : Kadar Serbuk Marmer 0%, 1%, 2%, 3% Sipil Untirta

Jenis Pengujian : Pengujian Penuaan Marshall LTOA Rendam Tanggal Pengujian : Maret 2024

Tabel 17

Kadar Serbuk Marmer (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Kode Briket	Tinggi Benda Uji (cm)	Angka Korelasi Beban	Kadar Aspal		BJ Bulk Agregat	Berat Benda Uji (g)			Isi Benda Uji (cc)	BJ Campuran Maksimum (gmm)	BJ Efektif Agregat (Gse)	Berat Isi (g/m³) (Gmb)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas		flow (mm)	MQ
					Terhadap Berat Agregat (%)	Terhadap Berat Campuran (%)		Kering	SSD	Dalam Air								Bacaan Pada Alat	Setelah Dikoreksi (kg)		
					d	e		g	h	i								p	q		
0	6,25	A - 1	7,60	1,00	93,75	6,25	2,58	1170,00	1182,00	672,00	510,00	2,45	2,68	2,29	6,44	19,68	67,29	84,00	916,51	2,50	366,60
		A - 2	7,70	1,00	93,75	6,25	2,58	1165,00	1178,00	670,00	508,00	2,45	2,68	2,29	6,47	19,71	67,17	89,00	971,06	2,55	380,81
		A - 3	7,80	1,00	93,75	6,25	2,58	1163,00	1175,00	667,00	508,00	2,45	2,68	2,29	6,63	19,84	66,59	85,00	927,42	2,50	370,97
		Rata-Rata	7,70	1,00	93,75	6,25	2,58	1166,00	1178,33	669,67	508,67	2,45	2,68	2,29	6,51	19,74	67,02	86,00	938,33	2,52	372,85
1	5,75	A - 1	7,90	1,04	94,25	5,75	2,58	1168,00	1175,00	669,00	506,00	2,47	2,68	2,31	6,49	18,75	65,38	89,00	1009,90	2,50	403,96
		A - 2	7,70	1,04	94,25	5,75	2,58	1165,00	1170,00	668,00	502,00	2,47	2,68	2,32	5,99	18,31	67,30	86,00	975,86	2,40	406,61
		A - 3	8,00	1,04	94,25	5,75	2,58	1159,00	1169,00	669,00	500,00	2,47	2,68	2,32	6,10	18,41	66,87	90,00	1021,25	2,60	392,79
		Rata-Rata	7,87	1,04	94,25	5,75	2,58	1164,00	1171,33	668,67	502,67	2,47	2,68	2,32	6,19	18,49	66,52	88,33	1002,34	2,50	400,94
2	5,50	A - 1	7,70	1,04	94,50	5,50	2,58	1156,00	1166,00	669,00	497,00	2,48	2,68	2,33	6,10	17,91	65,97	94,00	1066,64	2,40	444,43
		A - 2	7,60	1,09	94,50	5,50	2,58	1157,00	1164,00	669,00	495,00	2,48	2,68	2,34	5,63	17,51	67,82	101,00	1201,17	2,50	480,47
		A - 3	7,80	1,04	94,50	5,50	2,58	1161,00	1171,00	670,00	501,00	2,48	2,68	2,32	6,44	18,21	64,63	96,00	1089,33	2,50	435,73
		Rata-Rata	7,70	1,06	94,50	5,50	2,58	1158,00	1167,00	669,33	497,67	2,48	2,68	2,33	6,06	17,88	66,14	97,00	1118,32	2,47	453,37
3	5,50	A - 1	8,00	1,09	94,50	5,50	2,58	1157,00	1161,00	669,00	492,00	2,48	2,68	2,35	5,06	17,00	70,26	90,00	1070,35	2,40	445,98
		A - 2	7,90	1,04	94,50	5,50	2,58	1156,00	1168,00	670,00	498,00	2,48	2,68	2,32	6,28	18,08	65,25	86,00	975,86	2,40	406,61
		A - 3	7,70	1,09	94,50	5,50	2,58	1153,00	1164,00	669,00	495,00	2,48	2,68	2,33	5,96	17,79	66,51	83,00	987,10	2,30	429,17
		Rata-Rata	7,87	1,07	94,50	5,50	2,58	1155,33	1164,33	669,33	495,00	2,48	2,68	2,33	5,77	17,62	67,34	86,33	1011,04	2,37	427,20

LAMPIRAN 4
Dokumentasi



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

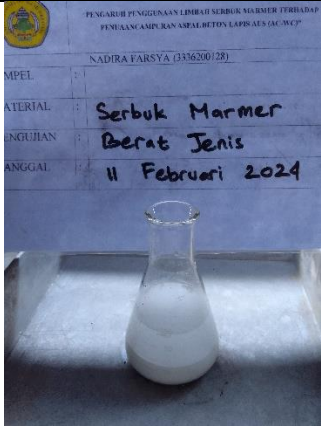
DOKUMENTASI

No	Dokumentasi		Keterangan
1			Analisa saringan
2			Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar
3			Pengujian Keausan agregat kasar
4			Pengujian karakteristik agregat halus



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

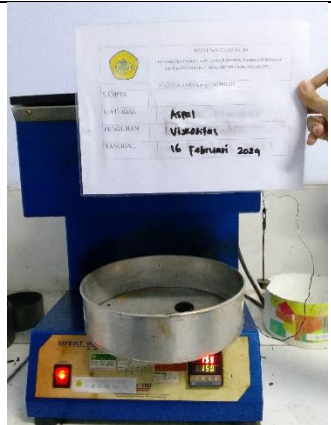
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

5		Pengujian karakteristik filler
6		Pengujian penetrasi
7		Pengujian titik nyala dan bakar
8		Pengujian titik lembek



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

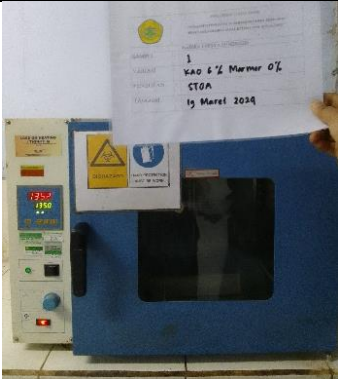
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

9		Pengujian daktilitas
10		Pengujian berat jenis aspal
11		Pengujian kehilangan berat minyak
12		Pengujian viskositas



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

13		Pengovenan benda uji STOA
14		Pengovenan benda uji LTOA
15		Proses pencampuran benda uji
16		Proses penumbukkan benda uji



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

17		Proses perendaman benda uji
18		Proses menimbang benda uji
19		Proses menimbang berat benda uji dalam air
20		Perendaman benda uji pada <i>waterbath</i>



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. 081287301294 Ext. 19

21		Proses pengujian marshall
----	---	---------------------------