

**PEMANFAATAN LIMBAH ABU AMPAS TEBU SEBAGAI *FILLER*  
PADA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)  
MENGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI POLIMER**

**SKRIPSI**

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



**Disusun oleh:**

**AISYAH NABILAH HANIF**

**3336210038**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2025**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

Nama : Aisyah Nabilah Hanif

NPM : 3336210038

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, 30 Juni 2025



Aisyah Nabilah Hanif

3336210038

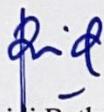
**SKRIPSI**  
**PEMANFAATAN LIMBAH ABU AMPAS TEBU SEBAGAI FILLER**  
**PADA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)**  
**MENGGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI POLIMER**

Dipersiapkan dan disusun oleh :  
**AISYAH NABILAH HANIF / 3336210038**  
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada Tanggal : 30 Juni 2025

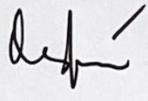
**Susunan Dewan Penguji**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

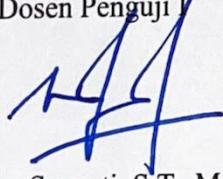
NIP. 198212062010122001

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

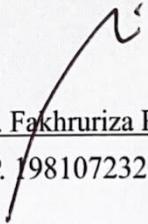
NIP. 198601242014042001

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

  
Wiwien Suzanti, S.T., M.T.

NIP. 199402222024062002

  
Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.

NIP. 198107232006041002

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal : 30 Juni 2025

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

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

NIP. 198212062010122001



## PRAKATA

Segala puji dan rasa syukur saya haturkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga seluruh proses penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Karya ilmiah ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten. Saya memahami sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak yang telah mendampingi saya sejak awal perkuliahan hingga proses akhir penulisan. Oleh karena itu, dengan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang tulus, saya menyampaikan penghargaan kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian karya ini.

1. Orang tua, yaitu Bapak Tri Supriyadi dan Ibu Nurul Widayati yang tidak pernah berhenti untuk selalu memberikan do'a, dukungan, motivasi, dan bantuan kepada penyusun tanpa kenal lelah.
2. Ibu Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dan Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dan arahan selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, dan arahan dalam proses penyusunan tugas akhir ini sehingga skripsi ini berjalan dengan baik dan lancar.
4. Ibu Firyaal Nabila, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan saran, masukan, dan arahan kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Ibu Wiwien Suzanti, S.T., M.T. selaku penguji I yang telah memberikan saran dan masukan kepada penyusun sehingga skripsi ini berjalan dengan baik.
6. Bapak Dr. Ing. M. Fakhruriza Pradana, S.T., M.T. selaku Penguji II yang telah memberikan saran dan masukan sehingga skripsi ini berjalan dengan baik dan lancar.

7. Sahabat – sahabat saya, Meta, Ulul, Yuyu, dan Deya yang selalu menemani dan menerima ajakan penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini di *coffee shop* setiap sudut Tangerang maupun Cilegon.
8. Seluruh individu yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, namun telah mendukung serta kontribusi dalam kelancaran pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
9. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri. Aisyah Nabilah Hanif. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini. Terimakasih tetap untuk selalu berusaha dan tidak menyerah sesulit apapun proses yang dilalui. Semoga kamu senantiasa menemukan kebahagiaan di mana pun kamu berada, Aisyah. Dengan segala kelebihan dan kekuranganmu, mari merayakan diri sendiri.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan memiliki sejumlah keterbatasan. Dengan demikian, saya sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai bahan evaluasi untuk perbaikan dan penyempurnaan di masa yang akan datang. Sebagai penutup, besar harapan saya agar skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat, baik bagi kalangan mahasiswa secara umum maupun bagi saya pribadi sebagai penulis.

Cilegon, 19 Juni 2025

Aisyah Nabilah Hanif

**PEMANFAATAN LIMBAH ABU AMPAS TEBU SEBAGAI *FILLER*  
PADA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)  
MENGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI POLIMER**

Aisyah Nabilah Hanif

---

**INTISARI**

Di Indonesia, kebutuhan akan jalan yang berkualitas terus bertambah bersamaan dengan pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, dan perkembangan sektor industri. Peningkatan volume lalu lintas yang signifikan berimplikasi langsung pada meningkatnya kebutuhan pembangunan struktur perkerasan jalan serta penggunaan material konstruksi yang sesuai dan berkualitas, termasuk diantaranya yaitu permintaan *filler*. Penggunaan bahan *filler* konvensional seperti semen, abu batu, kapur dan sejenisnya semakin menurun karena bahan-bahan tersebut berasal dari alam dan tidak dapat diperbaharui menjadi urgensi sehingga penulis tertarik pada pemanfaatan limbah abu ampas tebu sebagai *filler* pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal modifikasi polimer.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekuatan terhadap karakteristik *marshall* pada abu ampas tebu sebagai *filler* pada aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal modifikasi polimer dengan variasi kadar 0%, 4%, 8% dan 12%.

Temuan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *filler* berupa abu ampas tebu telah memenuhi standar Spesifikasi Umum 2024 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan oleh Bina Marga. Berdasarkan hasil analisis, komposisi campuran yang dinilai optimal adalah yang tidak hanya sesuai dengan standar Bina Marga, tetapi juga mampu menghasilkan nilai stabilitas yang tinggi. Penggunaan kadar abu ampas tebu 4% didapat stabilitas sebesar 1298,29 kg, dimana nilai tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan campuran tanpa *filler* abu ampas tebu yaitu sebesar 1283,74 kg. Merujuk pada hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *filler* abu ampas tebu sebanyak 4% menjadi kadar yang ideal pada campuran beraspal pada lapis aus (AC-WC).

**Kata kunci : Abu Ampas Tebu, *Marshall*, Aspal**

**PEMANFAATAN LIMBAH ABU AMPAS TEBU SEBAGAI *FILLER*  
PADA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)  
MENGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI POLIMER**

Aisyah Nabilah Hanif

---

***ABSTRACT***

*In Indonesia, the need for quality roads continues to grow along with population growth, urbanization, and industrial development. The significant increase in traffic volume directly implies a rising need for the construction of road pavement structures and the use of appropriate and quality construction materials, including the demand for fillers. The use of conventional filler materials such as cement, stone ash, and limestone is declining because these materials are sourced from nature and are non-renewable. This has led the author to be interested in utilizing waste bagasse ash as a filler in the mix of asphalt concrete wearing course (AC-WC) using polymer modified asphalt.*

*This study aims to determine the effect of strength on the marshall characteristics of bagasse ash as a filler in asphalt concrete wearing course (AC-WC) using polymer modified asphalt with variations in content of 0%, 4%, 8% and 12%.*

*The findings in this study indicate that the use of sugarcane bagasse ash as a filler meets the 2024 General Specifications for Road and Bridge Construction by Bina Marga. Based on the analysis results, the optimal mixture composition is one that not only complies with Bina Marga standards but also produces a high stability value. The use of 4% bagasse ash yielded a stability of 1298.29 kg, which is greater compared to the mixture without bagasse ash filler, which was 1283.74 kg. Referring to the results obtained, it can be concluded that the use of 4% bagasse ash filler is the ideal level in asphalt mixtures for the wearing course (AC-WC).*

***Keywords: Sugarcane Bagasse Ash, Marshall, Asphalt***

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>iv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Keaslian Penelitian.....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Analisis Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> Pada Aspal AC-WC.....	6
2.2 Analisis Penambahan Limbah Bakaran Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Campuran Aspal AC WC.....	6
2.3 Penambahan Abu Ampas Tebu Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Aspal Porus .....	7
2.4 Pengaruh <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston AC-WC.....	8
2.5 Pengaruh Subtitusi Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Terhadap Kualitas Campuran <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i> (AC-BC) Berdasarkan Uji <i>Marshall</i> .....	8
<b>BAB 3 LANDASAN TEORI .....</b>	<b>13</b>
3.1 Perkerasan Jalan .....	13

3.2 Jenis Perkerasan Jalan .....	14
3.3 Lapis Aspal Beton (Laston) .....	15
3.4 Karakteristik Beton Aspal .....	16
3.5 Bahan Pembentuk Perkerasan Jalan .....	18
3.6 Gradasi .....	22
3.7 Abu Ampas Tebu .....	23
3.8 Kadar Aspal Rencana .....	25
3.9 <i>Marshall Test</i> .....	25
<b>BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Umum .....	28
4.2 Persiapan Alat dan Bahan .....	28
4.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	29
4.3.1 Persiapan .....	29
4.3.2 Pemeriksaan Aspal .....	30
4.3.3 Pemeriksaan Agregat .....	31
4.3.4 Pemeriksaan Abu Ampas Tebu .....	32
4.3.5 Perencanaan Gradasi .....	34
4.3.6 Kadar Aspal Perkiraan .....	35
4.3.7 Metode Pembuatan Benda Uji .....	35
4.3.8 Pembahasan dan Analisis Hasil .....	39
4.4 Diagram Alir .....	41
4.5 Jadwal Penelitian .....	42
<b>BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Analisa Pengujian Karakteristik Material .....	43
5.1.1 Analisa Karakteristik Agregat .....	43
5.1.2 Analisa Karakteristik <i>Filler</i> .....	47
5.1.3 Analisa Karakteristik Aspal .....	48
5.2 Perencanaan Campuran Aspal Beton .....	58
5.3 Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal Dengan Pengganti <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu .....	60
5.4 Analisa Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran Beraspal .....	61

5.5 Pengujian Karakteristik Campuran Beraspal dengan Abu Ampas Tebu Pada Kondisi KAO.....	74
5.6 Proporsi Optimum.....	76
5.7 Keunggulan dan Kekurangan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Dalam Campuran AC–WC Menggunakan Aspal PG-70 .....	77
5.8 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu .....	79
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>81</b>
6.1 Kesimpulan .....	81
6.2 Saran.....	82

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka.....	10
Tabel 2.2 Keaslian penelitian antara penelitian ini dengan penelitian lain.....	11
Tabel 3.1 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC Mod).....	16
Tabel 3.2 Ketentuan agregat kasar.....	20
Tabel 3.3 Ketentuan agregat Halus.....	21
Tabel 3.4 Komposisi senyawa abu ampas tebu.....	24
Tabel 4.1 Standar pengujian aspal modifikasi PG-70.....	31
Tabel 4.2 Standar pengujian agregat kasar.....	32
Tabel 4.3 Standar pengujian agregat halus.....	32
Tabel 4.4 Persyaratan gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal.....	34
Tabel 4.5 Total jumlah benda uji.....	35
Tabel 5.1 Berat jenis agregat kasar.....	44
Tabel 5.2 Berat jenis agregat halus.....	45
Tabel 5.3 Hasil pengujian keausan dengan mesin LAA.....	46
Tabel 5.4 Berat jenis abu ampas tebu.....	47
Tabel 5.5 Hasil pengujian penetrasi aspal.....	48
Tabel 5.6 Hasil pengujian kehilangan berat minyak dan aspal.....	50
Tabel 5.7 Hasil pengujian berat jenis aspal.....	51
Tabel 5.8 Hasil pengujian titik lembek aspal.....	52
Tabel 5.9 Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar aspal.....	53
Tabel 5.10 Hasil pengujian daktilitas aspal.....	54
Tabel 5.11 Rekapitulasi pengujian karakteristik aspal polimer elastomer PG-70.....	56
Tabel 5.12 Hasil pengujian aspal oleh PT Aspal Polimer Emulsindo.....	57
Tabel 5.13 Persentase gradasi rencana campuran aspal beton.....	58
Tabel 5.14 Perkiraan nilai kadar aspal rencana.....	59
Tabel 5.15 Perhitungan kebutuhan agregat setiap saringan.....	60
Tabel 5.16 Rekapitulasi hasil pengujian <i>marshall</i> .....	62
Tabel 5.17 Penentuan KAO campuran beraspal dengan abu ampas tebu 0%.....	72
Tabel 5.18 Penentuan KAO campuran beraspal dengan abu ampas tebu 4%.....	73
Tabel 5.19 Penentuan KAO campuran beraspal dengan abu ampas tebu 8%.....	73

Tabel 5.20 Penentuan KAO campuran beraspal dengan abu ampas tebu 12% .....	73
Tabel 5.21 Rekapitulasi hasil pengujian marshall dengan kadar aspal optimum ..	75
Tabel 5.22 Rekapitulasi hasil campuran dengan kadar abu ampas tebu 4%.....	77
Tabel 5.23 Keunggulan dan kekurangan <i>filler</i> abu ampas tebu .....	77
Tabel 5.24 Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu.....	79

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Irisan hubungan penelitian .....	12
Gambar 3.1 Struktur perkerasan lentur .....	14
Gambar 3.2 Struktur perkerasan kaku.....	14
Gambar 3.3 Lapis aspal beton.....	15
Gambar 3.4 Alat <i>marshall</i> .....	25
Gambar 4.1 Proses pengeringan ampas tebu.....	32
Gambar 4.2 Pembakaran ampas tebu .....	33
Gambar 4.3 Abu ampas tebu.....	33
Gambar 4.4 Diagram alir pemeriksaan abu ampas tebu .....	34
Gambar 4.5 Grafik gradasi agregat beraspal lapis aus (AC-WC).....	35
Gambar 4.6 Diagram alir perencanaan campuran.....	37
Gambar 4.7 Diagram alir pencampuran benda uji .....	38
Gambar 4.8 Diagram alir pengujian <i>marshall</i> .....	39
Gambar 4.9 Diagram alir penyusunan skripsi.....	41
Gambar 4.10 Jadwal penelitian skripsi .....	42
Gambar 5.1 Agregat.....	43
Gambar 5.2 Pengujian berat jenis agregat kasar .....	44
Gambar 5.3 Pengujian berat jenis agregat halus .....	45
Gambar 5.4 Pengujian keausan dengan mesin LAA.....	46
Gambar 5.5 <i>Filler</i> abu ampas tebu.....	47
Gambar 5.6 Pengujian berat jenis abu ampas tebu .....	48
Gambar 5.7 Pengujian penetrasi aspal .....	49
Gambar 5.8 Pengujian kehilangan berat minyak dan aspal .....	50
Gambar 5.9 Pengujian berat jenis aspal .....	51
Gambar 5.10 Pengujian titik lembek aspal .....	52
Gambar 5.11 Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal .....	53
Gambar 5.12 Pengujian daktilitas aspal.....	54
Gambar 5.13 Mesin viskositas aspal.....	55
Gambar 5.14 Grafik gradasi agregat beraspal lapis aus (AC-WC).....	59
Gambar 5.15 Contoh skematis rongga beton aspal kadar aspal 6% AAT 4%.....	61

Gambar 5.16 Contoh pengujian <i>marshall</i> kadar aspal 4,5% abu ampas tebu 4% .	62
Gambar 5.17 Grafik perbandingan kadar aspal vs VIM .....	64
Gambar 5.18 Grafik perbandingan kadar aspal vs VMA.....	65
Gambar 5.19 Grafik perbandingan kadar aspal vs VFA .....	67
Gambar 5.20 Grafik perbandingan kadar aspal vs stabilitas.....	69
Gambar 5.21 Grafik perbandingan kadar aspal vs <i>flow</i> .....	70
Gambar 5.22 Grafik perbandingan kadar aspal vs <i>marshall quotient</i> .....	71

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu sarana paling penting bagi suatu wilayah. Jalan tidak semata-mata berperan sebagai jalur transportasi bagi kendaraan, tetapi juga memiliki fungsi strategis sebagai penghubung antarwilayah yang memungkinkan terjadinya interaksi lintas daerah. Fungsinya mencakup berbagai aspek, seperti mendukung kegiatan ekonomi, sosial, budaya, dan pemerintahan, serta mempermudah distribusi barang dan jasa. Selain itu, jalan turut mempercepat konektivitas antara pusat-pusat aktivitas ekonomi, sehingga berkontribusi terhadap efisiensi dan pemerataan pembangunan. Di Indonesia, kebutuhan akan jalan yang berkualitas terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, dan perkembangan sektor industri (Rosyad & Putri, 2024).

Peningkatan volume lalu lintas yang signifikan berimplikasi langsung pada meningkatnya kebutuhan pembangunan struktur perkerasan jalan serta penggunaan material konstruksi yang sesuai dan berkualitas, termasuk diantaranya yaitu permintaan *filler*. Jumlah *filler* yang dibutuhkan dalam campuran beton aspal memang relatif kecil, namun perannya sangat signifikan dalam menentukan performa campuran secara keseluruhan. *Filler* dalam campuran aspal beton berperan penting dalam meningkatkan ikatan antar aspal dan agregat, sehingga berkontribusi pada peningkatan stabilitas campuran. Di samping itu, *filler* berperan dalam mengisi ruang kosong antar butiran agregat, sehingga mampu meningkatkan integritas struktural campuran secara keseluruhan (Fauziah et al., 2014).

Namun, penggunaan bahan *filler* konvensional seperti semen, abu batu, kapur dan sejenisnya semakin menurun karena bahan-bahan tersebut berasal dari alam dan tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, diperlukan inovasi baru dengan memanfaatkan bahan alternatif agar program pembangunan dan pemeliharaan jalan di masa depan dapat berlangsung lancar dan lebih ekonomis. (Yasruddin, 2020).

Alternatif pemanfaatan limbah industri ramah lingkungan salah satunya adalah abu ampas tebu. Abu hasil pembakaran limbah tebu mengandung kadar silika ( $\text{SiO}_2$ )

yang cukup tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material perekat dalam komposisi campuran (Rosyad & Putri, 2024). Berdasarkan ASTM C 618-86 pozzolan dianggap bermutu baik jika memiliki kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  serta reaktivitas tinggi terhadap kapur. Komposisi kimia abu ampas tebu memenuhi kriteria tersebut dan dapat dikategorikan sebagai pozzolan. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas abu ampas tebu dipengaruhi oleh komposisi kimianya, yang bervariasi tergantung pada suhu saat proses pembakaran berlangsung (Karimah & Wahyudi, 2015).

Sisa pembakaran dari limbah tebu memiliki kandungan mineral aktif yang menjadikannya bahan bernilai tinggi untuk berbagai aplikasi industri, salah satunya sebagai komponen dalam campuran lapisan aspal beton (Laston). Laston didefinisikan sebagai suatu konstruksi perkerasan jalan yang terdiri dari aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu di atas  $110^\circ\text{C}$  (Frazila, 2000). Aspal beton merupakan jenis lapisan permukaan yang sering digunakan di Indonesia. Lapisan ini memiliki fungsi struktural penting dalam mendistribusikan dan menahan beban kendaraan, sekaligus berperan sebagai lapisan kedap air dan lapis aus yang melindungi bagian bawah dari kerusakan (Yuniarto & Sentosa, 2006).

Material pengikat berupa aspal memiliki peran krusial dalam menjaga ketahanan struktur perkerasan jalan terhadap tekanan dari beban lalu lintas. Karakteristik aspal memiliki peran krusial dalam menentukan kinerja campuran beraspal yang diperlukan pada perkerasan jalan. Kinerja campuran yang optimal umumnya berasal dari penggunaan aspal berkualitas baik. Terdapat beragam metode untuk bisa meningkatkan mutu aspal, contohnya adalah dengan memanfaatkan bahan modifikasi yang telah tersedia secara komersial, seperti penggunaan aspal berbasis polimer (Ardian et al., 2016).

Aspal polimer merupakan hasil pencampuran antara aspal dan bahan polimer, baik yang bersifat elastomer maupun plastomer. Kedua tipe polimer tersebut mampu meningkatkan performa aspal, khususnya dalam hal daya lekat terhadap agregat. Daya lekat yang optimal antara aspal dan agregat sangat penting untuk

menghasilkan lapisan permukaan jalan yang kokoh dan tahan lama (Mochammad et al., 2023).

Berdasarkan hasil studi dari peneliti sebelumnya, abu ampas tebu dimanfaatkan sebagai bahan tambahan *filler* dalam campuran. Pada penelitiannya didapat bahwa adanya peningkatan pada stabilitas *marshall* bisa dilihat dari variasi kehalusan tertinggi ada pada persentase 3% (Rosyad & Putri, 2024). Penelitian lainnya yang menggunakan penambahan abu ampas tebu dan serat sabut kelapa terhadap aspal porous. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa penambahan variasi *filler* abu ampas tebu sebesar 0%, 3%, 5%, dan 9% dan serat serabut kelapa tetap yaitu 2 cm dan kadarnya 2%. Data menunjukkan bahwa stabilitas meningkat seiring bertambahnya kadar abu ampas tebu serta panjang serat sabut kelapa sebagai bahan pengisi. Angka stabilitas optimal tercapai pada kadar abu ampas tebu 9% menghasilkan nilai stabilitas sebesar 688,2 Kg (Gea & Iduwin, 2022).

Berdasarkan fakta-fakta diatas, penggunaan material *filler* konvensional seperti semen, abu batu, kapur dan sejenisnya semakin menurun karena bahan-bahan tersebut berasal dari alam dan tidak dapat diperbaharui menjadi urgensi sehingga penulis tertarik pada pemanfaatan limbah abu ampas tebu sebagai *filler* pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal modifikasi polimer. Presentase yang digunakan pada penelitian ini meliputi 0%, 4%, 8%, dan 12%.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pada uraian latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

- a. Bagaimana karakteristik material yang digunakan pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC)?
- b. Bagaimana pengaruh kekuatan terhadap karakteristik *marshall* pada abu ampas tebu sebagai *filler* pada aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal modifikasi polimer dengan variasi kadar 0%, 4%, 8% dan 12%?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini ialah untuk mencapai beberapa sasaran yang telah ditetapkan, antara lain:

- a. Mengetahui karakteristik material yang digunakan pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC).
- b. Mengetahui pengaruh kekuatan terhadap karakteristik *marshall* pada abu ampas tebu sebagai *filler* pada aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal modifikasi polimer dengan variasi kadar 0%, 4%, 8% dan 12%.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Untuk memastikan pembahasan tetap terfokus dan tidak melebar, diperlukan perencanaan batasan masalah yang mencakup beberapa aspek berikut:

- a. Standar pengujian karakteristik material agregat dan aspal yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Campuran Beraspal Panas (Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2024), Standar Nasional Indonesia (SNI).
- b. Perencanaan campuran beraspal panas menggunakan metode *Marshall* dan Pendekatan Kepadatan Mutlak untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).
- c. Campuran aspal yang diteliti yaitu *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). yang mengacu pada Spesifikasi Umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2024.
- d. Bahan tambah pada *filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu ampas tebu limbah penjual es tebu.
- e. Pengujian yang dilakukan adalah *Marshall Test* dengan variasi kadar abu ampas tebu 0%, 4%, 8%, dan 12%.
- f. Aspal yang digunakan adalah aspal Polimer Elastomer PG-70.
- g. Penelitian dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh abu ampas tebu sebagai bahan tambah pada *filler* pada perkerasan jalan.
- b. Abu ampas tebu dapat menjadi alternatif baru sebagai bahan tambah *filler* di lapisan (AC-WC) sehingga dapat mengurangi penumpukan limbah abu ampas tebu.

- c. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah, yaitu mengetahui kinerja campuran beraspal lapis antara (AC-WC) dengan bahan tambah menggunakan abu ampas tebu.

### **1.6 Keaslian Penelitian**

Penelitian tentang “Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer” ini dengan persentase kadar abu ampas tebu sebanyak 0%, 4%, 8%, dan 12% belum pernah ada yang meneliti sebelumnya, sehingga benar-benar asli dan tanpa ada unsur plagiat dari perencanaan sebelumnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Analisis Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Aspal AC-WC**

Dari penelitian yang dilakukan oleh Farlin Rosyad dan Della Putri di Universitas Bina Darma pada tahun 2024 mengenai “Analisis Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Aspal Ac-Wc”. Pada penelitian ini digunakan persentase abu ampas tebu sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%. Berdasarkan hasil studi pemanfaatan penggunaan abu ampas tebu sebagai *Filler* dalam campuran aspal jenis AC-WC dapat ditarik sejumlah kesimpulan sebagai berikut: Kepadatan (*Density*) campuran menunjukkan nilai tertinggi sebesar 2,239 gr pada tingkat kehalusan filler dengan persentase 3%. Stabilitas campuran mencapai nilai maksimum sebesar 1.464 gram pada tingkat kehalusan *filler* dengan persentase 3%. Nilai *flow* tertinggi tercatat sebesar 4 pada persentase kehalusan *filler* sebesar 0,5%. *Void in Mix* (VIM) menunjukkan nilai optimal sebesar 5,04 pada kondisi kehalusan filler yang berada pada tingkat normal. *Void in Mineral Aggregate* (VMA) tertinggi tercatat sebesar 16,99 pada tingkat kehalusan filler dengan persentase 0,5%. *Void Filled with Asphalt* (VFA) mencapai nilai maksimum sebesar 61,09 pada persentase kehalusan filler sebesar 3%. *Marshall Quotient* (MQ) menunjukkan nilai tertinggi sebesar 517 pada kondisi kehalusan *filler* yang berada pada tingkat normal. Stabilitas *Marshall* Sisa tercatat sebesar 91,43 pada persentase kehalusan *filler* sebesar 3%, yang merupakan nilai tertinggi dalam variasi yang diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* pada variasi kadar *filler* sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% seluruhnya memenuhi ketentuan yang tercantum dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, dengan nilai yang melampaui batas minimum sebesar 250 kg/mmm (Rosyad & Putri, 2024).

#### **2.2 Analisis Penambahan Limbah Bakaran Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Campuran Aspal AC WC**

Dari penelitian yang dilakukan oleh Agus Setiobudi, Amiwarti dan Doni Tamara di Universitas PGRI Palembang pada tahun 2020 mengenai “Analisis Penambahan

Limbah Bakaran Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Campuran Aspal Ac Wc”. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik campuran aspal AC-WC berdasarkan parameter-parameter dalam uji *Marshall*. Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *filler* abu ampas tebu dengan variasi kadar 1%, 2%, dan 3% memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan dalam uji *Marshall*. Meskipun terjadi fluktuasi peningkatan dan penurunan pada hasil pengujian, sebagian besar nilai yang diperoleh belum memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 oleh Dinas PU Bina Marga. Namun demikian, terdapat satu variasi campuran, yaitu pada kadar *filler* 1%, yang menunjukkan hasil mendekati spesifikasi yang disyaratkan (Setiobudi & Tamara, 2020).

### **2.3 Penambahan Abu Ampas Tebu Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Aspal Porus**

Berdasarkan penelitian oleh Dedy Maryunus Gea dan Tommy Iduwin di Institut Teknologi PLN, Jakarta, pada tahun 2022 mengenai “Penambahan Abu Ampas Tebu Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Aspal Porus”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik campuran aspal porous akibat penambahan *filler* berupa abu ampas tebu (AAT) serta variasi panjang serat sabut kelapa. Berdasarkan hasil analisis, nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah sebesar 5%. Selanjutnya, benda uji dibuat dengan menggunakan nilai KAO tersebut, dan dilakukan variasi filler AAT sebesar 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9%, sedangkan serat sabut kelapa ditambahkan dengan kadar tetap sebesar 2% dan panjang 2 cm (Gea & Iduwin, 2022). Berdasarkan hasil penelitian yang dan pengolahan data yang diperoleh maka dapat ditarik sejumlah Kesimpulan bahwa:

- a. Penambahan abu ampas tebu dan serat sabut kelapa terbukti mampu meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal. Peningkatan ini sejalan dengan bertambahnya kadar abu ampas tebu dan jumlah serat sabut kelapa yang digunakan. Namun, tren peningkatan tersebut belum mencapai titik optimum, sehingga masih terdapat potensi untuk eksplorasi kadar yang lebih ideal.
- b. Kombinasi abu ampas tebu dan serat sabut kelapa juga memberikan pengaruh terhadap sifat fisik campuran, khususnya terhadap berat jenis. Semakin tinggi kadar abu ampas tebu dan serat sabut kelapa, semakin besar nilai berat jenis

campuran. Peningkatan berat jenis ini berdampak pada penurunan nilai *Void in Mix* (VIM), karena rongga antar butiran agregat menjadi lebih kecil.

- c. Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat fisik campuran, seluruh parameter telah memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan. Dari pengujian tersebut diperoleh kadar aspal optimum sebesar 5,15%.
- d. Penambahan abu ampas tebu dan serat sabut kelapa memberikan efek terhadap nilai kelelehan (*flow*) campuran, di mana nilai *flow* cenderung menurun. Penurunan ini diduga terjadi akibat meningkatnya kadar abu ampas tebu yang menyebabkan peningkatan penyerapan aspal oleh agregat dalam campuran.

#### **2.4 Pengaruh *Filler* Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston AC-WC**

Dari penelitian yang dilakukan oleh Febrina Dian Kurniasari, Sofyan M. Saleh, dan Sugiarto di Universitas Bina Darma pada tahun 2024 mengenai “Pengaruh *Filler* Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston Ac-Wc”. Spesimen uji dibuat dengan substitusi *filler* abu ampas tebu masing-masing sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% dari total kebutuhan *filler* dalam campuran (Kurniasari et al., 2018). Kesimpulan yang bisa didapat yaitu;

- a. Pemanfaatan abu ampas tebu (AAT) sebagai bahan pengisi dalam campuran aspal beton (AC-WC) dengan aspal penetrasi 60/70 telah memenuhi standar teknis Bina Marga 2010 revisi 3 (2014).
- b. Berdasarkan hasil uji, kombinasi *filler* abu ampas tebu dan semen portland menunjukkan komposisi optimal sebesar 50% pada kadar aspal 5,87%, menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1342,74 kg.

#### **2.5 Pengaruh Subtitusi Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Terhadap Kualitas Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) Berdasarkan Uji *Marshall***

Dari penelitian yang dilakukan oleh Detha Sekar, Dewi Sulistyorini Gutama, Wening Ratri, dan Elisa Fitri Handayani di Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Yogyakarta, pada tahun 2023 mengenai “Pengaruh Subtitusi Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Terhadap Kualitas Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) Berdasarkan Uji *Marshall*”. Penelitian ini mengevaluasi

pengaruh substitusi *filler* abu ampas tebu dengan variasi kadar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap karakteristik campuran Aspal Beton Lapis Antara (*Asphalt Concrete – Binder Course/AC-BC*) berdasarkan uji *Marshall*. Hasil yang diperoleh menunjukkan hal-hal berikut: nilai kepadatan (*bulk/density*) campuran aspal dengan abu ampas tebu sebesar 5% mencapai 2,28 t/m<sup>3</sup>, kemudian menurun menjadi 2,272 t/m<sup>3</sup> pada kadar 10%, 2,26 t/m<sup>3</sup> pada 15%, dan 2,254 t/m<sup>3</sup> pada 20%. Penurunan ini mengindikasikan bahwa peningkatan kadar *filler* abu ampas tebu berdampak pada berkurangnya massa jenis campuran. Sementara itu, nilai stabilitas *Marshall* yang diperoleh pada kadar 5% adalah 1.483,9 kg, menurun menjadi 1.419,3 kg pada 10%, 1.311,8 kg pada 15%, dan 1.261,6 kg pada 20%. Seluruh nilai tersebut masih berada di atas ambang batas minimum teknis sebesar 800 kg, sehingga dapat dikatakan memenuhi persyaratan. Untuk parameter *flow*, nilai yang diperoleh masing-masing adalah 2,83 mm pada kadar 5%, 2,87 mm pada 10%, 3,1 mm pada 15%, dan 3,3 mm pada 20%. Meskipun terjadi peningkatan, seluruh nilai *flow* tersebut tetap berada dalam batas minimum teknis sebesar 2 mm, sehingga masih dapat diterima. Nilai *Marshall Quotient* menunjukkan tren penurunan, yaitu sebesar 523,71 kg/mm pada kadar 5%, 495,12 kg/mm pada 10%, 423,17 kg/mm pada 15%, dan 382,31 kg/mm pada 20%. Untuk parameter VIM, nilai yang diperoleh adalah 4,122% pada kadar 5%, 4,463% pada 10%, 4,964% pada 15%, dan 5,191% pada 20%. Variasi kadar 0% hingga 15% masih berada dalam rentang spesifikasi yang disyaratkan, yaitu antara 3% hingga 5%, namun kadar 20% melebihi batas tersebut. Nilai VMA menunjukkan peningkatan seiring dengan penambahan *filler*, yaitu sebesar 15,464% pada kadar 5%, 15,764% pada 10%, 16,206% pada 15%, dan 16,406% pada 20%, yang semuanya memenuhi persyaratan teknis minimum sebesar 14%. Untuk parameter VFB, nilai yang diperoleh adalah 73,342% pada kadar 5%, 71,689% pada 10%, 69,367% pada 15%, dan 68,358% pada 20%, yang seluruhnya masih berada di atas batas minimum teknis sebesar 65%, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu ampas tebu dalam rentang 0% hingga 20% masih layak secara teknis (Gutama et al., 2023).

Tabel 2.1 Tinjauan pustaka

No.	Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Rosyad & Putri (2024)	Analisis Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> Pada Aspal AC-WC	untuk mengetahui nilai karakteristik <i>Marshall</i> pada campuran aspal AC-WC.	Eksperimental	<i>Marshall Quotient</i> pada kadar <i>filler</i> 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% menunjukkan hasil melebihi batas minimum 250 kg/mm sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.
2.	Setiobudi & Tamara (2020)	Analisis Penambahan Limbah Bakaran Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Campuran Aspal AC WC	untuk mengetahui campuran aspal AC WC pada nilai-nilai karakteristik propertis <i>Marshall</i> Test.	Eksperimental	<i>Filler</i> 1%, 2%, dan 3% sebagian besar tidak memenuhi Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Dinas PU Bina Marga, namun campuran dengan kadar 1% mendekati nilai yang disyaratkan.
3.	Gea & Iduwin (2022)	Penambahan Abu Ampas Tebu Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Aspal Porus	untuk mengetahui karakteristik campuran aspal pours terhadap penambahan <i>filler</i> abu ampas tebu (AAT) dan pajang serat sabut kelapa.	Eksperimental	Penggunaan abu ampas tebu dan serat sabut kelapa terus meningkat, namun belum mencapai kadar optimum pada 9%.
4.	Kurniasari et al. (2024)	Pengaruh <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston AC-WC	untuk menentukan efek penggunaan abu ampas tebu atas karakteristik laston campuran (AC-WC) dengan penambahan abu ampas tebu dari 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.	Eksperimental	Campuran aspal terbaik dengan kombinasi <i>filler</i> abu ampas tebu dan semen <i>portland</i> ditemukan pada komposisi 50% dan kadar aspal 5,87% menghasilkan stabilitas 1342,74 kg.
5.	Gutama et al. (2023)	Pengaruh Subtitusi Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Terhadap Kualitas Campuran <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i> (AC-BC) Berdasarkan Uji <i>Marshall</i>	untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu ampas tebu sebagai substitusi Sebagian semen terhadap campuran laston AC-BC berdasarkan Uji <i>Marshall</i> .	Eksperimental	Stabilitas pada kadar abu ampas tebu 5% sebesar 1483,9 kg, 10% sebesar 1419,3 kg, 15% sebesar 1311,8 kg, 20% sebesar 1261,6 kg, memenuhi batas minimum teknis 800 kg.

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Tabel 2.2 Keaslian penelitian antara penelitian ini dengan penelitian lain

No.	Peneliti	Penelitian/Judul	A	B	C	D	E	F	G
1.	Farlin Rosyah & Della Putri (2024)	Analisis Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> Pada Aspal AC-WC	✓		✓	✓	✓		
2.	Agus Setiobudi et al. (2020)	Analisis Penambahan Limbah Bakaran Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Campuran Aspal AC WC	✓		✓	✓	✓		
3.	Dedy Maryunus Gea & Tommy Iduwin (2022)	Penambahan Abu Ampas Tebu Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Aspal Porus	✓		✓	✓			
4.	Febrina Dian Kurniasari et al. (2024)	Pengaruh <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston AC-WC	✓		✓	✓	✓		
5.	Detha Sekar et al. (2023)	Pengaruh Substitusi Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Terhadap Kualitas Campuran <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i> (AC-BC) Berdasarkan Uji <i>Marshall</i>		✓	✓	✓	✓		
6	Aisyah Nabilah Hanif (2025)	Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer	✓	✓	✓	✓		✓	✓

(Sumber : Analisis penulis, 2025)



Gambar 2.1 Irisan hubungan penelitian

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Keterangan :

A = Penelitian ini dilakukan pada lapis aus (AC-WC)

B = Penelitian ini dilakukan pada lapis antara (AC-BC)

C = Mengidentifikasi abu ampas tebu sebagai *filler* pada aspal beton

D = Metode Pengujian *Marshall*

E = Aspal Pen 60/70

F = Aspal Polimer Elastomer PG-70

G = Variasi abu ampas tebu 0%, 4%, 8%, dan 12%

## **BAB 3**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi di atas tanah dasar yang berfungsi menyalurkan beban kendaraan secara efektif. Tujuannya adalah untuk mendukung kelancaran transportasi, dengan harapan tetap mempertahankan kondisi yang baik tanpa mengalami kerusakan signifikan sepanjang masa layanannya (Sukirman S, 2010).

Perkerasan jalan merupakan kombinasi antara agregat dan bahan pengikat yang dirancang untuk menahan beban lalu lintas. Jenis agregat yang umum digunakan meliputi batu pecah, batu belah, batu kali, serta limbah industri seperti hasil samping peleburan baja. Sementara itu, bahan pengikat yang digunakan mencakup aspal, semen, dan tanah liat (Tenriajeng, 2002).

Dari dua pendapat di atas, saya menyimpulkan perkerasan jalan adalah struktur campuran antara agregat dan bahan pengikat yang dibangun di atas tanah dasar untuk menyalurkan beban kendaraan dan menjaga kelancaran transportasi tanpa mengalami kerusakan berarti selama masa layanannya..

#### **3.2 Jenis Perkerasan Jalan**

Jenis perkerasan jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis bahan pengikat yang digunakan pada lapisan permukaan. Berdasarkan bahan pengikatnya, terdapat tiga tipe utama perkerasan, yaitu: perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan komposit (*composite pavement*)

##### **3.2.1 Perkerasan lentur (*flexible pavement*)**

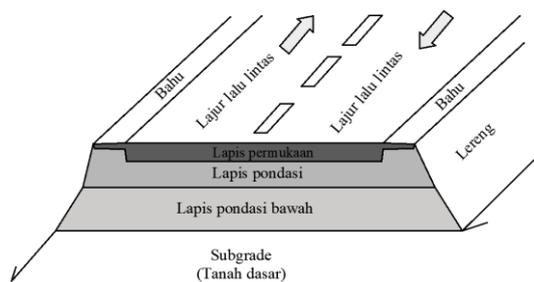
Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang memakai aspal sebagai pengikat utama. Perkerasan lentur pada prinsipnya tersusun atas lapisan permukaan beraspal yang terletak di atas lapisan pondasi serta lapisan pondasi bawah berbahan granular yang dibentangkan di atas tanah dasar (Al-amri, 2013).

Secara umum, jenis perkerasan lentur sesuai untuk digunakan pada ruas jalan yang menanggung beban lalu lintas ringan hingga sedang, seperti jalan di kawasan

perkotaan, jalan yang memiliki jaringan utilitas di bawahnya, bahu jalan, maupun konstruksi perkerasan yang dibangun secara bertahap (Sukirman, 2010).

Struktur perkerasan lentur tersusun atas beberapa lapisan yang bertahap memiliki daya dukung menurun seiring kedalamannya. Berikut lapisan – lapisan tersebut:

- a. Lapisan permukaan (*surface course*).
- b. Lapisan pondasi (*base course*).
- c. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*).
- d. Lapisan tanah dasar (*subgrade*).

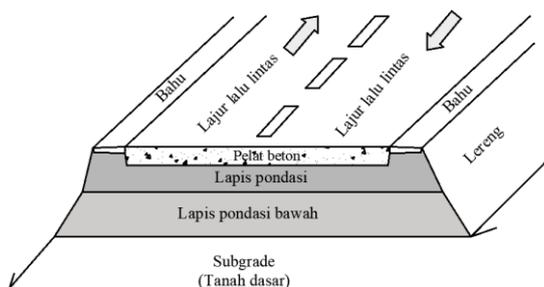


Gambar 3.1 Struktur perkerasan lentur

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

### 3.2.2 Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku yaitu lapisan perkerasan yang pengikatnya berupa semen *Portland* (Maharani & Wasono, 2018). Perkerasan kaku biasa diperuntukan untuk ruas jalan dengan volume lalu lintas tinggi yang banyak dilalui oleh kendaraan berat. Struktur perkerasan kaku tersusun oleh pelat beton sebagai lapisan atas, lapis pondasi homogen sebagai bantalan, serta lapisan tanah dasar sebagai tempat dudukan keseluruhan struktur perkerasan. (Sukirman, 2010).



Gambar 3.2 Struktur perkerasan kaku

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

### 3.2.3 Perkerasan komposit (*composite pavement*)

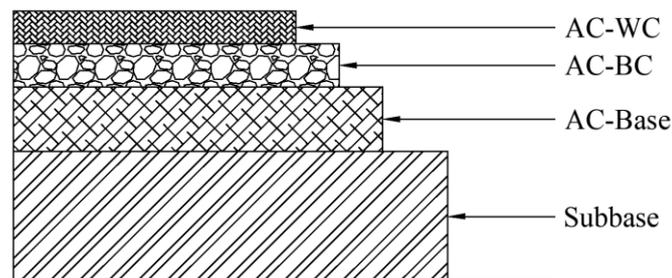
Perkerasan komposit jenis perkerasan yang menggabungkan perkerasan kaku dan lentur, di mana pelat beton semen berfungsi sebagai lapisan pondasi, sedangkan lapisan permukaannya menggunakan aspal beton. Perkerasan komposit tidak jarang diaplikasikan pada *runway* lapangan terbang (Lourdes et al., 2023).

### 3.3 Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston merupakan lapisan struktural dalam konstruksi perkerasan jalan yang tersusun oleh campuran aspal keras dan agregat dengan gradasi menerus. Campuran ini diproses melalui tahapan pencampuran, penghamparan, dan pemadatan pada suhu tertentu untuk menghasilkan lapisan yang mampu menahan serta mendistribusikan beban roda kendaraan. (Tenriajeng, 2002).

Berdasarkan Pedoman Teknik No. 025/T/BM/1999, Lapis Beton Aspal merupakan bagian atas struktur perkerasan jalan yang berfungsi secara struktural. Artinya, lapisan ini dapat menahan beban lalu lintas dengan tingkat stabilitas dan daya tahan yang memadai, serta memiliki karakteristik tidak tembus air.

Berdasarkan kedua pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa Lapis Aspal Beton (Laston) merupakan lapisan campuran antara aspal sebagai pengikat dan agregat bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan pada temperatur tertentu membentuk perkerasan dengan tingkat stabilitas dan daya tahan yang memadai, serta memiliki karakteristik tidak tembus air.



Gambar 3.3 Lapis aspal beton

(Sumber :Analisis penulis, 2025)

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Lapisan ini adalah lapisan permukaan yang ditunjukkan pada

gambar diatas. Lapis beton AC–WC merupakan lapisan perkerasan teratas yang langsung bersentuhan dengan beban lalu lintas dan kondisi iklim lingkungan seperti temperatur dan curah hujan. Lapisan AC–WC bersifat non struktural, sehingga rentan mengalami kerusakan (Anggraeni et al., 2019).

Tabel 3.1 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC Mod)

Sifat - Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,6		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	1000		2250
Pelelehan (mm)	Min	2	2	3
	Maks	4	4	6
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		-
Stabilitas dinamis, ;intasan/mm	PG 70	Min	3000	
	PG 76		5000	

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

### 3.4 Karakteristik Beton Aspal

Campuran beton aspal harus memenuhi tujuh karakteristik utama agar dapat berfungsi optimal dalam konstruksi perkerasan jalan, yaitu; stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelehan, ketahanan terhadap geser, kedap air, dan mudah untuk dilaksanakan.

Stabilitas adalah kapasitas lapisan perkerasan dalam menahan beban kendaraan tanpa mengalami perubahan bentuk permanen seperti alur, gelombang, atau rembesan. Kebutuhan stabilitas bergantung pada fungsi jalan dan karakteristik beban lalu lintas. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi, memerlukan perkerasan dengan tingkat stabilitas yang tinggi guna menjamin kinerja dan umur layanan yang optimal. (Sukirman, 2016).

Keawetan atau durabilitas mengacu pada kemampuannya dalam menghadapi pengaruh berulang dari beban lalu lintas, tekanan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta pengaruh lingkungan seperti udara, air, dan fluktuasi suhu. Faktor-faktor yang memengaruhi daya tahan ini meliputi ketebalan lapisan aspal, tingkat porositas campuran, dan kerapatan material (Sukirman, 2016).

Fleksibilitas pada beton aspal mengacu pada kemampuannya untuk menyesuaikan diri terhadap deformasi yang terjadi pada lapisan fondasi atau tanah dasar (*settlement*) tanpa menyebabkan kerusakan struktural. Untuk meningkatkan fleksibilitas campuran, dapat dilakukan dengan menerapkan gradasi agregat yang lebih terbuka serta menambah kadar aspal dalam komposisi campuran (Sukirman, 2016).

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) merupakan karakteristik p beton aspal yang menunjukkan kemampuannya dalam menghadapi lendutan berulang akibat beban lalu linta, tanpa mengalami kerusakan struktural seperti retakan atau deformasi permanen berupa alur. Peningkatan sifat ini dapat dicapai dengan memperbesar kadar aspal dalam campuran, sehingga campuran menjadi lebih elastis dan efektif (Sukirman, 2016).

Kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*) pada beton aspal merujuk pada kemampuannya untuk menghasilkan gaya gesek yang cukup terhadap roda kendaraan guna mencegah terjadinya slip, terutama dalam kondisi permukaan jalan yang basah. Karakteristik ini dipengaruhi oleh tingkat kekasaran agregat, luas kontak antar partikel, bentuk dan ukuran butiran, distribusi gradasi, tingkat kepadatan campuran, serta ketebalan lapisan aspal yang melapisi agregat. (Sukirman, 2016).

Kedap air (impermeabilitas) menunjukkan kemampuannya dalam menghalangi penetrasi air dan udara ke dalam struktur perkerasan. Kehadiran kedua unsur tersebut dapat mempercepat penuaan aspal dan menyebabkan pelepasan lapisan aspal dari agregat. Tingkat kedap air campuran dapat diukur melalui volume rongga pasca pemadatan, di mana semakin rendah rongga, semakin tinggi impermeabilitas (Sukirman, 2016).

Mudah dilaksanakan (*workability*) merupakan kemampuan campuran beton aspal untuk dapat dihampar dan dipadatkan dengan mudah. Tingkat kemudahan pelaksanaan berpengaruh terhadap efisiensi dalam pekerjaan konstruksi. Faktor-faktor yang memengaruhi kemudahan proses penghamparan dan pemadatan meliputi viskositas aspal, sensitivitas aspal terhadap perubahan suhu, serta gradasi dan kondisi fisik agregat (Sukirman, 2016).

### **3.5 Bahan Pembentuk Perkerasan Jalan**

#### **3.5.1 Aspal**

Aspal merupakan material semen hitam, padat hingga setengah padat, dengan komponen utama berupa bitumen yang berasal dari proses alami atau hasil penyulingan minyak bumi (petroleum). Aspal adalah bahan alami yang tersusun dari senyawa hidrokarbon, hasil eksplorasi, memiliki sifat plastis hingga cair, tidak larut dalam air, larutan asam encer, maupun alkali, namun dapat larut dalam pelarut organik seperti eter, karbon disulfida (CS<sub>2</sub>), dan chloroform (Lestari, 2013).

Aspal dalam campuran agregat berfungsi sebagai bahan pengikat yang memiliki sifat viskoelastis, dengan tingkat kekentalan (viskositas) yang tinggi selama masa pelayanan. Saat proses penghamparan di lapangan, aspal juga berperan sebagai pelumas sehingga campuran lebih mudah dipadatkan. Selain itu, aspal membentuk lapisan film yang menyelimuti agregat, berfungsi menahan gaya geser antar permukaan dan membantu mengurangi kadar pori udara yang berlebihan dalam campuran (Alifuddin, 2020).

Aspal memiliki sifat termoplastis, yaitu dapat melunak atau mencair ketika dipanaskan pada suhu tertentu sehingga mampu melapisi partikel agregat saat proses pembuatan beton aspal. Ketika suhu menurun, aspal akan kembali mengeras dan mengikat agregat. Dalam konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan komponen minor, dengan kadar pemakaian umumnya berkisar antara 4%–10% berdasarkan berat, atau 5%–10% berdasarkan volume (Mashuri & Rahman, 2020).

Aspal Modifikasi, yang dikenal juga sebagai *Polymer Modified Asphalt* (PMA), merupakan jenis aspal minyak yang telah ditambahkan bahan aditif untuk meningkatkan performa, sehingga menjadi lebih tahan terhadap beban dan

memiliki umur layanan yang lebih panjang. Salah satu contoh dari jenis aspal modifikasi ini adalah aspal PG 70 (Wibisono & Yuantika, 2024). Penggunaan bahan tambah (*additive*) tersebut menghasilkan karakteristik aspal sebagai berikut:

- a. aspal yang dapat menahan suhu tinggi (meningkatkan titik leleh), dapat diperoleh melalui penambahan aditif berbasis plastomer, elastomer, selulosa, pengisi (*filler*) atau *asphalten* seperti *asbuton*, *gilsonite*, *Trinidad asphalt*, serta berbagai jenis aditif khusus dengan karakteristik tertentu. Aspal polimer merupakan produk turunan dari proses pengolahan di kilang minyak.
- b. aspal dengan daya rekat yang lebih tinggi (meningkatkan adhesi). Untuk mencapai sifat tersebut, digunakan aditif yang memiliki karakter lengket dan fleksibel, seperti aditif berbasis karet.
- c. aspal yang tidak mudah menua (*ageing*) dan lebih tahan ultra violet.
- d. Nilai penetrasi lebih kecil mengidentifikasi aspal lebih keras.

Beberapa keunggulan dari aspal PG 70 yang dikenal memiliki tingkat stabilitas tinggi antara lain sebagai berikut:

- a. kekuatan terhadap deformasi: Tingginya stabilitas pada aspal menghasilkan kemampuannya dalam menahan perubahan bentuk yang disebabkan beban lalu lintas, sehingga tidak mudah mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur, maupun bleeding (aspal yang keluar ke permukaan).
- b. Kekuatan terhadap retak: Stabilitas yang tinggi pada aspal mencerminkan kemampuannya dalam menahan retak yang disebabkan oleh deformasi, sehingga campuran aspal tidak mudah pecah atau rusak.
- c. Ketahanan terhadap kondisi cuaca: Tingkat stabilitas yang tinggi mencerminkan kemampuannya menghadapi berbagai kondisi iklim, seperti suhu panas, dingin, dan hujan, sehingga tidak mudah mengalami kerusakan.
- d. Ketahanan terhadap beban lalu lintas berat: Stabilitas yang tinggi pada aspal mencerminkan kemampuannya menahan tekanan kendaraan berat, sehingga tidak mudah mengalami kerusakan akibat beban lalu lintas yang intensif..

### **3.5.2 Agregat**

Agregat merupakan sekumpulan butiran batu pecah, kerikil, pasir, atau partikel mineral yang asalnya dari alam atau hasil rekayasa. Agregat alam terbentuk secara

alami melalui proses erosi dan pelapukan, serta hanya memerlukan sedikit pengolahan. Sementara itu, agregat buatan dihasilkan melalui proses tahapan pemecahan batu menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*) (Tenriajeng, 2002).

a. Agregat kasar

- 1) Fraksi agregat kasar yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) dalam kondisi basah harus memiliki karakteristik bersih, keras, tahan lama, dan bebas dari kontaminasi tanah liat.
- 2) Agregat kasar harus berasal dari batu yang dihancurkan secara mekanis dan disiapkan dalam ukuran nominal yang sesuai dengan jenis campuran yang akan digunakan.
- 3) Angularitas agregat kasar merujuk pada persentase berat agregat berukuran lebih dari 4,75 mm yang memiliki satu atau lebih bidang pecah, sesuai dengan pengujian berdasarkan standar SNI 7619:2012.
- 4) Fraksi agregat kasar wajib disimpan secara terpisah dan disuplai ke unit pencampur aspal melalui sistem penampung dingin (*cold bin feed*), agar gradasi agregat campuran dapat dikontrol secara optimal.

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 <i>Los Angeles</i>	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kekekalan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Maks. 95%
Butiran Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 3407:2008	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 Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

b. Agregat halus

- 1) Agregat halus dapat berasal dari berbagai jenis material, terdiri atas pasir atau hasil penyaringan batu pecah lolos dari saringan No. 4 (4,75 mm).
- 2) Pasir dan agregat halus hasil pemecahan harus disimpan terpisah dari agregat kasar untuk menjaga kualitas campuran.
- 3) Pasir dan agregat halus pecah wajib ditumpuk secara mandiri dan disuplai ke unit pencampur aspal oleh penampung dingin (*cold bin feeds*) yang berbeda, agar proporsi pasir dan gradasi campuran dapat dikontrol secara akurat.
- 4) Pasir alami dapat dimasukkan dalam campuran *Asphalt Concrete* (AC) dengan batas maksimum 15% dari total berat campuran.
- 5) Agregat halus harus memenuhi persyaratan teknis yang telah ditetapkan.

Tabel 3.3 Ketentuan agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60 %
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 C117:2002	Maks. 10%

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

### 3.5.3 Filler

*Filler* merupakan agregat halus yang melewati saringan No. 200, berbentuk abu (*dust*) atau memiliki ukuran butiran kurang dari 0,075 mm. *Filler* digunakan dalam campuran aspal untuk mengisi celah-celah dalam campuran, memperbaiki daya lekat antara aspal dan agregat, serta meningkatkan kestabilan campuran aspal beton. (Saodang, 2005).

Pengisian *filler* dilakukan secara sistematis, karena kelebihan bahan pengisi dalam campuran dapat membuat aspal beton menjadi terlalu kaku dan rentan retak, meskipun telah ditambahkan aspal dalam jumlah cukup untuk menjaga kelentukan. Sebaliknya, kekurangan *filler* akan menyebabkan campuran menjadi terlalu lentur

sehingga mudah mengalami deformasi akibat tekanan roda kendaraan dan menghasilkan permukaan jalan yang bergelombang. Jenis *filler* yang dapat digunakan antara lain: abu batu, semen portland (PC), debu dolomit, abu terbang, debu tanur tinggi, serta serbuk Bunga Pinus yang dihaluskan sebagai *filler* (Gunarto & Candra, 2019). Dalam penelitian ini, bahan pengisi dipilih abu dari ampas tebu.

### 3.6 Gradasi

Gradasi merupakan distribusi ukuran butiran yang dianalisis melalui uji saringan. Gradasi agregat berpengaruh terhadap stabilitas atau kekuatan, sifat kedap air, dan berat jenis campuran. Sebaran butiran yang semakin merata akan menghasilkan gradasi yang lebih rapat, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap penetrasi fluida. Selain itu, gradasi juga memengaruhi berat jenis campuran karena distribusi butiran yang merata akan memperkecil rongga udara yang tersisa dalam campuran padat (Sukirman, 2016).

memiliki peran penting dalam campuran beraspal karena berfungsi memberikan kekuatan yang berdampak langsung pada stabilitas campuran. Hal ini terjadi melalui mekanisme saling mengunci (*interlocking*) antar partikel agregat kasar yang membentuk struktur padat dan kokoh. (Sukirman, 2016).

Gradasi agregat didapat melalui analisis menggunakan satu rangkaian saringan, di mana saringan berukuran paling besar ditempatkan di bagian atas dan yang berukuran paling kecil berada di bagian bawah. Rangkaian saringan ini dimulai dengan pan di bagian dasar dan ditutup dengan penutup di bagian atas. Berdasarkan hasil analisis tersebut, gradasi agregat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis :

a. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam merupakan jenis gradasi agregat yang terdiri dari butiran dengan ukuran hamper sama. Gradasi ini juga dikenal sebagai gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus, sehingga menghasilkan banyak celah atau ruang kosong di antara butiran agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini cenderung memiliki sifat porus atau permeabilitas tinggi, stabilitas rendah, serta berat jenis yang relatif kecil.

b. Gradasi rapat (*Dense graded*)

Gradasi rapat merupakan jenis gradasi agregat yang memiliki distribusi butiran dari agregat kasar hingga halus dalam proporsi seimbang. Karena sebaran ukurannya merata, gradasi ini sering disebut sebagai gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Agregat gradasi rapat mampu membentuk lapisan perkerasan yang memiliki stabilitas tinggi, namun cenderung kurang kedap air, memiliki sifat drainase yang buruk, dan berat jenis yang besar.

c. Gradasi senjang (*Gap graded*)

Gradasi senjang merupakan jenis gradasi agregat yang ditandai dengan jumlah yang sangat sedikit dari salah satu fraksi ukuran agregat, sehingga distribusi ukurannya tidak lengkap. Campuran beraspal yang menggunakan agregat gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan kualitas yang berada di antara gradasi seragam dan gradasi rapat.

### 3.7 Abu Ampas Tebu

Tebu adalah tanaman yang dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam industri gula, di mana batangnya diperas menggunakan mesin pemeras di pabrik gula. Abu ampas tebu merupakan residu hasil pembakaran ampas tebu, yang berasal dari limbah padat berlimpah hasil proses produksi gula (Rahmania et al., 2021).

Menurut data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), hasil ampas tebu mencapai sekitar 32% dari total berat tebu yang digiling. Dari jumlah tersebut, sekitar 60% telah dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku pembuatan kertas, media tanam untuk industri jamur, bahan baku kanvas rem, dan berbagai keperluan lainnya. Namun, sekitar 40% dari ampas tebu tersebut masih belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan data tersebut, muncul dorongan untuk mencari solusi atas limbah ampas tebu yang belum termanfaatkan, salah satunya dengan menjadikannya sebagai *filler* campuran aspal beton (Rosyad & Putri, 2024).

Beberapa keuntungan yang menonjol dari penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan *filler* antara lain ketersediaannya yang melimpah. Abu ampas tebu diyakini mengandung senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ), yang apabila dicampurkan dengan semen dan air, dapat berkontribusi dalam meningkatkan kekuatan tekan dan kekuatan tarik

pada campuran aspal. Potensi ini menjadikan abu ampas tebu sebagai alternatif *filler* yang tidak hanya ekonomis, tetapi juga fungsional dalam memperbaiki performa campuran aspal beton (Rahmania et al., 2021).

Tabel 3.4 Senyawa kimia abu ampas tebu

Senyawa Kimia	Persentase (%)
SiO <sub>2</sub>	71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,8
CaO	3,4
MgO	0,3
K <sub>2</sub> O	8,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,0
MnO	0,2

(Sumber : Sulaiman F, 2019)

### 3.8 Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal perkiraan, atau yang disebut juga kadar aspal rencana, merupakan kadar aspal ideal atau tengah dalam suatu campuran. Estimasi awal kadar aspal ideal dalam perencanaan campuran aspal dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Pb = 0,035 CA + 0,045 FA + 0,18 \text{ filler} + K \quad (3.1)$$

Keterangan :

Pb = kadar aspal rencana

CA = agregat tertahan saringan No. 8

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

*filler* = agregat halus lolos saringan No. 200

K = konstanta 0,5 – 1 untuk lapis AC

### 3.9 Marshall Test

Pengujian *Marshall* yaitu metode yang digunakan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh spesimen sebelum rusak (*Marshall Stability*), serta besarnya deformasi plastis sebelum kegagalan terjadi (*Marshall Flow*). Perbandingan antara kedua nilai tersebut disebut *Marshall Quotient* (MQ). Konsep

dasar dari metode ini adalah penilaian terhadap stabilitas dan kelelahan campuran. Alat yang digunakan mencakup mesin tekan dengan *proving ring* berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs) untuk mengukur stabilitas, dan *flow* meter untuk mencatat nilai deformasi plastis (Kumalawati et al., 2013).



Gambar 3.4 Alat *marshall*

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

Berikut adalah karakteristik *Marshall* yang dapat diketahui melalui parameter parameter berikut:

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

*Void in Mineral Aggregate* (VMA) merupakan volume rongga udara yang terdapat di antara partikel-partikel agregat dalam campuran aspal panas yang telah dipadatkan, termasuk ruang yang diisi oleh aspal. Nilai VMA dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap total volume campuran agregat dan aspal. VMA menggambarkan ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal serta rongga udara yang dibutuhkan dalam campuran. Besarnya VMA dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti bentuk gradasi agregat, intensitas pemadatan, kadar aspal, bentuk butiran, tekstur permukaan agregat, dan tingkat penyerapan air oleh agregat (Bakri, 2020). VMA dihitung dengan persamaan :

$$VMA = 100 - \left( \frac{(100 - \text{kadar aspal}) \cdot \text{Berat volume benda uji}}{BJ \text{ Agregat}} \right) \quad (3.2)$$

b. *Void In Mixture* (VIM)

VIM (*Void In Mix*) adalah jumlah pori-pori yang terdapat di antara butiran agregat yang telah dilapisi oleh aspal. Nilai VIM dinyatakan sebagai persentase terhadap volume total campuran beton aspal yang telah dipadatkan. VIM

merepresentasikan volume rongga yang masih tersisa setelah proses pemadatan selesai. Jika nilai VIM terlalu tinggi, maka kadar aspal dalam campuran cenderung rendah, yang dapat mempercepat terjadinya kelelahan. Sebaliknya, jika nilai VIM terlalu rendah, campuran menjadi sangat kedingin terhadap air dan udara, sehingga dapat memicu proses oksidasi dan menyebabkan aspal menjadi rapuh atau getas (Saudi et al., 2023). VIM dihitung dengan persamaan:

$$\text{VIM} = 100 - \left( 100 \times \frac{\text{Berat isi}}{\text{BJ maksimum teoritis}} \right) \quad (3.3)$$

Berat jenis maksimum teoritis:

$$\text{BJ} = \frac{100}{\frac{100 - \text{kadar aspal}}{\text{BJ Agregat}} + \frac{\text{kadar aspal}}{\text{BJ aspal}}} \quad (3.4)$$

c. *Void Filled with Asphalt* (VFA)

VFA merupakan persentase volume rongga antar agregat yang terisi aspal, tanpa menghitung aspal yang terserap. Agar perkerasan awet, pori agregat harus terisi cukup aspal untuk membentuk lapisan pelindung yang optimal (Raffles & Umar, 2023). Nilai VFA diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

d. Stabilitas

Stabilitas adalah daya tahan lapisan perkerasan terhadap deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen seperti gelombang, alur (*rutting*), atau *bleeding*. Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan dial stabilitas saat pengujian menggunakan alat *Marshall*, lalu dihitung dengan mencocokkan angka kalibrasi pada *proving ring* dalam satuan lbs atau kg dan disesuaikan dengan faktor koreksi berdasarkan ketebalan benda uji setelah proses pemadatan (Ramadhan et al., 2024). Nilai stabilitas diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S = P \times q \quad (3.6)$$

Keterangan:

P = Pembacaan alat

q = kalibrasi *marshall*

e. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah besarnya penurunan pada campuran benda uji akibat pembebanan hingga mencapai titik runtuh, dinyatakan dalam satuan (mm). *Flow* berfungsi sebagai indikator kelenturan campuran aspal panas dalam menghadapi beban lalu lintas. Kelelehan mencerminkan besarnya deformasi yang terjadi sejak awal pembebanan hingga nilai stabilitas mulai menurun, menunjukkan seberapa besar perubahan bentuk campuran perkerasan akibat tekanan yang diterimanya. Campuran dengan nilai *flow* tinggi dan stabilitas rendah cenderung bersifat plastis, sehingga mudah berubah bentuk saat menerima beban lalu lintas. Sebaliknya, campuran dengan *flow* rendah dan stabilitas tinggi cenderung bersifat getas, sehingga lebih rentan mengalami retak saat terkena beban lalu lintas berat dan intens (Bitu et al., 2024).

f. *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* (MQ), yang merupakan rasio antara stabilitas dan kelelehan, digunakan sebagai indikator tingkat kekakuan dari spesimen uji. Nilai MQ yang tinggi menandakan bahwa campuran aspal memiliki sifat kaku, menunjukkan kepadatan yang baik serta stabilitas yang tinggi. Sebaliknya, nilai MQ yang rendah mengindikasikan campuran aspal yang lebih lunak dan kurang stabil, sehingga berisiko mengalami retak pada permukaan serta pergeseran horizontal searah dengan arah lalu lintas (Irianto, 2021).

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Kelelehan}} \quad (3.7)$$

## **BAB 4**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Bagian ini menguraikan pendekatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu pendekatan yang dilakukan melalui pengujian langsung terhadap objek yang diteliti untuk memahami hubungan sebab-akibat antar variabel, kemudian hasilnya dianalisis dan dibandingkan. Seluruh proses penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dengan mengacu pada pedoman Spesifikasi Umum Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga tahun 2024 serta Standar Nasional Indonesia (SNI).

Pengujian terhadap campuran dilakukan dengan menggunakan metode *Marshall*. Melalui metode ini, diperoleh berbagai karakteristik campuran seperti VIM, VMA, VFA, stabilitas, dan *flow*, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai *Marshall Quotient*.

Agregat, aspal dan abu ampas tebu sebelumnya diperiksa dengan SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2024. Selanjutnya dilakukan variasi kadar abu ampas tebu sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12%. Seluruh material kemudian dicampurkan untuk proses pembuatan benda uji. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap benda uji dan pada tahap akhir disajikan proses pengolahan serta analisis data hasil pengujian.

#### **4.2 Persiapan Alat dan Bahan**

Berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini :

- a. Alat uji pengujian agregat, antara lain; satu set saringan (*sieve*) yang berguna untuk memisahkan agregat berdasarkan ukuran butirnya, mesin *los angeles* untuk pengujian keausan agregat kasar, dan alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, oven).
- b. Alat uji pengujian aspal, antara lain; alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala, alat uji kehilangan berat, dan alat uji berat jenis.

- c. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal, yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*, yang terdiri atas :
- 1) Mesin uji tekan *Marshall*, dilengkapi dengan kepala penekan berbentuk lengkung dan cincin penguji berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs), serta arloji *flow* meter untuk mengukur deformasi.
  - 2) Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm).
  - 3) Alat penumbuk manual yang digunakan untuk memadatkan campuran dengan 75 tumbukan pada masing-masing sisi (atas dan bawah).
  - 4) Dongkrak hidrolik sebagai alat pendorong untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
  - 5) Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.
  - 6) Peralatan pendukung, meliputi wajan pencampur, kompor pemanas, termometer, sendok pengaduk, sarung tangan tahan panas, kain lap, timbangan, wadah perendaman benda uji, jangka sorong, dan spidol untuk memberi tanda pada benda uji.

Berikut adalah material dalam pelaksanaan penelitian ini :

- a. Aspal polimer elastomer PG-70
- b. Agregat kasar tertahan saringan  $\frac{3}{4}$  “ sampai No. 4
- c. Agregat halus tertahan saringan No. 8 sampai No. 200
- d. *Filler* yang lolos saringan No. 200
- e. Abu ampas tebu limbah dari penjual es tebu.

### **4.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dari data-data berupa data primer yang didapat dari hasil pengujian yang dilakukan sedangkan data sekunder didapat dari literatur, baik dari buku-buku dan jurnal-jurnal terdahulu yang membahas tentang Laston. Adapun prosedur penelitian ini meliputi :

#### **4.3.1 Persiapan**

Persiapan yang dilakukan yaitu meliputi studi Pustaka dan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Persiapan bahan (aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler*) dilakukan dengan mendatangkan bahan dari sumbernya ke Laboratorium Teknik

Sipil FT. Untirta dan menyiapkan bahan-bahan tersebut sebelum digunakan dalam campuran beraspal.

#### 4.3.2 Pemeriksaan Aspal

a. Pemeriksaan penetrasi aspal

Pengujian dilakukan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal yang dilihat dari kedalaman jarum penetrasi yang dibebani dalam waktu tertentu dan suhu standar ke dalam permukaan aspal, yang diukur dengan angka yang terbaca pada arloji penetrometer.

b. Pemeriksaan berat jenis aspal

Penentuan berat jenis aspal dilakukan untuk mengukur densitas aspal padat menggunakan piknometer. Berat jenis aspal didefinisikan sebagai perbandingan antara massa aspal padat dan massa air suling dengan volume yang sama pada suhu 25°C.

c. Pemeriksaan kehilangan berat minyak dan aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menetapkan berkurangnya berat minyak dan aspal dengan cara memanaskan di dalam *oven* dan tebal tertentu yang ditunjukkan dalam persen berat semula. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat fisik aspal selama proses pencampuran di *Asphalt Mixing Plant* pada suhu 163°C.

d. Pemeriksaan kekentalan aspal (viskositas)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur kekentalan aspal pada suhu pencampuran dan suhu pemadatan sehingga cara kerja aspal dapat dioptimalkan agar bisa lebih efektif.

e. Pemeriksaan daktilitas aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pengujian ini dilakukan pada temperatur  $25 \pm 0,5$  °C dengan cara menentukan jarak pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik dengan kecepatan 50 mm per menit  $\pm 2$ mm.

f. Pemeriksaan titik lembek

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui titik lembek aspal, di mana pengujian menggunakan bola baja dengan berat tertentu mulai menembus

lapisan aspal atau menekan cincin berukuran tertentu hingga menyentuh pelat dasar di bawah cincin akibat peningkatan suhu.

g. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan suhu pada saat terjadinya nyala singkat kurang dari 5 detik (titik nyala) dan nyala lebih dari 5 detik (titik bakar) di permukaan aspal.

Tabel 4.1 Standar pengujian aspal modifikasi PG-70

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi
1.	Penetrasi	SNI 2456-2011	30-60
2.	Berat Jenis Aspal	SNI 2441-2011	$\geq 1,0$
3.	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	$\leq 0,8$
4.	Viskositas	SNI 7729-2011	$\leq 3000$
5.	Daktilitas	SNI 2432-2011	$\geq 100$
6.	Pemeriksaan Titik Lembek	SNI 2434-2011	$\geq 70$
7.	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI 2433-2011	$\geq 232$

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

### 4.3.3 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat terdiri dari :

a. Pemeriksaan berat jenis agregat dan penyerapan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendapatkan berat jenis agregat dan penyerapan air agregat.

b. Pemeriksaan keausan agregat (*Los Angeles Abrasion*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan memanfaatkan mesin abrasi Los Angeles sehingga diperoleh rasio persentase antara berat material yang mengalami keausan dan berat awalnya.

c. Pemeriksaan analisa saringan

Analisa saringan bertujuan untuk menentukan persentase berat partikel agregat yang lolos melalui serangkaian saringan yang digambarkan dalam bentuk grafik pembagian butir atau gradasi. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengidentifikasi gradasi partikel agregat yang akan digunakan.

Tabel 4.2 Standar pengujian agregat kasar

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Nilai
1.	Analisa Saringan Kasar	SNI ASTM C136 : 2012	6 – 7,1
2.	Berat Jenis Agregat Kasar - Bulk - SSD - Semu	SNI 1969 : 2016	Min 2,1
3.	Penyerapan Air Agregat Kasar	SNI 1969 :2016	Maks 3%
4.	Keausan Agregat	SNI 2417 : 2008	Maks 30%

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

Tabel 4.3 Standar pengujian agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Nilai
1.	Analisa Saringan Halus	SNI ASTM C136 : 2012	1,50 – 3,8
2.	Berat Jenis Agregat Halus	SNI 1970 : 2016	Min 2,5
3.	Penyerapan Air Agregat Halus	SNI 1970 :2016	Maks 5%

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

#### 4.3.4 Pemeriksaan Abu Ampas Tebu

Pemeriksaan ini dilakukan agar tidak terjadi faktor eksternal pada hasil keefektivitasan campuran abu ampas tebu yang digunakan sebagai bahan tambah *filler*.

a. Persiapan ampas tebu

Menyiapkan material ampas tebu yang diambil dari limbah penjualan es tebu. Dimana tebu yang telah digiling dan diambil sarinya dan hanya menyisakan ampas tebunya saja.

b. Proses pengeringan ampas tebu

Ampas tebu dilakukan proses pengeringan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari hingga mendapatkan hasil kering maksimal.



Gambar 4.1 Proses pengeringan ampas tebu

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

c. Pembakaran ampas tebu

Ampas tebu yang telah kering sehabis dijemur dibawah sinar matahari selanjutnya dimasukkan ke dalam alat *furnace* pada suhu 700°C dan dengan waktu selama 2 jam untuk memulai proses pembakaran ampas tebu sampai menjadi abu. Penentuan suhu dan waktu pembakaran berdasarkan hasil pengujian oleh (Sulaiman F, 2019), Terdapat beberapa alasan untuk pemilihan suhu dan waktu pembakaran, suhu pembakaran dibawah 400°C maka yang didapat adalah kandungan karbon karena bahan – bahan organik seperti selulosa, lignin, dll baru terdekomposisi.



Gambar 4.2 Pembakaran ampas tebu

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

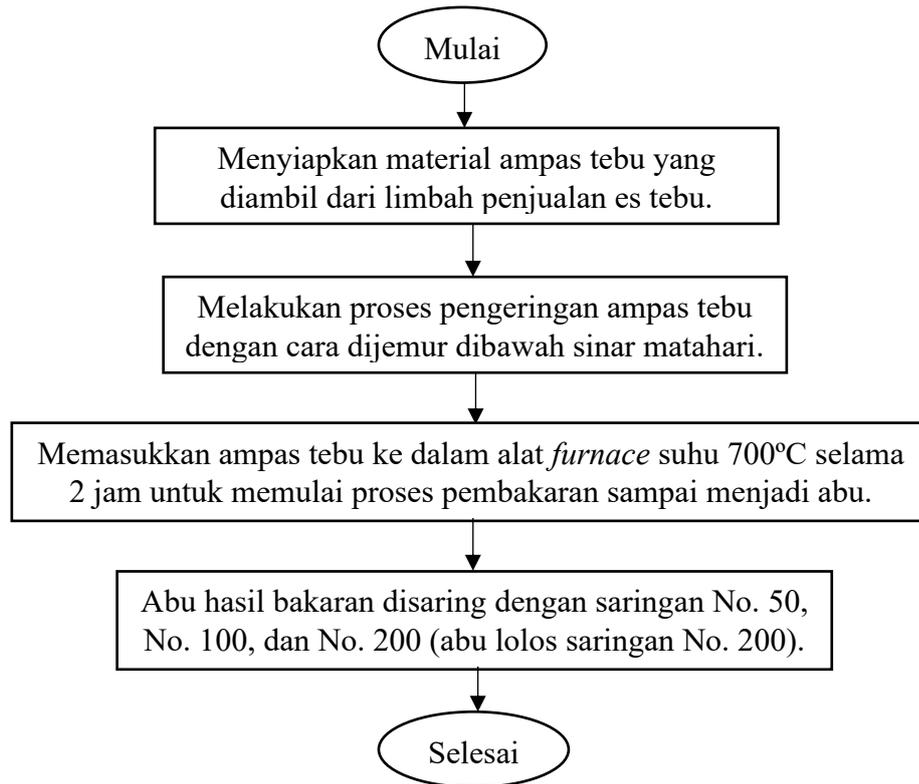
d. Penyaringan abu ampas tebu

Abu hasil bakaran disaring dengan saringan No. 50, No. 100, dan No. 200. Tujuan dari penyaringan ini agar abu ampas tebu memiliki tingkat kehalusan yang seragam (abu lolos saringan No. 200).



Gambar 4.3 Abu ampas tebu

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)



Gambar 4.4 Diagram alir pemeriksaan abu ampas tebu

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

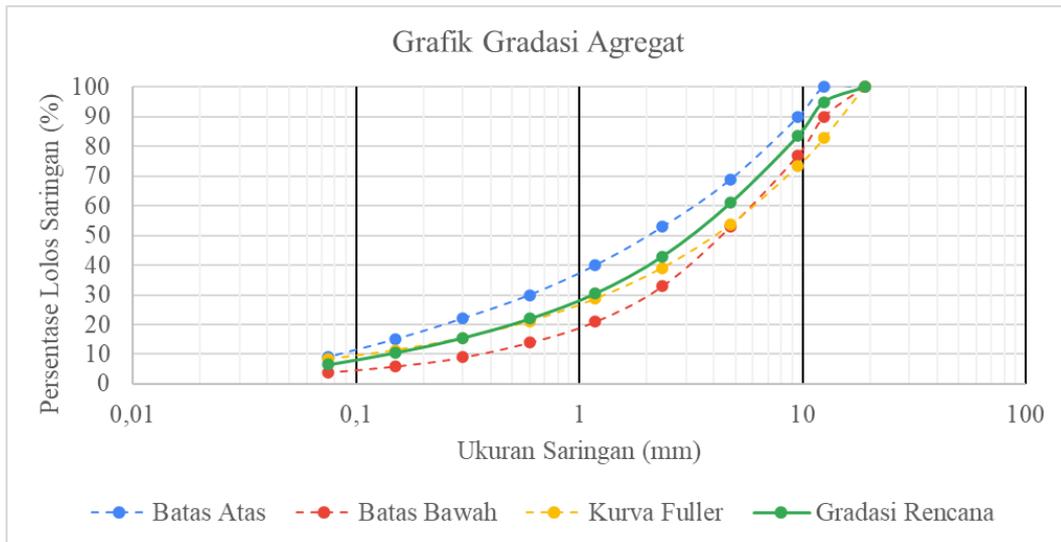
### 4.3.5 Perencanaan Gradasi

Pada penelitian ini menggunakan gradasi agregat campuran aspal lapis aus (AC-WC). Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persentase agregat lolos saringan terhadap berat total setelah pengujian analisa saringan, harus memenuhi batas-batas yang diberikan pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Persyaratan gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
3/4"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	81 - 92
1/2"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	59 - 75
No. 4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 38			53 - 69	46 - 64	41 - 59
No. 8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	28 - 45
No. 16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	18 - 34
No. 30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	11 - 25
No. 50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 18
No. 100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 12
No. 200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)



Gambar 4.5 Grafik gradasi agregat beraspal lapis aus (AC-WC)

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

#### 4.3.6 Kadar Aspal Perkiraan

Penelitian ini menerapkan 4 variasi kadar abu ampas tebu, yaitu 0%, 4%, 8%, dan 12%, yang dikombinasikan dengan 5 variasi kadar aspal. Untuk setiap kadar aspal yang direncanakan, dibuat masing-masing tiga sampel guna memperoleh data Kadar Aspal Optimum (KAO). Selain itu, dilakukan pengujian terhadap tiga kadar abu ampas tebu dan kadar aspal rencana sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Total jumlah benda uji

Kadar Campuran Abu Ampas Tebu (%)	Kadar Aspal					KAO
	PB-1	PB-0,5	PB	PB+0,5	PB+1	
0	3	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3
8	3	3	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3	3
Sub Total					60	12
Total					72	

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

#### 4.3.7 Metode Pembuatan Benda Uji

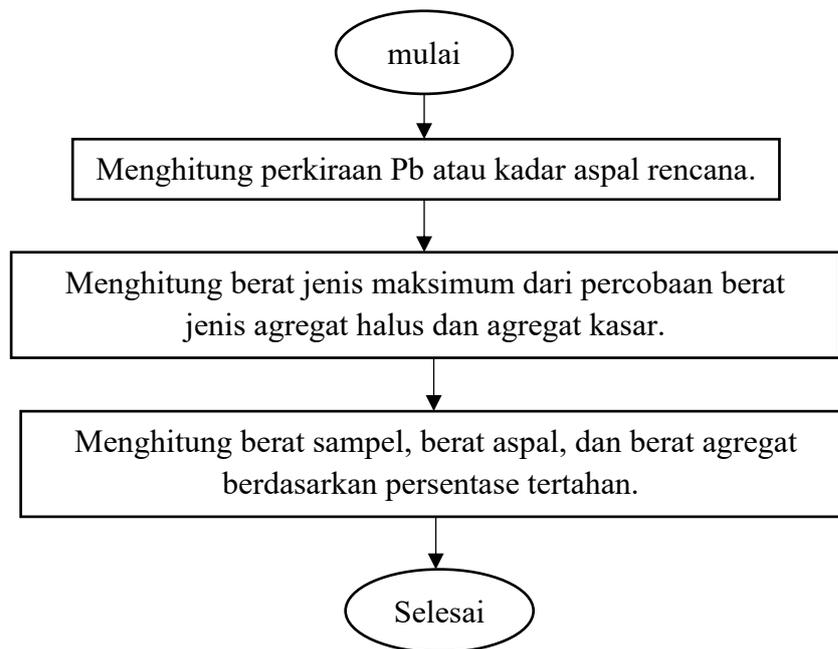
Metode pencampuran yang diterapkan pada penelitian ini yaitu metode pencampuran kering, di mana aspal panas dicampurkan dengan komponen lainnya seperti agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

- a. Perencanaan Campuran
  - 1) Menghitung perkiraan  $P_b$  atau kadar aspal rencana dengan persamaan (3.1)
  - 2) Setelah kadar aspal diperoleh, tahap selanjutnya adalah menghitung berat jenis maksimum dengan menggunakan data hasil pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
  - 3) Setelah seluruh data tersedia, proses berikutnya mencakup perhitungan berat total sampel, berat aspal, serta berat agregat berdasarkan distribusi persentase yang tertahan pada masing-masing saringan.
- b. Proses Pencampuran Benda Uji
  - 1) Menyediakan material untuk masing-masing spesimen uji, yaitu campuran aspal dengan berat sekitar  $\pm 1200$  gram.
  - 2) Memanaskan panci pencampur beserta agregat kasar, agregat halus dan *filler* berupa abu ampas tebu lalu aduk sampai suhu  $165^\circ\text{C}$ . Sementara itu aspal juga dipanaskan secara terpisah pada suhu  $150^\circ\text{C}$ .
  - 3) Saat memanaskan aspal, penting menjaga pengadukan tetap merata agar tidak terjadi penggumpalan, sehingga campuran tetap homogen dan berkualitas baik.
  - 4) Setelah campuran dipanaskan hingga suhu  $165^\circ\text{C}$ , timbang dalam kondisi panas, lalu menuangkan aspal yang telah dipanaskan pada suhu  $150^\circ\text{C}$  sesuai kadar yang diperlukan.
  - 5) Campuran kemudian diaduk secara cepat hingga seluruh agregat terlapisi aspal secara merata. Suhu selama proses pengadukan dijaga tetap  $155^\circ\text{C}$  menggunakan alat pengukur suhu (termometer).
  - 6) Memadatkan sampel dengan memberikan masing-masing 75 kali tumbukan pada sisi atas dan sisi bawah dengan menggunakan alat penumbuk.
  - 7) Membiarkan benda uji mengeras terlebih dahulu di dalam cetakan, kemudian keluarkan dan diamkan benda uji selama kurang lebih 24 jam.
  - 8) Melakukan pengukuran ketebalan, penimbangan, lalu merendam spesimen uji dalam air bersuhu ruang selama 24 jam.
  - 9) Menimbang spesimen uji guna memperoleh berat jenuh (SSD).

10) Sebelum menguji benda uji menggunakan alat *marshall*, perlu merendam benda uji dalam *waterbath* selama 30 menit.

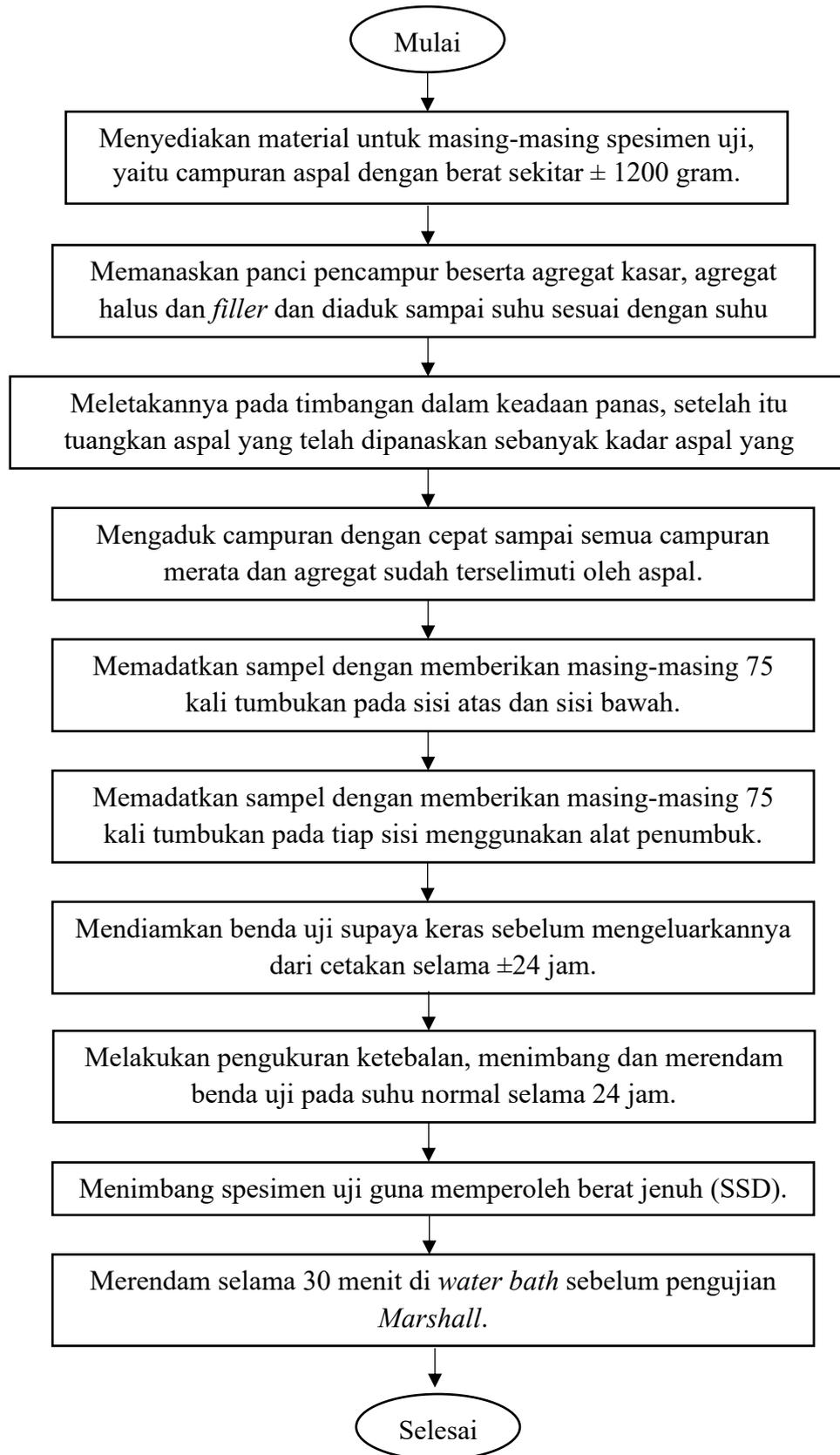
c. Uji *Marshall*

Pengujian menggunakan alat *Marshall* mengikuti standar SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Spesimen diletakkan di bagian bawah alat maksimal 30 detik setelah diangkat dari *water bath*. Beban diterapkan dengan kecepatan  $\pm 50$  mm/menit hingga mencapai titik maksimum, lalu dicatat nilai stabilitas dan *flow*-nya.



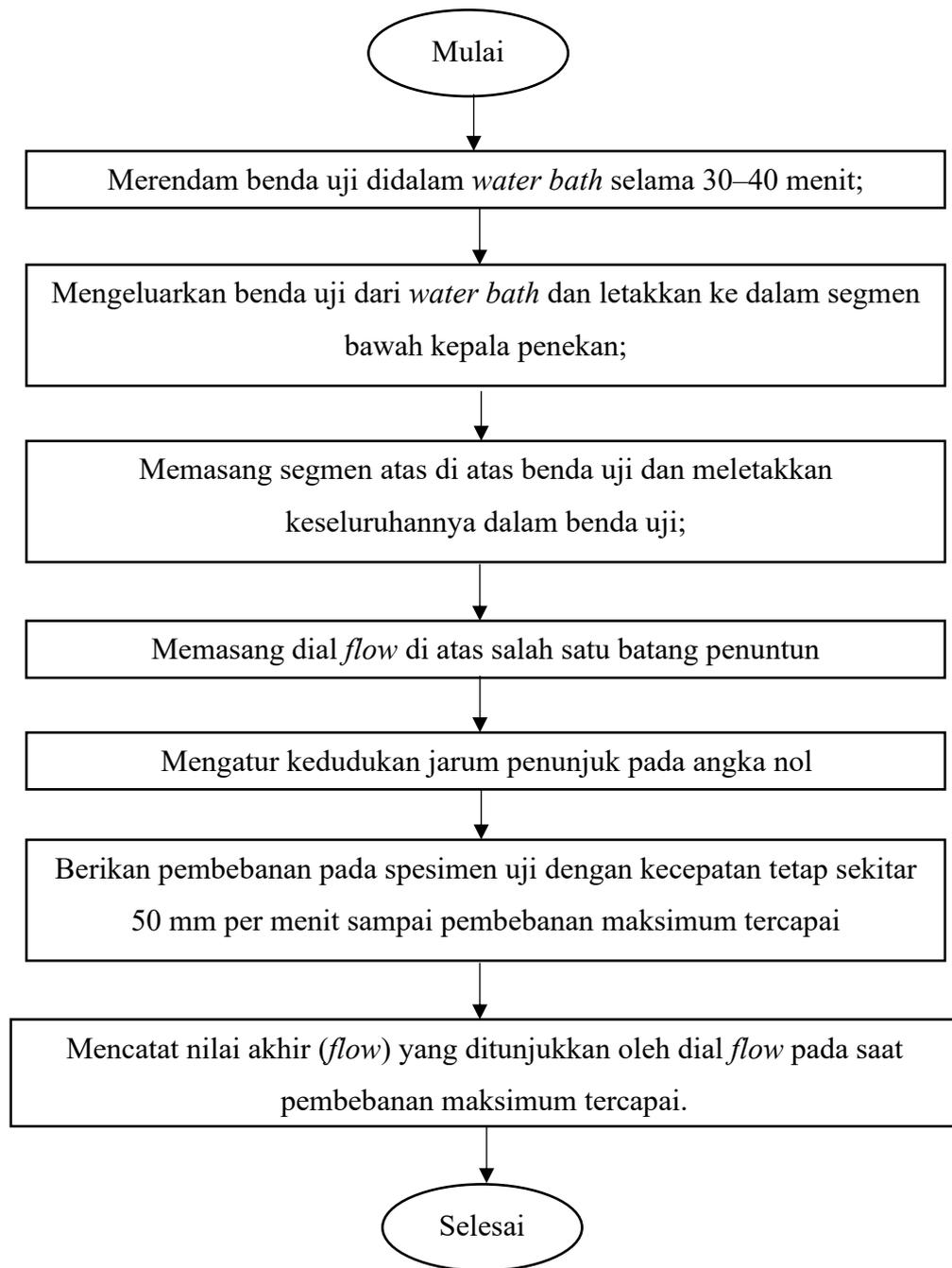
Gambar 4.6 Diagram alir perencanaan campuran

(Sumber : Analisis penulis, 2025)



Gambar 4.7 Diagram alir pencampuran benda uji

(Sumber : Analisis penulis, 2025)



Gambar 4.8 Diagram alir pengujian *marshall*

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

#### 4.3.8 Pembahasan dan Analisis Hasil

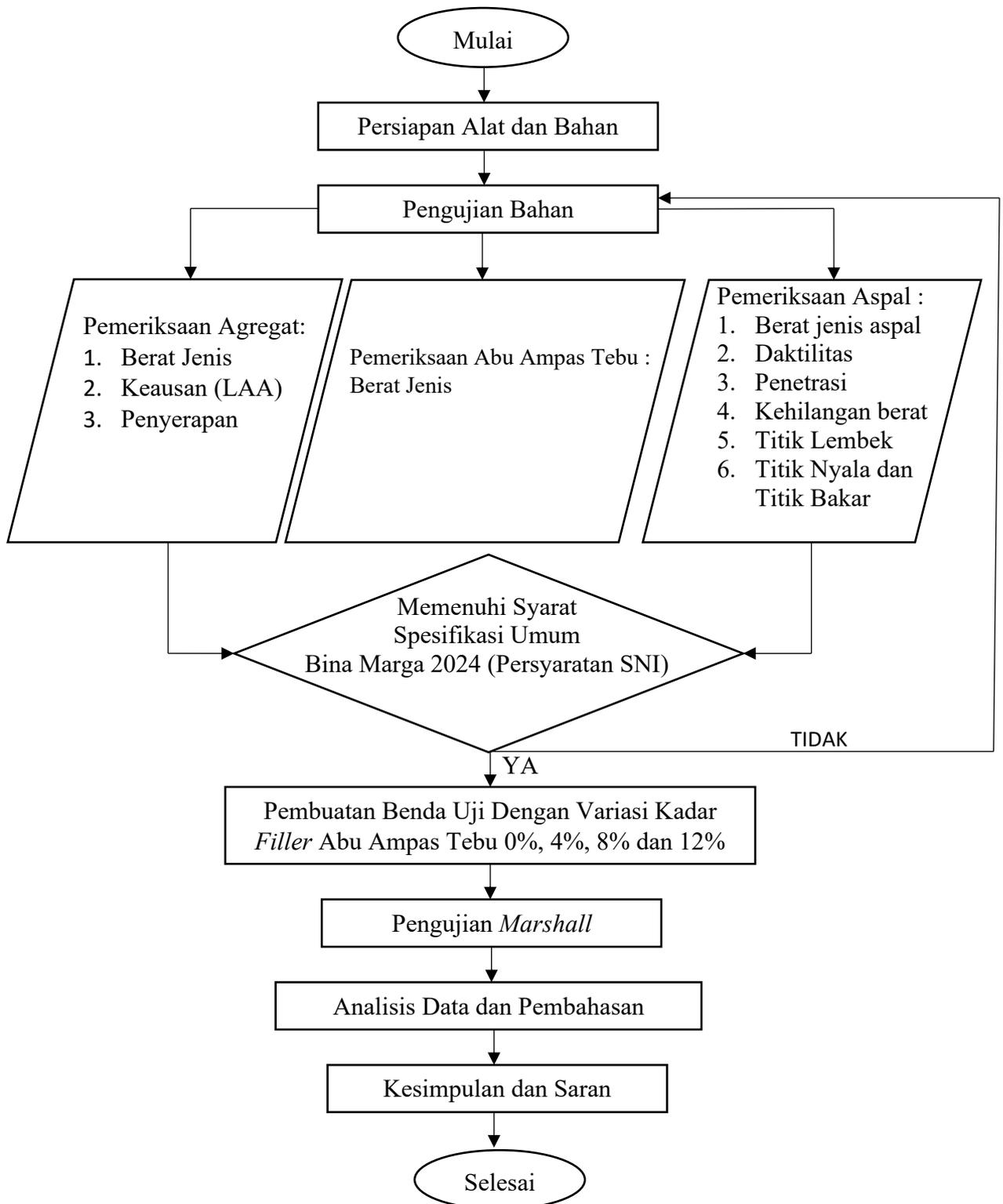
Data hasil uji laboratorium dimanfaatkan untuk membandingkan stabilitas dan berbagai karakteristik lain dari campuran. Perbandingan dilakukan antara campuran yang mengandung abu ampas tebu dan campuran tanpa penambahan abu ampas

tebu. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kelayakan abu ampas tebu sebagai bahan tambahan *filler* dalam campuran AC-WC, dengan meninjau nilai stabilitas dan parameter campuran lainnya. Selanjutnya, akan disajikan grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan parameter *Marshall*, meliputi:

- a. Kadar aspal terhadap nilai VIM
- b. Kadar aspal terhadap nilai VMA
- c. Kadar aspal terhadap nilai VFA
- d. Kadar aspal terhadap nilai stabilitas
- e. Kadar aspal terhadap nilai *flow*
- f. Kadar aspal terhadap nilai *Marshall Quotient* (MQ)

#### 4.4 Diagram Alir

Berikut ini merupakan diagram alir penyusunan skripsi.



Gambar 4.9 Diagram alir penyusunan skripsi

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

### 4.5 Jadwal Penelitian Skripsi

Berikut ini adalah jadwal pelaksanaan penelitian yang telah disusun sebagai bagian dari proses penyusunan skripsi,

No	Tahapan	Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
<b>Penyusunan Skripsi</b>																																									
1	Pengajuan Judul					█	█	█																																	
2	Penyusunan Proposal																																								
3	Seminar Proposal																																								
4	Revisi Seminar Proposal																																								
5	Pelaksanaan Penelitian																																								
6	Penyusunan Hasil Penelitian dan Pembahasan																																								
7	Penyusunan Kesimpulan dan Saran																																								
8	Seminar Hasil																																								
9	Sidang Akhir																																								
10	Revisi/Finalisasi Naskah Skripsi																																								
KETERANGAN		█	Rencana			Jadwal Penelitian Aisyah Nabilah Hanif																																			
		█	Aktual																																						
<b>Bimbingan Skripsi</b>																																									
1	Bimbingan 1						✓																																		
2	Bimbingan 2								✓																																
3	Bimbingan 3								✓																																
4	Bimbingan 4												✓																												
5	Bimbingan 5												✓																												
6	Bimbingan 6																								✓																
7	Bimbingan 7																												✓												
8	Bimbingan 8																																✓								
9	Bimbingan 9																																			✓					
10	Bimbingan 10																																								

Gambar 4.10 Jadwal penelitian skripsi

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

## BAB 5

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisa Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material yang terdiri dari :

- a. Berat jenis dan penyerapan air agregat
- b. Keausan agregat dengan mesin *Los Angeles Abrasion*
- c. Penetrasi aspal
- d. Kehilangan berat minyak dan aspal
- e. Berat jenis aspal
- f. Titik lembek aspal
- g. Titik nyala dan titik bakar aspal
- h. Daktilitas aspal

Pengujian tersebut diuji di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Pemeriksaan karakteristik material dilakukan untuk memeriksa kelayakan dari material yang digunakan.

##### 5.1.1 Analisa Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan pada pengujian karakteristik campuran terdiri dari dua jenis, meliputi agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar merupakan material yang tertahan pada saringan No. 4, yaitu agregat dengan ukuran partikel lebih besar dari 4,75 mm. Sementara itu, agregat halus adalah material yang lolos dari saringan No. 4, dengan ukuran partikel kurang dari atau sama dengan 4,75 mm.



Gambar 5.1 Agregat

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

Berikut adalah analisa pengujian karakteristik agregat :

a. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis didefinisikan sebagai rasio antara berat volume agregat terhadap berat volume air. Sedangkan penyerapan menunjukkan peningkatan massa agregat akibat penetrasi air ke dalam pori-pori agregat, tanpa memperhitungkan air yang menempel pada permukaan agregat (Dionisius et al., 2018). Di bawah ini disajikan hasil pengujian terhadap berat jenis agregat kasar dan penyerapan.

Tabel 5.1 Berat jenis agregat kasar

BJ Agregat Kasar (Split 1-2)					
Keterangan	I	II	III	Rata - rata	SNI 1969 : 2016
BJ <i>Bulk</i>	2,59	2,50	2,58	2,56	2,5
BJ (SSD)	2,64	2,55	2,64	2,61	
BJ ( <i>apparent</i> )	2,73	2,63	2,73	2,70	
Penyerapan (%)	2,04	1,89	2,06	2,00	3%
BJ Agregat Kasar ( <i>Screening</i> )					
BJ <i>Bulk</i>	2,58	2,51	2,58	2,55	2,5
BJ (SSD)	2,62	2,55	2,62	2,60	
BJ ( <i>apparent</i> )	2,70	2,63	2,70	2,67	
Penyerapan (%)	1,74	1,81	1,71	1,76	3%

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berat jenis yang digunakan untuk perhitungan benda uji adalah berat jenis *bulk* atau berat jenis curah kering. Berdasarkan pada Tabel 5.1 Berat Jenis Agregat Kasar (*split 1-2*) rata-rata berat jenis *bulk* yang didapat sebesar 2,56 dan untuk penyerapan air didapat rata-rata sebesar 2,00 %. Sedangkan Berat Jenis Agregat Kasar (*screening*) rata-rata berat jenis *bulk* yang didapat sebesar 2,55 dan untuk penyerapan air didapat rata-rata sebesar 1,75%. Nilai ini sudah memenuhi ketentuan pada SNI 1969:2016.



Gambar 5.2 Pengujian berat jenis agregat kasar

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

b. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Agregat yang termasuk dalam kategori agregat halus yaitu material yang melewati saringan No. 4, dengan ukuran partikel kurang dari 4,75 mm. Di bawah ini disajikan hasil pengujian terhadap berat jenis serta daya serap air dari agregat halus.

Tabel 5.2 Berat jenis agregat halus

BJ Agregat Halus					
Keterangan	I	II	III	Rata – rata	SNI 1970 : 2016
BJ Bulk	2,55	2,53	2,90	2,66	2,51
BJ (SSD)	2,63	2,64	2,99	2,75	
BJ ( <i>apparent</i> )	2,79	2,83	3,21	2,94	
Penyerapan (%)	3,46	4,17	3,31	3,64	5%

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berat jenis yang digunakan untuk perhitungan benda uji adalah berat jenis bulk atau berat jenis curah kering. Berdasarkan pada Tabel 5.2 Berat jenis agregat halus rata-rata berat jenis bulk yang didapat sebesar 2,66, berat jenis SSD sebesar 2,75, berat jenis apparent sebesar 3,64 dan untuk penyerapan air didapat rata-rata sebesar 3,64%. Nilai ini sudah memenuhi ketentuan pada SNI 1970:2016. dan untuk penyerapan air didapat rata-rata sebesar 3,64 %. Nilai ini sudah memenuhi ketentuan pada SNI 1970:2016.



Gambar 5.3 Pengujian berat jenis agregat halus

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

Semakin besar nilai berat jenis, maka volume agregat tersebut semakin kecil. Namun semakin kecil nilai berat jenis, maka volume agregat tersebut semakin besar. Hal ini berdasarkan rumus berat jenis, Dimana volume berbanding terbalik dengan berat jenis.

c. Keausan dengan Mesin *Los Angeles Abration*

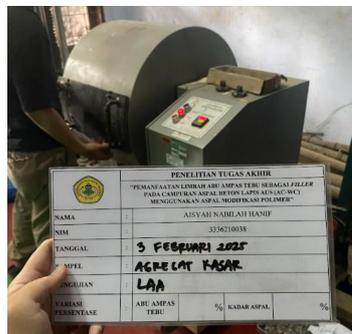
Sifat ketahanan agregat terhadap keausan merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi mutu perkerasan jalan, karena berkaitan dengan daya tahan terhadap beban dan kekerasan agregat kasar melalui nilai abrasi (Arifin et al., 2007). Agregat kasar mengalami abrasi sebagai akibat dari pengaruh mekanis, seperti tekanan yang timbul selama tahapan konstruksi meliputi proses penimbunan, penghamparan, pemadatan serta akibat beban lalu lintas kendaraan dan faktor kimia seperti kelembapan serta fluktuasi suhu (Putri et al., 2023). Berikut hasil pengujian abrasi yang dilakukan menggunakan mesin *Los Angeles Abration* (LAA).

Tabel 5.3 Hasil pengujian keausan dengan mesin LAA

LAA Agregat				
Gradasi Pemeriksaan		Batu Pecah		
Saringan		Hasil Pengujian		
Lewat	Tertahan	Berat sebelum, a (g)		
3/4	1/2	2500	2500	2500
1/2	3/4	2500	2500	2500
Jumlah berat		5000	5000	5000
Berat sesudah, b (g)		3723	3825	3561
a-b		1277	1175	1439
Keausan (%)		25,54	23,5	28,78
Keausan rata-rata (%)		25,94	SNI 2417:2008	
			< 30%	

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Dari ketiga pengujian didapatkan hasil rata-rata keausan agregat sebesar 25,92 % seperti pada Tabel 5.3 Hasil Penujian Keausan dengan Mesin LAA. Nilai keausan agregat sudah memenuhi syarat SNI 2417:2008 yang mensyaratkan nilai keausan <30%.



Gambar 5.4 Pengujian keausan dengan mesin LAA

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

### 5.1.2 Analisa Karakteristik *Filler*

Material *filler* terdiri dari partikel halus berukuran kurang dari 0,075 mm dan mampu melewati saringan No. 200, biasanya berbentuk debu. Dalam campuran aspal, *filler* berfungsi untuk mengisi celah rongga di antara partikel agregat (Saodang, 2005). Pada penelitian ini, *filler* yang digunakan terdiri dari abu batu dan abu ampas tebu yang melewati saringan No. 200 dan tertahan pada pan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5.5. Hasil pengujian berat jenis abu ampas tebu disajikan dalam Tabel 5.4.



Gambar 5.5 *Filler* abu ampas tebu

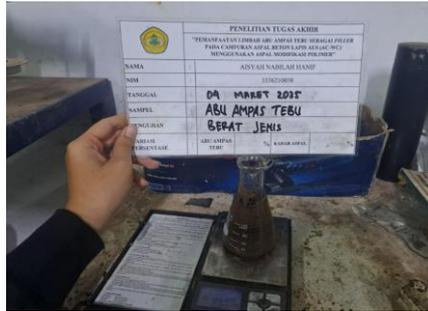
(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

Tabel 5.4 Berat jenis abu ampas tebu

Keterangan	I	II	III	Rata-Rata	
Berat Piknometer	72,75	72,75	72,75	72,75	gram
Berat Piknometer + air (25°C)	182,9	183,2	183	183,03	gram
Berat Piknometer + benda uji	122,49	123,12	122,64	122,75	gram
Berat Piknometer + benda uji + air	207,82	210	208,04	208,62	gram
Berat Jenis <i>Filler</i>	2,00	2,14	2,01	<b>2,05</b>	g/cm <sup>3</sup>

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Penentuan berat jenis masing-masing *filler* dilakukan melalui tiga kali pengujian sesuai dengan standar SNI 1970-2016. Berdasarkan tabel 5.4 diketahui dan berat jenis *filler* abu ampas tebu yaitu rata-rata sebesar 2,05 g/cm<sup>3</sup>. Nilai berat jenis dari abu hasil pembakaran ampas tebu berada di bawah nilai berat jenis abu batu yaitu sebesar 2,66. Perbedaan berat jenis ini dapat mempengaruhi nilai VIM dan VMA dimana penggunaan berat jenis dengan nilai yang lebih rendah dapat meningkatkan nilai VIM dan VMA karena struktur campuran menjadi lebih berpori (Hidayat & Kushari, 2018).



Gambar 5.6 Pengujian berat jenis abu ampas tebu

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

### 5.1.3 Analisa Karakteristik Aspal

Penelitian ini menggunakan aspal polimer elastomer PG-70. Ada tujuh karakteristik aspal yang akan diuji antara lain penetrasi aspal, kehilangan berat minyak, berat jenis aspal, titik lembek, daktilitas, viskositas, titik nyala dan titik bakar. Pengujian-pengujian tersebut menggunakan prosedur Standar Nasional Indonesia dan Spesifikasi Bina Marga tahun 2024. Berikut ini adalah analisa pengujian karakteristik aspal.

#### a. Penetrasi Aspal

Pengujian dilakukan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal yang dilihat dari kedalaman jarum penetrasi yang dibebani dalam waktu tertentu dan suhu standar ke dalam permukaan aspal, yang diukur dengan angka yang terbaca pada arloji penetrometer. Pada pengujian ini, aspal yang digunakan adalah aspal polimer elastomer PG-70. Berikut ini adalah hasil pengujian penetrasi aspal.

Tabel 5.5 Hasil pengujian penetrasi aspal

Penetrasi Pada Suhu 25 °C, Beban 100 gr selama 5 detik	I	II	III
Pengamatan 1	52,5	44	52,5
Pengamatan 2	60	46	60
Pengamatan 3	57,5	46	57,5
Pengamatan 4	55	48	55
Pengamatan 5	60	49	60
Rata-Rata	57	46,6	57
	<b>53,5</b>		
SNI 06-2456-2011	30 - 60		

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Aspal modifikasi polimer PG 70 merupakan aspal yang diformulasikan dapat menahan suhu tinggi tanpa mengalami deformasi (hingga 70°C) dan suhu rendah

tanpa mengalami retak. Nilai *Performance grades* (PG) didapatkan melalui pengujian oleh alat *Dynamic Shear Rheometer* (DSR), dimana aspal diklasifikasikan berdasarkan kinerjanya. Setiap PG memiliki dua angka; angka pertama menunjukkan suhu maksimum tanpa deformasi, dan angka kedua menunjukkan suhu minimum tanpa retakan (Indriyanti, 2017).

Berdasarkan Tabel 5.5 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal pada pengujian I didapatkan nilai sebesar 57 pada pengujian II sebesar 46,6 dan pengujian III sebesar 57 menghasilkan nilai rata-rata sebesar 53,5, menandakan bahwa nilai penetrasi aspal masih pada rentang nilai 30-60. Nilai tersebut adalah nilai penurunan jarum penetrasi dengan beban 100 gr selama 5 detik. Nilai penetrasi ini sudah sesuai dengan spesifikasi pada SNI 2456-2011 untuk penetrasi aspal polimer elastomer PG-70.

Hubungan nilai penetrasi dan *performance grades* (PG) menunjukkan bahwa nilai PG cenderung menurun seiring meningkatnya nilai penetrasi, yang menunjukkan bahwa aspal menjadi lebih lunak. Artinya, ketika kekerasan aspal menurun, ketahanannya terhadap suhu tinggi juga menurun, dan berlaku sebaliknya (Indriyati et al., 2013). Adapun menurut penelitian yang dilakukan (Wibisono & Yuantika, 2024) menggunakan aspal pertamina dan aspal PG 70, didapatkan hasil untuk nilai rata-rata penetrasi aspal pertamina adalah 61 sedangkan untuk aspal PG 70 nilai rata-rata 48. Hal ini menunjukkan bahwa aspal PG 70 lebih keras dibandingkan dengan aspal pertamina, sedangkan dari segi stabilitas aspal PG 70 memiliki stabilitas yang lebih tinggi dan dapat menahan beban lalu lintas berat.



Gambar 5.7 Pengujian penetrasi aspal

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

b. Kehilangan Berat Minyak dan Aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menetapkan berkurangnya berat minyak dan aspal dengan cara memanaskan di dalam oven dan tebal tertentu yang ditunjukkan dalam persen berat semula. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat fisik aspal selama proses pencampuran di Asphalt Mixing Plant pada suhu 163°C. Berikut ini adalah hasil pengujian kehilangan berat aspal.

Tabel 5.6 Hasil pengujian kehilangan berat minyak dan aspal

Pengujian	I	II	III
Berat cawan + aspal keras (g)	65	65	65
Berat cawan kosong (g)	15	15	15
Berat aspal keras (g)	50	50	50
Berat sebelum pemanasan (g)	65	65	65
Berat sesudah pemanasan (g)	64,5	65	64,8
Berat endapan (g)	0,5	0	0,2
Kehilangan berat aspal (%)	0,77%	0,00%	0,31%
Rata-Rata	<b>0,36%</b>		
SNI 06-2440-1991	< 0,8%		

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Dari ketiga pengujian didapatkan hasil rata-rata kehilangan berat aspal sebesar 0,36% seperti pada Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Aspal. Nilai kehilangan berat aspal ini sudah memenuhi syarat SNI 06-2440-1991 yang mensyaratkan nilai kehilangan berat sebesar  $\leq 0,8\%$ . Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa aspal tidak mengalami kehilangan berat yang berlebihan. Kehilangan berat yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan kadar aspal akibat paparan suhu tinggi.



Gambar 5.8 Pengujian kehilangan berat minyak dan aspal

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

c. Berat Jenis Aspal

Penentuan berat jenis aspal dilakukan untuk mengukur densitas aspal padat menggunakan piknometer. Berat jenis aspal didefinisikan sebagai perbandingan antara massa aspal padat dan massa air suling dengan volume yang sama pada suhu 25°C. Jenis aspal yang digunakan dalam pengujian ini adalah aspal modifikasi dengan polimer elastomer PG 70. Hasil pengujian berat jenis aspal disajikan berikut ini.

Tabel 5.7 Hasil pengujian berat jenis aspal

Keterangan	Hasil
Berat piknometer (g)	50
Berat piknometer + Air (g)	146
Berat piknometer + Benda uji (g)	120
Berat piknometer + benda uji + Air (g)	149
BJ jenis aspal (g)	<b>1,04</b>
SNI 2441-2011	$\geq 1$

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Tabel 5.7 Hasil pengujian berat jenis aspal dari pengujian tersebut didapatkan hasil berat jenis aspal sebesar 1,04. Nilai berat jenis aspal sudah memenuhi syarat SNI 2441-2011 yang mensyaratkan berat jenis aspal sebesar  $\geq 1$ . Jika berat jenis aspal memiliki nilai yang tinggi, maka berat aspal pada campuran juga akan semakin besar.



Gambar 5.9 Pengujian berat jenis aspal

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

d. Titik Lembek Aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui titik lembek aspal, di mana pengujian menggunakan bola baja dengan berat tertentu mulai menembus lapisan aspal atau menekan cincin berukuran tertentu hingga menyentuh pelat dasar di bawah cincin akibat peningkatan suhu. Berikut adalah hasil pengujian titik lembek aspal.

Tabel 5.8 Hasil pengujian titik lembek aspal

Keterangan		Suhu (°C)
Pengujian	I	80
	II	84
SNI 2432-2011		> 70

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Tabel 5.9 Hasil Pengujian Titik Lembek nilai yang didapatkan dari pengujian 1 sebesar 82°C dan pengujian 2 sebesar 84°C. Nilai suhu tersebut adalah nilai titik lembek dari aspal yang digunakan. Titik lembek adalah suhu yang dibutuhkan untuk aspal berubah bentuk dari padat menjadi lembek. Nilai titik lembek aspal ini sudah memenuhi syarat SNI 2434-2011 yang mensyaratkan titik lembek aspal  $\geq 48^\circ\text{C}$ . Jika suhu yang didapatkan pada titik lembek bernilai kecil, maka aspal akan mudah menjadi lembek atau tingkat kekerasannya menjadi berkurang sehingga membuat campuran tidak stabil.



Gambar 5.10 Pengujian titik lembek aspal

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

e. Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

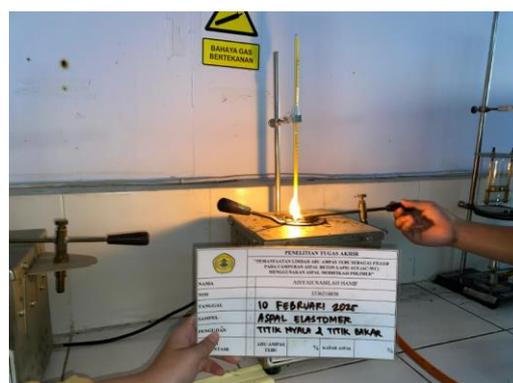
Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan suhu pada saat terjadinya nyala singkat kurang dari 5 detik (titik nyala) dan nyala lebih dari 5 detik (titik bakar) di permukaan aspal. Berikut adalah hasil pengujian titik nyala dan titik bakar.

Tabel 5.9 Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar aspal

Titik	suhu
Nyala	260
Bakar	280
SNI 2432-2011	> 232

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Tabel 5.9 Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar didapat nilai titik nyala hasil pengujian adalah sebesar 260°C sedangkan nilai titik bakar yang didapatkan nilai sebesar 280°C. Hal ini berarti aspal akan menimbulkan percikan api pada suhu 260°C dan aspal akan terbakar pada suhu 280°C. Nilai titik nyala aspal ini sudah memenuhi syarat SNI 2433-2011 yang mensyaratkan titik nyala aspal sebesar  $\geq 232$  °C. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai titik nyala dan titik bakar, jika nilai titik bakar semakin rendah maka aspal akan sangat mudah terbakar dan jika itu terjadi maka campuran aspal akan menjadi berbahaya saat suhu panas.



Gambar 5.11 Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

f. Daktilitas Aspal

Pengujian daktilitas aspal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa jauh aspal dapat mengalami pemuluran sebelum terputus, yang mencerminkan tingkat kelenturan material tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan menarik dua cetakan berisi aspal pada suhu  $25 \pm 0,5$  °C, menggunakan kecepatan penarikan sebesar 50 mm per menit  $\pm 2$  mm. Jarak maksimum sebelum aspal putus menjadi indikator nilai daktilitas. Hasil dari pengujian daktilitas aspal disajikan berikut ini.

Tabel 5.10 Hasil pengujian daktilitas aspal

Daktilitas Pada 25°C		Panjang Tanpa Putus (cm)
Pengujian	I	147
	II	150
	III	149
Rata-Rata		<b>148,7</b>
SNI 2432-2011		>100 cm

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Tabel 5.10 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal didapatkan hasil daktilitas aspal sepanjang 148,7 cm. Nilai daktilitas aspal ini sudah memenuhi syarat SNI 2432-2011 yang mensyaratkan daktilitas aspal sebesar  $\geq 100$  cm. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan aspal untuk memulur atau memanjang. Panjangnya pemuluran dipengaruhi oleh tingkat kelekatan aspal. Semakin panjang pemulurannya maka akan semakin besar tingkat kelekatan aspal. Dengan kelekatan aspal yang tinggi, maka campuran akan semakin kuat.



Gambar 5.12 Pengujian daktilitas aspal

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

g. Viskositas

Pengujian viskositas aspal bertujuan untuk mengetahui kekentalan aspal pada suhu pencampuran dan suhu pemadatan sehingga cara kerja aspal dapat dioptimalkan agar bisa lebih efektif. Viskositas yang sesuai memastikan aspal cukup cair saat pencampuran, namun tetap cukup kental saat pemadatan agar mampu mengikat agregat dengan baik.



Gambar 5.13 Mesin viskositas aspal

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

Penentuan suhu viskositas untuk aspal modifikasi polimer elastomer berdasarkan hasil pengujian oleh (Alfiyyah, 2021) atau mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2024 menunjukkan bahwa viskositas pada suhu pencampuran adalah sebesar  $170+20$  cSt dengan perkiraan temperatur aspal yaitu  $155+1^{\circ}\text{C}$ , dan viskositas pemadatan yaitu  $280+30$  cSt dengan perkiraan temperatur aspal yaitu  $145+1^{\circ}\text{C}$ . Nilai viskositas aspal ini sudah memenuhi syarat (SNI 7729:2011) yang mensyaratkan viskositas aspal sebesar  $\geq 300$  cSt.

Jika waktu yang diperoleh dari pengujian viskositas bernilai kecil, itu menandakan bahwa aspal memiliki kekentalan yang rendah atau cenderung lebih cair. Aspal dengan viskositas rendah akan mempengaruhi proses pencampuran dan pemadatan, karena tidak memerlukan suhu yang tinggi untuk mencapai kondisi idealnya. Semakin rendah viskositas aspal, maka semakin rendah pula suhu yang dibutuhkan untuk mencampur dan memadatkannya secara efektif.

Di bawah ini disajikan ringkasan hasil pengujian terhadap karakteristik aspal yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 5.11 Rekapitulasi pengujian karakteristik aspal polimer elastomer PG-70

Pengujian	Hasil	Standar Pengujian	Ketentuan
Penetrasi Aspal	53,5	SNI 2456-2011	30 - 60
Kehilangan Berat Minyak dan Aspal	0,36%	SNI 06-2440-1991	$\leq 0,8\%$
Berat Jenis	1,04	SNI 2441-2011	$\geq 1$
Titik Lembek	82°C	SNI 2434-2011	$\geq 70^\circ\text{C}$
Titik Nyala	260°C	SNI 2433-2011	$\geq 232^\circ\text{C}$
Titik Bakar	280°C	SNI 2433-2011	$\geq 232^\circ\text{C}$
Daktilitas	148,7	SNI 2432-2011	$\geq 100 \text{ cm}$

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Pengujian terhadap spesifikasi aspal polimer ini juga dilakukan sebelumnya oleh PT. Aspal Polimer Emulsindo. Berikut adalah hasil uji laboratorium yang telah diperoleh dari pengujian tersebut.

Tabel 5.12 Hasil pengujian aspal oleh PT Aspal Polimer Emulsindo

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Spesifikasi		Hasil Uji
				Min	Max	Batch 10 (Re Test)
						Aspal 60/70
						SBS 3411 2,5%
						FT Wax 0,5%
						SLF 0,1%
<b>Original Binder</b>						
1	Penetrasi Pada 25 °C	SNI 06-2456-2011	0.1 mm	30	60	<b>36</b>
2	Temp. yg menghasilkan Geser Dinamis (G*/Sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kPa, (70 °C)	ASTM D7175	kPa	1,00		<b>1,95</b>
3	Viskositas Kinematis 135 °C dengan alat Rotational Viscometer	ASTM D2170-10	Cp			<b>1.759</b>
4	Titik Lembek	ASTM D 36	°C	70		<b>83,8</b>
5	Titik Nyala	SNI 2433-2011	°C	232		<b>324</b>
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	Gram	1		<b>1,026</b>
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene	AASHTO T 44-14	%	99		<b>99,8</b>
8	Keelastisan Setelah Pengembalian	ASTM D6084	%	Cross Cek		<b>76</b>
9	Daktilitas	SNI 2432-2011	cm	Cross Cek		<b>58</b>
10	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek	ASTM D 5976 part 6.1	°C		6,5	<b>1,4</b>
<b>Residu hasil TFOT (SNI 06-2440-1991) atau RTFOT (SNI 03-6835-2002)</b>						
11	Berat yang Hilang	ASTM D2872	%	1,0		<b>0,028</b>
12	Keelastisan Setelah Pengambilan	ASTM D6084	%	45		<b>72</b>
13	Penetrasi Pada 25 °C	SNI 06-2456-2011	%	54		<b>32</b>
	$\frac{\text{Pen TFOT}}{\text{Pen Original}} \times 100\%$					<b>88,8</b>
14	Temp. yg menghasilkan Geser Dinamis (G*/Sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa, (70 °C)	ASTM D7175	kPa	2,20		<b>2,41</b>

(Sumber : PT Aspal Polimer Emulsindo, 2025)

## 5.2 Perencanaan Campuran Aspal Beton

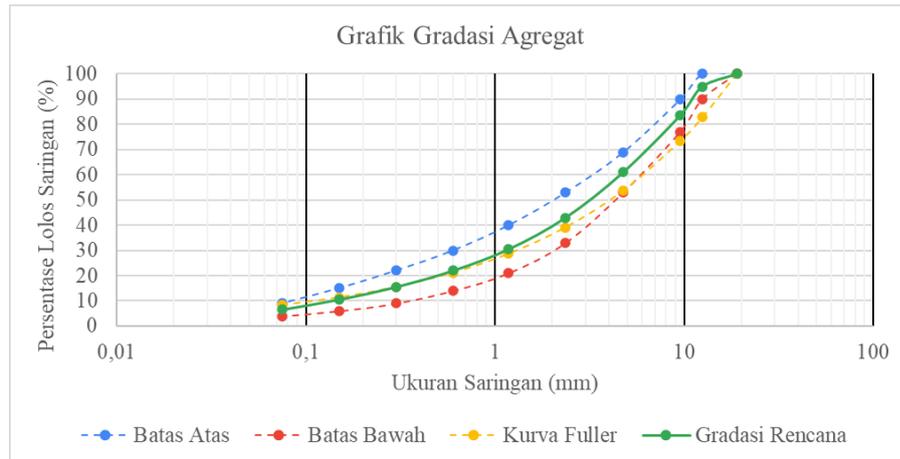
Pada sub bab ini adalah penjelasan tentang perhitungan kebutuhan material agregat dan abu ampas tebu yang dibutuhkan untuk campuran beraspal. Sesuai dengan perencanaan awal, peneliti akan membuat 72 benda uji sesuai dengan Tabel 4.5. Dalam merencanakan campuran, dibutuhkan beberapa data seperti berat jenis aspal, berat jenis agregat dan berat jenis *filler* abu ampas tebu. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan material. Dalam penelitian ini gradasi yang digunakan adalah nilai tengah dari tabel gradasi pada spesifikasi Bina Marga 2024 seperti pada Gambar 4.5. Dari tabel tersebut didapat nilai tengah di antara batas atas dan batas bawah gradasi tersebut. Berikut adalah nilai tengah dari masing-masing saringan.

Tabel 5.13 Persentase gradasi rencana campuran aspal beton

Nomor / Ukuran Saringan		Spesifikasi Gradasi Laston (AC-WC)			Persentase digunakan
Inch	mm	(%)			(%)
3/4"	19	100	-	100	0,0
1/2"	12,5	90	-	100	5,0
3/8"	9,52	77	-	90	11,5
No. 4	4,76	53	-	69	22,5
No. 8	2,36	33	-	53	18,0
No. 16	1,18	21	-	40	12,5
No. 30	0,6	14	-	30	8,5
No. 50	0,3	9	-	22	6,5
No. 100	0,15	6	-	15	5,0
No. 200	0,075	4	-	9	4,0
Pan					6,5

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

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



Gambar 5.14 Grafik gradasi agregat beraspal lapis aus (AC-WC)

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Tahap berikutnya adalah menetapkan kadar aspal perkiraan yang nantinya akan digunakan dalam campuran. Nilai kadar aspal tersebut diperoleh berdasarkan persentase agregat yang tertahan pada masing-masing fraksi, kemudian dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \\
 &= 0,035 (39) + 0,045 (54,5) + 0,18 (6,5) + 0,5 \\
 &= 5,48 \sim 5,5 \%
 \end{aligned}$$

Maka kadar aspal yang digunakan sebesar  $5,5\% \pm 0,5\%$  untuk setiap kadar abu ampas tebu yang digunakan. Untuk berat total agregat dalam campuran akan dikurangi berat dari kadar aspal yang digunakan untuk selanjutnya menghitung berat agregat tiap saringan.

Tabel 5.14 Perkiraan nilai kadar aspal rencana

Pb-1	Pb-0,5	Pb	Pb+0,5	Pb+1
4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Selanjutnya adalah perhitungan perhitungan berat agregat setiap saringan. Berikut adalah rumus yang digunakan.

$$\text{Berat Agregat} = \% \text{tertahan} \times \text{berat total agregat} \quad (5.1)$$

Sebagai contoh, berikut adalah perhitungan berat agregat pada saringan no.16.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat saringan No.16} &= 12,5\% \times 1146 \\
 &= 143,3 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Dari semua variasi aspal dan variasi persentase abu ampas tebu, dihitung kebutuhan masing-masing agregat yang dibutuhkan. Berikut adalah hasil dari perhitungan berat agregat disetiap saringannya pada Pb 4,5%.

Tabel 5.15 Perhitungan kebutuhan agregat setiap saringan

Nomor / Ukuran Saringan		Persentase digunakan	Berat Agregat (g)	Berat AAT 4% (g)	Berat AAT 8% (g)	Berat AAT 12% (g)
Inch	(%)	(%)	4,5%			
3/4"	19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/2"	12,5	5,0	57,3	57,3	57,3	57,3
3/8"	9,52	11,5	131,8	131,8	131,8	131,8
No. 4	4,76	22,5	257,9	257,9	257,9	257,9
No. 8	2,36	18,0	206,3	206,3	206,3	206,3
No. 16	1,18	12,5	143,3	143,3	143,3	143,3
No. 30	0,6	8,5	97,4	97,4	97,4	97,4
No. 50	0,3	6,5	74,5	74,5	74,5	74,5
No. 100	0,15	5,0	57,3	57,3	57,3	57,3
No. 200	0,075	4,0	45,8	45,8	45,8	45,8
Pan	Abu batu	6,5	74,5	71,5	68,5	65,6
	Abu Ampas Tebu		0,0	3,0	6,0	8,9
Total Berat Agregat (g)			1146,0	1146,00	1146,00	1146,00
Berat Aspal Total (g)			54,0			

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

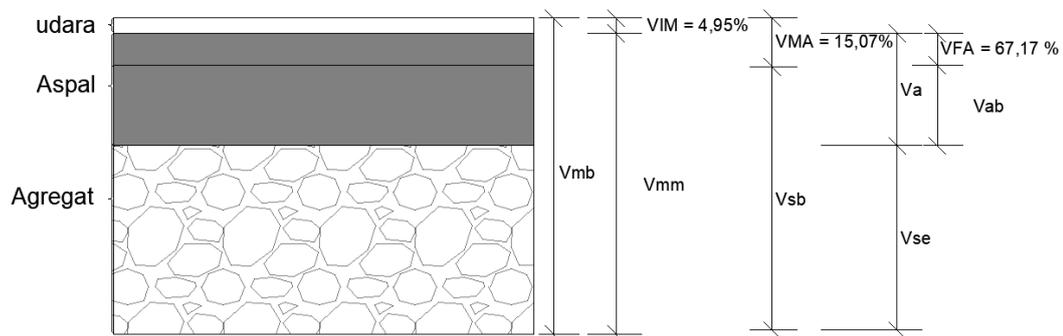
### 5.3 Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal Dengan Pengganti *Filler* Abu Ampas Tebu

Setelah diperoleh komposisi serta kadar aspal dalam campuran aspal beton, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) guna menentukan kadar aspal optimum pada setiap variasi penggunaan abu ampas tebu. Dalam penelitian ini, sebanyak 60 benda uji akan dibuat untuk menentukan kadar aspal optimum, ditambah 12 benda uji tambahan pada kadar optimum untuk setiap variasi abu ampas tebu. Pembuatan benda uji mengacu standar SNI 06-2489-1991 tentang cara pengujian campuran aspal dengan alat *Marshall*. Pemadatan dilakukan dengan menumbuk sampel sebanyak  $2 \times 75$  kali menggunakan alat pemadat *Marshall* (*Marshall Compaction Hammer*).

#### 5.4 Analisa Karakteristik *Marshall* Campuran Beraspal

Penelitian ini mengkaji enam parameter karakteristik Marshall, yaitu VIM, VMA, VFA, stabilitas, flow, dan Marshall Quotient. Nilai dari masing-masing karakteristik tersebut dijadikan acuan pada proses penentuan kadar aspal optimum (KAO).

VIM merupakan volume rongga udara yang tersisa di dalam campuran beton aspal setelah proses pemadatan. Rongga ini berfungsi sebagai ruang pergeseran agregat akibat pemadatan lanjutan dari beban lalu lintas berulang, serta sebagai ruang ekspansi ketika aspal menjadi lunak akibat kenaikan suhu lingkungan. VMA merupakan besar volume rongga dalam campuran beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. VMA akan meningkat apabila lapisan aspal yang menyelimuti agregat menjadi lebih tebal, atau jika agregat yang digunakan adalah gradasi terbuka. VFA merupakan volume rongga antar agregat yang telah terisi aspal, disebut juga sebagai lapisan atau film aspal (Sukirman, 2016).



Gambar 5.15 Contoh skematis rongga beton aspal padat kadar aspal 6% AAT 4%

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

$V_{mb}$  = volume bulk dari campuran aspal beton padat.

$V_{mm}$  = volume teoritis tanpa rongga dari aspal beton padat.

$V_{sb}$  = volume bulk dari agregat (volume agregat)

$V_{se}$  = volume agregat efektif dari agregat

Berikut ini adalah hasil pengujian *Marshall* dengan kadar aspal rencana untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO).



Gambar 5.16 Contoh pengujian *marshall* kadar aspal 4,5% abu ampas tebu 4%

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

Tabel 5.16 Rekapitulasi hasil pengujian *marshall*

Karakteristik <i>Marshall</i>	Kadar Aspal	Abu Ampas Tebu				Spesifikasi
		0%	4%	8%	12%	
VIM	4,5	11,30	12,32	12,60	14,24	3 % - 5 %
	5	8,80	8,12	9,86	11,17	
	5,5	7,26	7,18	7,85	9,03	
	6	5,73	4,97	6,41	6,03	
	6,5	4,35	4,21	4,79	4,99	
VMA	4,5	17,66	18,61	18,87	20,40	Min 15 %
	5	16,42	15,79	17,39	18,59	
	5,5	16,08	16,01	16,61	17,68	
	6	15,77	15,09	16,37	16,04	
	6,5	15,61	15,49	16,00	16,18	
VFA	4,5	36,05	33,99	34,81	30,24	Min 65 %
	5	46,39	48,59	43,73	41,55	
	5,5	54,87	55,20	53,12	50,34	
	6	63,70	67,06	61,15	62,62	
	6,5	72,17	72,82	70,07	69,21	
Stabilitas	4,5	1063,73	1109,18	1078,27	1052,82	Min 1000 kg
	5	1058,27	1174,64	1111,00	1105,55	
	5,5	1118,28	1194,65	1154,64	1152,82	
	6	1191,01	1283,74	1191,01	1125,55	
	6,5	1101,91	1094,64	1105,55	1100,09	
<i>Flow</i>	4,5	2,67	2,38	2,51	2,64	2 mm - 4 mm
	5	2,80	2,44	2,69	2,78	
	5,5	2,93	2,45	2,72	2,82	
	6	3,06	2,55	2,78	2,98	
	6,5	3,29	2,99	3,05	3,14	
MQ	4,5	397,87	477,98	434,67	400,62	Min 250 kg/mm
	5	387,53	481,91	413,61	398,08	
	5,5	381,70	491,68	426,25	410,14	
	6	392,62	506,90	432,51	379,27	
	6,5	336,13	373,00	365,40	350,92	

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

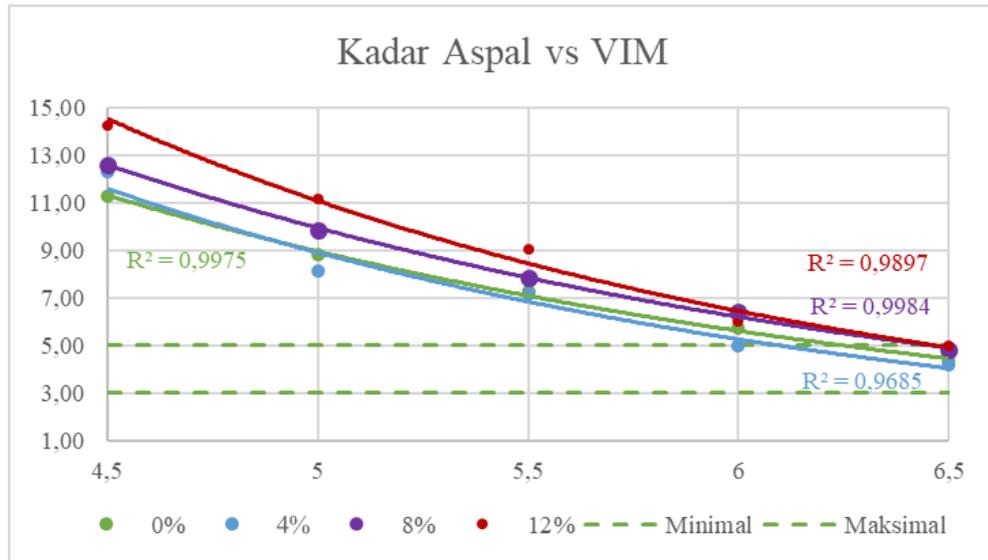
Dari tabel di atas, terlihat bahwa beberapa nilai belum memenuhi standar Bina Marga, sementara nilai lainnya sudah sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan. Pada nilai VMA, semua nilai yang didapatkan telah memenuhi syarat Bina Marga dengan nilai di atas 15%. Pada nilai VIM terdapat 15 dari 20 nilai yang tidak memenuhi syarat Bina Marga yaitu nilai yang didapatkan lebih dari 5%. Pada nilai VFA didapatkan hasil 15 nilai yang tidak memenuhi syarat Bina Marga dengan nilai kurang dari 65%. Pada nilai stabilitas semuanya memenuhi syarat Bina Marga dengan nilai lebih dari 1000 kg. Pada nilai *flow* semuanya memenuhi syarat Bina Marga dengan nilai rentan 2 – 4 mm. Pada nilai MQ hasil yang didapatkan semuanya memenuhi syarat Bina Marga yaitu minimal 250 kg/mm.

#### 5.4.1 Analisa VIM (*Void In Mixture*)

VIM adalah jumlah pori-pori yang terdapat di antara butiran agregat yang telah dilapisi oleh aspal. Nilai VIM dinyatakan sebagai persentase terhadap volume total campuran beton aspal yang telah dipadatkan. (Saudi et al., 2023). Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai VIM pada benda uji 1 pada kadar aspal 6% dan kadar abu ampas tebu 4%.

$$\begin{aligned} \text{VIM} &= 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \\ &= 100 \times \frac{2,488 - 2,37}{2,488} \\ &= 4,95\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian VIM, nilai yang memenuhi kriteria diperoleh saat benda uji menggunakan kadar aspal sebesar 6% hingga 6,5% dengan kadar abu ampas tebu 4%, serta pada kadar aspal 6,5% dengan kadar abu ampas tebu 8% dan 12%. Sebaliknya, penggunaan kadar aspal 4,5% hingga 5,5% pada seluruh variasi kadar abu ampas tebu menghasilkan nilai VIM yang melebihi batas persyaratan. Nilai VIM tertinggi tercatat sebesar 14,24% pada benda uji dengan kadar aspal 4,5% dan abu ampas tebu 12%.



Gambar 5.17 Grafik perbandingan kadar aspal vs VIM

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Gambar 5.17 Grafik perbandingan kadar aspal vs VIM diatas, dilihat dari kadar aspal yang digunakan nilai VIM cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh banyaknya aspal dalam campuran, sehingga rongga dalam campuran semakin sedikit karena terisi oleh aspal. Dengan kata lain, semakin tinggi kadar aspal, semakin rendah nilai VIM yang terbentuk.

Jika dibandingkan dengan penelitian (Ali H, 2011) menggunakan *filler* abu batu, pada kadar aspal optimum 5,87% nilai VIM tercatat sebesar 4,2%. Perbedaan ini menunjukkan nilai VIM pada penggunaan abu ampas tebu sedikit lebih besar, menghasilkan rongga dalam campuran yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan campuran tanpa *filler* abu ampas tebu. Hal ini disebabkan karena berat jenis abu ampas tebu lebih kecil dibandingkan abu batu yang menyebabkan nilai rongga dalam campuran meningkat (Ali H, 2011). Juga karena sebagian besar aspal diserap oleh *filler* abu ampas tebu yang digunakan sehingga mengurangi jumlah aspal yang dapat mengisi rongga-rongga antar agregat (Kurniasari et al., 2018).

Pada setiap kadar abu ampas tebu yang digunakan terdapat VIM yang tidak memenuhi ketentuan yaitu pada saat kadar aspal 4,5% sampai 5,5% sedangkan nilai VIM yang memenuhi syarat Bina Marga adalah saat kadar aspal yang digunakan sebesar 6% - 6,5%. Berdasarkan nilai koefisien determinasi nilai yang didapatkan

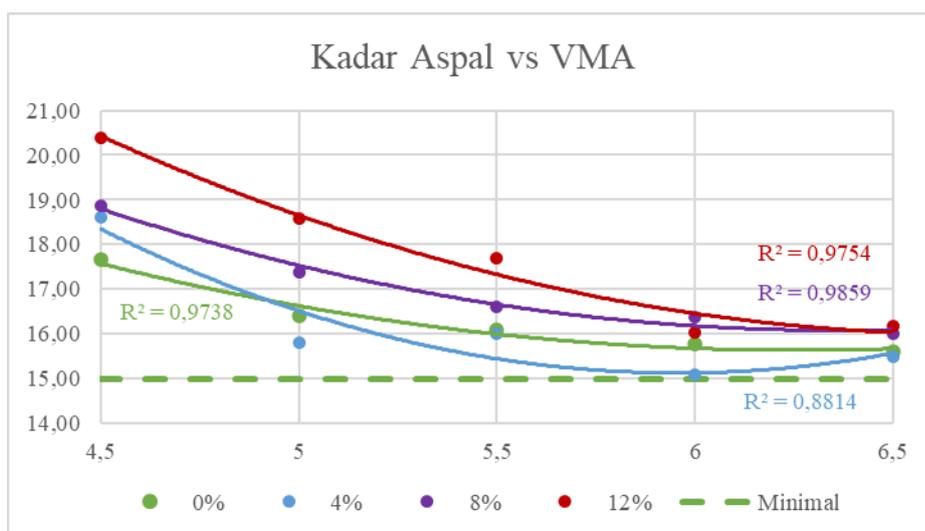
adalah 0,9685 – 0,9975 yang menunjukkan bahwa hubungan kadar aspal terhadap nilai VIM memiliki korelasi yang sangat kuat.

#### 5.4.2 Analisa VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

VMA adalah merupakan volume rongga udara yang terdapat di antara partikel-partikel agregat dalam campuran aspal panas yang telah dipadatkan, termasuk ruang yang diisi oleh aspa. Besarnya VMA dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti bentuk gradasi agregat, intensitas pemadatan, kadar aspal, bentuk butiran, tekstur permukaan agregat, dan tingkat penyerapan air oleh agregat (Bakri, 2020). Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai VMA pada benda uji 1 pada kadar aspal 6% dan kadar abu ampas tebu 4%.

$$\begin{aligned} \text{VMA} &= 100 - \frac{\text{Berat isi} \times (100 - \text{Kadar Aspal})}{\text{Berat Jenis Agregat}} \\ &= 100 - \frac{2,37 \times (100 - 6)}{2.618} \\ &= 15,07\% \end{aligned}$$

Dari semua pengujian VMA, hasil yang didapat paling tinggi adalah saat kadar aspal 4,5% untuk kadar abu ampas tebu 4% dan 12%. Sedangkan untuk kadar abu ampas tebu 8%, nilai VMA tertinggi pada saat kadar aspal 5,5%. Namun seluruh pengujian memenuhi standar yang disyaratkan adalah >15%.



Gambar 5.18 Grafik perbandingan kadar aspal vs VMA

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Nilai VMA menunjukkan kecenderungan menurun seiring peningkatan kadar aspal dalam campuran. Penurunan ini disebabkan karena bertambahnya volume aspal yang mengisi rongga antar butir agregat, sehingga ruang kosong menjadi lebih sedikit. VMA berperan penting dalam menentukan seberapa besar rongga yang dapat diisi aspal. Semakin tinggi nilai VMA, semakin besar pula volume rongga yang terisi. Dilihat dari segi penambahan abu ampas tebu, peningkatan persentase abu ampas tebu menyebabkan nilai VMA semakin meningkat. Berdasarkan kadar abu ampas tebu yang digunakan, penambahan abu sebanyak 8% dan 12% menyebabkan peningkatan nilai VMA dibandingkan dengan benda uji yang tidak mengandung abu ampas tebu 0%. Sedangkan penambahan abu ampas tebu sebesar 4% menghasilkan penurunan nilai VMA pada kadar aspal 6% dan 6,5%.

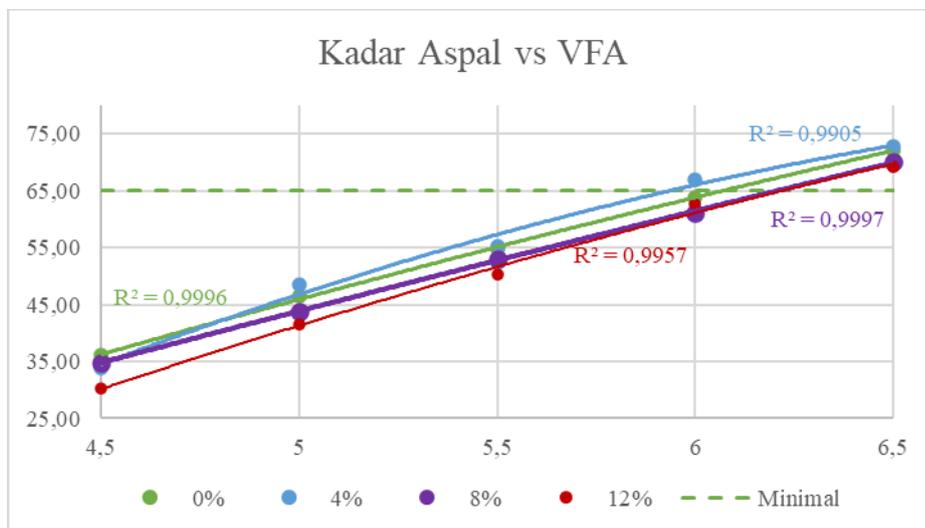
Jika dibandingkan dengan penelitian (Setiobudi & Tamara, 2020) yang menggunakan *filler* abu ampas tebu dan aspal pen 60/70 pada campuran (AC-WC), menunjukkan seiring bertambahnya persentase abu ampas tebu pada campuran maka nilai VMA semakin tinggi. Besarnya nilai VMA menunjukkan semakin banyak rongga dalam campuran tersebut yang bisa menyebabkan kepadatan campuran berkurang. Abu ampas tebu memiliki bentuk partikel yang tidak teratur, berpori, dan ringan, sehingga tidak mampu mengisi rongga antar agregat dengan seefisien *filler* abu batu. Akibatnya, volume rongga dalam agregat mineral (VMA) meningkat karena adanya ruang antar partikel yang tetap terbuka (Gutama et al., 2023). Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai VMA sebesar 0,8814 – 0,9859 yang menunjukkan bahwa hubungan kadar aspal terhadap nilai VMA memiliki korelasi yang kuat.

#### **5.4.3 Analisa VFA (*Void Filled with Asphalt*)**

VFA adalah persentase volume besar rongga dalam campuran agregat yang telah terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk menghasilkan campuran perkerasan yang tahan lama, pori-pori di antara agregat harus terisi dengan jumlah aspal yang memadai agar terbentuk lapisan aspal yang cukup tebal (Raffles & Umar, 2023). Berikut ini merupakan contoh perhitungan VFA pada benda uji 1 dengan kadar aspal 6% dan kadar abu ampas tebu 4%.

$$\begin{aligned}
 \text{VFA} &= 100 \times \frac{\text{VMA} - \text{VIM}}{\text{VMA}} \\
 &= 100 \times \frac{15,07 - 4,95}{15,07} \\
 &= 67,17\%
 \end{aligned}$$

Dari semua pengujian VFA, hasil yang didapat yang memenuhi syarat adalah saat kadar aspal 6% dan 6,5% untuk kadar abu ampas tebu 4%, dan saat kadar aspal 6,5% untuk kadar abu ampas tebu 8% dan 12%. Dengan syarat yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah >65%.



Gambar 5.19 Grafik perbandingan kadar aspal vs VFA

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Gambar 5.19 Grafik perbandingan kadar aspal vs VFA. Dilihat dari kadar aspal yang digunakan, nilai VFA meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Hal ini karena semakin banyak aspal yang digunakan maka akan mengisi rongga-rongga kosong di antara agregat. Dengan semakin sedikitnya rongga yang tersisa, persentase volume rongga yang terisi aspal pun menjadi lebih besar. Jadi, semakin tinggi kadar aspal, semakin tinggi pula nilai VFA yang dihasilkan (Gutama et al., 2023).

Berdasarkan kadar abu ampas tebu yang digunakan, pada kadar abu ampas tebu sebanyak 4% nilai VFA mengalami sedikit peningkatan. Sedangkan pada kadar abu ampas tebu 8% dan 12% nilai VFA mengalami penurunan dibandingkan dengan

nilai VFA pada kadar abu ampas tebu 4%. Pada kadar 4%, abu ampas tebu masih berfungsi secara optimal dalam mengisi rongga antar agregat tanpa mengganggu struktur kepadatan campuran. Jumlah *filler* yang relatif sedikit memungkinkan aspal mengisi ruang kosong yang tersisa secara efisien, sehingga proporsi rongga yang terisi aspal menjadi lebih tinggi, dan nilai VFA meningkat. Namun, saat kadar abu ampas tebu dinaikkan menjadi 8% dan 12%, jumlah abu ampas tebu yang terlalu banyak justru membuat struktur campuran menjadi kurang padat. Partikel abu ampas tebu yang ringan dan bisa menyerap sebagian aspal, sehingga mengurangi aspal efektif dalam campuran. Jika dibandingkan dengan penelitian (Gutama et al., 2023) yang menggunakan *filler* abu ampas tebu, menunjukkan seiring bertambahnya persentase abu ampas tebu pada campuran maka nilai VFA cenderung sedikit menurun.

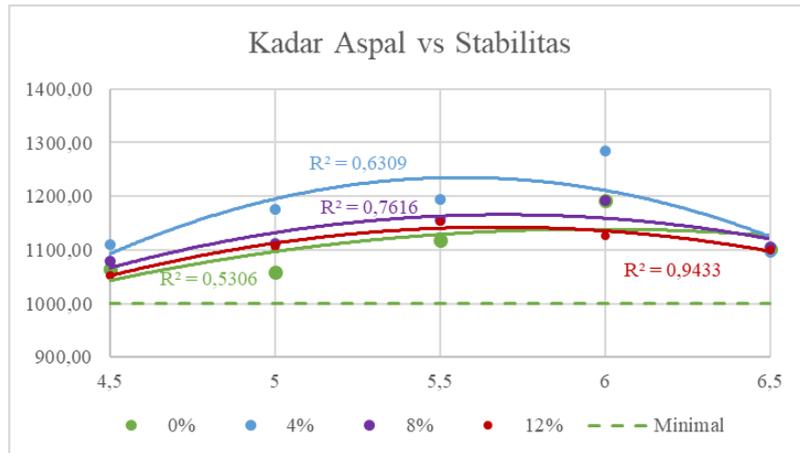
Nilai VFA berhubungan dengan nilai VIM dan VMA. Jika nilai VIM besar maka nilai VFA kecil, namun jika nilai VMA besar maka nilai VFA besar. Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai VFA sebesar 0,9905 – 0,9997 yang menunjukkan bahwa hubungan kadar aspal terhadap nilai VFA memiliki korelasi sangat kuat.

#### 5.4.4 Analisa Stabilitas

Stabilitas adalah daya tahan lapisan perkerasan terhadap deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen seperti; gelombang, alur (*rutting*), atau *bleeding*. Nilai stabilitas dihasilkan dari pembacaan dial stabilitas ketika pengujian menggunakan alat *Marshall*, lalu dihitung dengan mencocokkan angka kalibrasi pada *proving ring* dalam satuan lbs atau kg dan disesuaikan dengan faktor koreksi berdasarkan ketebalan benda uji setelah proses pemadatan (Ramadhan et al., 2024). Berikut ini merupakan contoh perhitungan stabilitas pada benda uji 1 dengan kadar aspal 6% pada kadar abu ampas tebu 4%.

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas} &= \text{Bacaan dial} \times \text{angka kalibrasi } \textit{marshall} \\ &= 121 \times 10,91 \\ &= 1320,11 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari semua pengujian stabilitas, semua benda uji memenuhi syarat Bina Marga yang mensyaratkan stabilitas >1000 kg.



Gambar 5.20 Grafik perbandingan kadar aspal vs stabilitas

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Gambar 5.20 Grafik perbandingan kadar aspal vs stabilitas. Dilihat dari kadar aspal yang digunakan, nilai stabilitas meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. nilai stabilitas relatif berdekatan antara semua benda variasi kadar. Didapatkan hasil nilai stabilitas pada semua kadar aspal dan kadar abu ampas tebu yang digunakan menghasilkan nilai stabilitas yang sesuai standar Spesifikasi Bina Marga 2024, yaitu lebih dari 1000 kg.

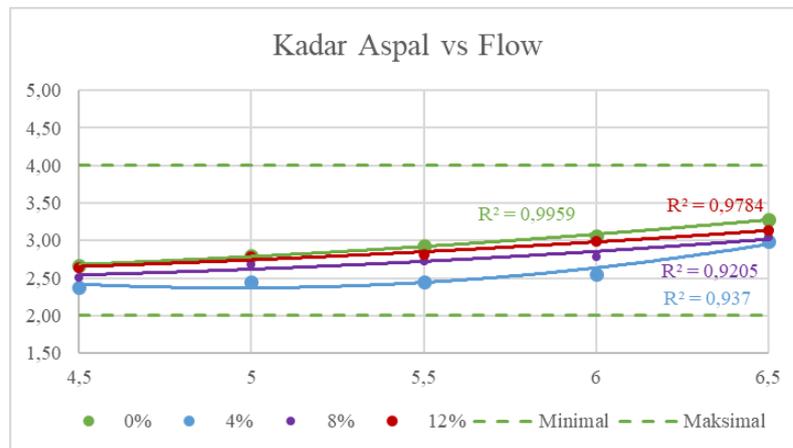
Nilai stabilitas pada kadar abu ampas tebu 4% mengalami peningkatan dari benda uji pada kadar abu ampas tebu 0%. Didapat nilai stabilitas tertinggi sebesar 1283,74 kg, ada saat kadar abu ampas tebu 4% dan kadar aspal 6%. Sedangkan pada kadar abu ampas tebu 8% dan 12% mengalami penurunan dari benda uji pada kadar abu ampas tebu 4%. Penambahan abu ampas tebu pada campuran menyebabkan peningkatan nilai stabilitas. Peningkatan ini terjadi karena abu ampas tebu mengandung sifat khusus yaitu senyawa kimia pozzolan atau silika ( $\text{SiO}_2$ ) membuat agregat saling mengunci lebih baik (*interlocking*) dan campuran semakin kaku (Suciati et al., 2024).

Jika dibandingkan dengan penelitian (Setiobudi & Tamara, 2020) yang menggunakan *filler* abu ampas tebu dan aspal pen 60/70, pada kadar aspal optimum 5,7% nilai stabilitas mengalami kenaikan dan optimal pada kadar abu ampas tebu 1% sebesar 1202,4 Kg, nilai ini memenuhi Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Dinas PU Bina Marga. Penggunaan aspal PG70 memiliki campuran yang lebih baik

berbeda dengan aspal penetrasi 60/70, aspal PG 70 mampu meningkatkan karakteristik Marshall. Hal ini disebabkan oleh sifat PG 70 memiliki viskositas rendah, sensitivitas suhu rendah, titik lembek tinggi, serta nilai penetrasi dan daktilitas yang mendukung performa campuran aspal (Widhiatmoko & Hadi, 2024).

#### 5.4.5 Analisa *Flow*

*Flow* adalah besarnya penurunan pada campuran benda uji akibat pembebanan hingga mencapai titik runtuh, dinyatakan dalam satuan (mm). (Bitu et al., 2024). Nilai ini didapat dari *dial flow* pada alat *Marshall* yang digunakan. Berikut adalah nilai *flow* yang didapat dari pengujian :



Gambar 5.21 Grafik perbandingan kadar aspal vs *flow*

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Gambar 5.21 Grafik perbandingan kadar aspal vs *flow* diatas, ditinjau dari penambahan kadar aspal, campuran menghasilkan nilai *flow* yang terus bertambah. Pernyataan ini menunjukkan bahwa campuran memiliki ketahanan lebih baik terhadap deformasi saat menerima beban kendaraan lalu lintas.

Ditinjau dari segi penambahan abu ampas tebu, nilai *flow* kerap menurun. Seperti pada kadar aspal 4,5%, terjadi penurunan seiring dengan bertambahnya abu ampas tebu. Pada saat abu ampas tebu 0% didapat nilai *flow* 2,67 mm, pada kadar abu ampas tebu 4% didapat nilai *flow* 2,38 mm, pada kadar abu ampas tebu 8% didapat nilai *flow* 2,51 mm, dan pada kadar abu ampas tebu 12% didapat nilai *flow* 2,64 mm. Hal ini disebabkan karena berat jenis abu ampas tebu lebih rendah dibandingkan *filler* abu batu, volumenya lebih besar untuk massa yang sama. Hal

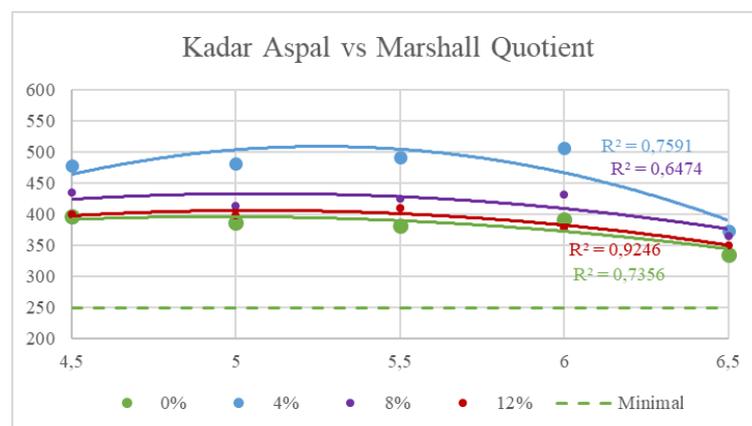
ini membuat abu tersebut tidak mengisi rongga secara padat, melainkan memperkuat struktur kasar yang membatasi deformasi saat diberi beban. Akibatnya, campuran menjadi lebih tahan terhadap perubahan bentuk, dan menurunkan nilai *flow* (Hidayat & Kushari, 2018). Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai *flow* sebesar 0,9205 – 0,9959 menunjukkan bahwa hubungan terhadap nilai *flow* memiliki korelasi sangat kuat.

### 5.3.6 Analisa *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ), yang merupakan rasio antara stabilitas dengan kelelehan, digunakan sebagai tingkat kekakuan dari spesimen uji. Nilai MQ yang tinggi menandakan campuran aspal memiliki sifat kaku, menunjukkan kepadatan yang baik serta stabilitas yang tinggi. Sebaliknya, nilai MQ yang rendah mengindikasikan campuran aspal lebih lunak dan kurang stabil, sehingga berisiko mengalami retak pada permukaan serta pergeseran horizontal searah dengan arah lalu lintas (Irianto, 2021). Berikut ini merupakan contoh perhitungan MQ pada benda uji 1 dengan kadar aspal 6% dan kadar abu ampas tebu 4%.

$$\begin{aligned}
 \text{Marshall Quotient} &= \frac{\text{Stabilitas}}{\text{flow}} \\
 &= \frac{1320,11}{2,39} \\
 &= 552,35 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

Semua pengujian MQ (*Marshall Quotient*) memenuhi syarat Bina Marga yang mensyaratkan MQ sebesar >250 kg/mm.



Gambar 5.22 Grafik perbandingan kadar aspal vs *marshall quotient*

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan Gambar 5.55, nilai MQ cenderung meningkat seiring penambahan abu ampas tebu jika dibandingkan dengan benda uji dengan kadar abu ampas tebu 0%. Namun jika ditinjau dari penambahan kadar aspal nilai MQ cenderung menurun. Meningkatnya nilai MQ menandakan bahwa campuran aspal memiliki kekakuan dan ketahanan deformasi yang lebih baik. Artinya, campuran mampu menahan beban lalu lintas dengan deformasi yang kecil karena kombinasi antara stabilitas yang tinggi dan *flow* yang rendah. Nilai MQ menunjukkan pola yang serupa dengan nilai stabilitas, dengan titik optimum pada kadar AAT 4%. Peningkatan kadar AAT menyebabkan penurunan kekakuan campuran, sebab itu campuran menjadi lebih fleksibel saat menahan dan menerima beban roda lalu lintas (Hidayat & Kushari, 2018).

Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai *Marshall Qoutient* sebesar 0,6474 – 0,9193 menunjukkan bahwa hubungan terhadap nilai *Marshall Qoutient* memiliki korelasi kuat.

### 5.3.7 Analisa Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Beraspal

Penentuan kadar aspal optimum (KAO) dilakukan untuk mengetahui jumlah kadar aspal yang paling efektif dalam memenuhi kriteria parameter *Marshall*. Tujuannya adalah memperoleh campuran aspal yang ideal dengan performa terbaik. KAO ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam membandingkan campuran dengan variasi persentase abu ampas tebu, agar dapat diketahui campuran mana yang memberikan hasil paling optimal. Penggunaan kadar aspal optimum saat perbandingan campuran, guna mendapat nilai tertinggi dari masing-masing persentase abu ampas tebu pada campuran. Di bawah ini ditampilkan diagram batang (*barchart*) yang menunjukkan nilai KAO untuk masing-masing campuran.

Tabel 5.17 Penentuan KAO campuran beraspal dengan abu ampas tebu 0%

AAT 0%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,50	5	5,5	6	6,5	
VIM					↓	3% - 5%
VMA						Min 15%
VFA					↓	Min 65%
Stabilitas						Min 1000 kg
<i>Flow</i>						2mm - 4mm

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Tabel 5.18 Penentuan KAO campuran beraspal dengan abu ampas tebu 4%

AAT 4%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,50	5	5,5	6	6,5	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 15%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 1000 kg
Flow						2mm - 4mm

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Tabel 5.19 Penentuan KAO campuran beraspal dengan abu ampas tebu 8%

AAT 8%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,50	5	5,5	6	6,5	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 15%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 1000 kg
Flow						2mm - 4mm

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Tabel 5.20 Penentuan KAO campuran beraspal dengan abu ampas tebu 12%

AAT 12%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,50	5	5,5	6	6,5	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 15%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 1000 kg
Flow						2mm - 4mm

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Berdasarkan pada Tabel 5.17 hingga dengan Tabel 5.20 didapatkan nilai KAO kadar abu ampas tebu 0% sebesar 6,5%, KAO kadar abu ampas tebu 4% sebesar 6,25%. dan KAO pada kadar abu ampas tebu 8% dan 12% sebesar 6,5%. Dilihat dari hasil KAO yang didapatkan, nilai KAO berkurang pada kadar abu 4% dan kembali meningkat pada kadar abu ampas tebu 8% dan 12%. Hal ini disebabkan karena pada kadar 4%, abu ampas tebu masih berfungsi secara efisien sebagai *filler* yaitu mengisi rongga antar agregat dengan baik tanpa menyerap terlalu banyak aspal. Karena itu, jumlah aspal yang dibutuhkan untuk mencapai parameter *Marshall* (stabilitas, *flow*, VIM, VFA, dan VMA) menjadi lebih sedikit, sehingga nilai KAO turun menjadi 6,25%. Namun, saat kadar abu meningkat ke 8% dan 12%,

karakteristik abu ampas tebu yang ringan, berpori, dan menyerap aspal mulai berdampak lebih besar. *Filler* tidak lagi hanya mengisi rongga, tapi juga mengganggu kepadatan agregat dan menyerap sebagian aspal, sehingga aspal efektif berkurang. Untuk mengimbangi hal ini dan tetap memenuhi parameter *Marshall*, diperlukan kadar aspal yang lebih tinggi untuk menjaga performa campuran, sehingga nilai KAO kembali naik ke 6,5%.

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Wardana, 2019) dengan gradasi campuran yang sama AC-WC menggunakan aspal pen 60/70 dengan *filler* abu ampas tebu. Hasil penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2 dan didapat nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,3%. Adapun penelitian yang dilakukan oleh (Kristanti et al., 2024) dengan gradasi campuran yang sama AC-WC menggunakan aspal pen 60/70 dengan *filler* yang sama yaitu abu ampas tebu sebesar 4%. Hasil penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 dan didapat nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 7,3%.

Hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Widhiatmoko & Hadi, 2024) dengan gradasi campuran AC-WC dan menggunakan aspal polimer PG 70 dengan bahan campuran serbuk ban karet. Hasil penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi dan didapat nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,8%.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan peneliti terdahulu, dapat disimpulkan bahwa nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) merupakan parameter penting dalam perencanaan campuran aspal. Namun, besarnya nilai KAO ini bervariasi tergantung pada jenis campuran, jenis aspal, jenis agregat, dan jenis campuran pada aspal yang digunakan. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu didapat nilai KAO pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) yaitu rentang 5,5-7,5%.

### **5.5 Pengujian Karakteristik Campuran Beraspal dengan Abu Ampas Tebu Pada Kondisi KAO**

Pengujian tahap kedua yaitu pengujian karakteristik *Marshall* pada kadar aspal optimum (KAO). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari abu ampas tebu yang digunakan. Hasil dari pengujian ini akan menjadi acuan dalam

mengevaluasi potensi penggunaan abu ampas tebu sebagai *filler* dalam campuran aspal.

Tabel 5.21 Rekapitulasi hasil pengujian *marshall* dengan kadar aspal optimum

Karakteristik <i>Marshall</i>	Kadar Aspal Optimum (%)	Kadar Abu Ampas Tebu (%)	Hasil	Spesifikasi
VIM	6,5	0,00	4,35	3 % - 5 %
	6,25	4,00	4,34	
	6,5	8,00	4,71	
	6,5	12,00	4,79	
VMA	6,5	0,00	15,61	Min 15 %
	6,25	4,00	15,06	
	6,5	8,00	15,93	
	6,5	12,00	16,00	
VFA	6,5	0,00	72,14	Min 65 %
	6,25	4,00	71,22	
	6,5	8,00	70,44	
	6,5	12,00	70,08	
Stabilitas	6,5	0,00	1283,74	Min 1000 kg
	6,25	4,00	1298,29	
	6,5	8,00	1163,73	
	6,5	12,00	1141,91	
<i>Flow</i>	6,5	0,00	2,97	2 mm - 4 mm
	6,25	4,00	2,66	
	6,5	8,00	2,68	
	6,5	12,00	3,06	
MQ	6,5	0,00	438,06	Min 250 kg/mm
	6,25	4,00	489,86	
	6,5	8,00	436,24	
	6,5	12,00	374,78	

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Setelah dilakukan serangkaian pengujian, informasi yang diperoleh mengarah pada kesimpulan bahwa seiring penambahan abu ampas tebu dalam campuran aspal nilai VIM meningkat. Begitupula nilai VMA semakin bertambah seiring pertambahan abu ampas tebu pada campuran. Nilai VFA sangat dipengaruhi dari nilai VIM dan VMA karena VFA adalah persentase selisih antara nilai VIM dan VMA. Seperti pada hasil yang didapat pada kadar aspal 6,5% dengan kadar abu ampas tebu 0%

didapat nilai VIM sebesar 4,35% dan nilai VMA sebesar 15,61%. Dari kedua hasil nilai tersebut maka akan menghasilkan nilai VFA yaitu sebesar 72,14%.

Ditinjau dari nilai stabilitas yang didapat dari tabel di atas, terjadi kenaikan dan penurunan. Kenaikan terjadi pada saat penambahan kadar abu ampas tebu sebanyak 4%. Berdasarkan tabel di atas, nilai stabilitas yang didapat saat penambahan abu ampas tebu 4% sebesar 1298,29 kg, sedangkan tanpa penambahan abu ampas tebu nilai stabilitas yang didapat adalah sebesar 1283,74 kg. Bila dibandingkan dengan campuran dengan kadar abu ampas tebu 0% terjadi kenaikan sebesar 14,55 kg atau setara dengan kenaikan 1,2% nilai stabilitas. Namun terjadi penurunan pada saat penambahan abu ampas tebu sebanyak 8%, didapat nilai stabilitas sebesar 1163,73 kg. Jika dibandingkan dengan kadar abu ampas tebu 0%, terjadi penurunan sebesar 120,01 kg atau setara dengan 9,3% nilai stabilitas. Berdasarkan hasil penelitian ini, abu ampas tebu yang optimal untuk digunakan sebagai *filler* adalah 4% karena kadar ini memenuhi syarat Bina Marga dan meningkatkan nilai stabilitas pada campuran.

Ditinjau dari nilai *flow* penurunan yang terjadi pada hasil tabel diatas, terjadi penurunan nilai *flow* pada kadar abu ampas tebu 4%. Hasil yang didapatkan dari campuran tersebut adalah sebesar 2,66 mm, sedangkan pada campuran tanpa abu ampas tebu didapat nilai penurunan sebesar 2,97 mm. Hal ini disebabkan oleh kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) pada abu ampas tebu membuat campuran semakin kaku (Suciati et al., 2024). Namun dari semua campuran dengan variasi kadar abu ampas tebu dan kadar aspal, semua memenuhi ketentuan yang disyaratkan oleh Bina Marga tahun 2024 yang mensyaratkan nilai penurunan sebesar 2-4 mm.

### **5.6 Proporsi Optimum**

Berdasarkan hasil penelitian, proporsi yang paling ideal untuk penambahan abu ampas tebu pada campuran beraspal lapisan aus adalah penambahan abu ampas tebu sebanyak 4%, dikarenakan kadar tersebut memenuhi ketentuan Bina Marga dalam hal karakteristik *Marshall* (VIM, VMA, VFA, Stabilitas dan *flow*) dan memiliki nilai stabilitas tertinggi. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* dengan penambahan abu ampas tebu sebanyak 4% dengan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,25%.

Tabel 5.22 Rekapitulasi hasil Campuran dengan Kadar Abu Ampas Tebu 4%

Karakteristik <i>Marshall</i>	Kadar Aspal Optimum (%)	Kadar Abu Ampas Tebu (%)	Hasil	Spesifikasi
VIM (%)	6,25	4	4,34	3 % - 5 %
VMA (%)			15,06	≤ 15 %
VFA (%)			71,22	≥ 65 %
Stabilitas (kg)			1298,29	≥ 1000 kg
<i>Flow</i> (mm)			2,66	2 mm - 4 mm
MQ (kg/mm)			489,86	≥ 250 kg/mm

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

### 5.7 Keunggulan dan Kekurangan Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Dalam Campuran AC–WC Menggunakan Aspal PG-70

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan beberapa keunggulan dan kekurangan dari penggunaan abu ampas tebu sebagai *filler* dalam campuran AC WC. Berikut merupakan keunggulan dan kekurangan *filler* abu ampas tebu dalam campuran beraspal.

Tabel 5.23 Keunggulan dan kekurangan *filler* abu ampas tebu

No.	Keunggulan	Kekurangan
1.	Mengandung senyawa pozzolan atau silika (SiO <sub>2</sub> ) yang meningkatkan efek <i>interlocking</i> antar agregat, sehingga campuran menjadi lebih kaku dan stabil.	Bentuk partikel yang tidak beraturan, berpori, dan ringan menyebabkan efisiensi pengisian rongga antar agregat lebih rendah dibandingkan <i>filler</i> abu batu.
2.	Berat jenis material abu ampas tebu lebih rendah dibandingkan <i>filler</i> abu batu, sehingga untuk massa yang sama, volumenya menjadi lebih besar. Kondisi ini menyebabkan abu tidak mampu mengisi rongga antar agregat secara padat, namun justru memperkuat struktur kasar campuran. Akibatnya, campuran menjadi lebih tahan terhadap deformasi dan menghasilkan nilai <i>flow</i> yang lebih rendah.	Rendahnya berat jenis abu ampas tebu dibandingkan abu batu yang menyebabkan volume rongga meningkat.

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

Pengaruh dari penambahan abu ampas tebu sebagai *filler* terhadap karakteristik dalam penelitian ini yaitu, pada nilai VIM dan VMA, *filler* abu ampas tebu dapat meningkatkan nilai VIM dan VMA. Pada nilai VFA, *filler* abu ampas tebu menurunkan nilai VFA. Pada Stabilitas, *filler* abu ampas tebu cenderung menaikkan nilai Stabilitas. Pada *flow*, *filler* abu ampas tebu cenderung menurunkan nilai *flow*. Pada nilai MQ, *filler* abu ampas tebu mengalami peningkatan.

Abu ampas tebu merupakan limbah organik dari industri gula yang memiliki potensi berkelanjutan sebagai bahan tambahan dalam campuran beraspal karena mengandung silika tinggi membuat agregat saling mengunci lebih baik (*interlocking*) dan campuran semakin kaku (Suciati et al., 2024). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu dapat meningkatkan stabilitas *Marshall* secara signifikan lebih tinggi dibandingkan campuran tanpa *filler* (Suciati et al., 2024).

Kenaikan stabilitas campuran pada kadar AAT 4% dapat dikaitkan dengan kemampuan *filler* AAT dalam menyerap aspal, yang berkontribusi terhadap peningkatan kohesi dan densitas campuran. Hal ini memperbesar area kontak antar agregat dan memperkuat mekanisme saling mengunci (*interlocking*). Sebaliknya, ketika kadar AAT melebihi batas optimum, stabilitas mulai menurun akibat ukuran partikel yang sangat halus mudah menyatu dengan aspal, membentuk mastik dengan viskositas rendah. Akumulasi mastik yang berlebihan menyebabkan lemahnya ikatan antar agregat, sehingga berdampak pada penurunan stabilitas keseluruhan (Hidayat & Kushari, 2018).

Selain itu, penggunaan abu ampas tebu pada campuran dengan aspal modifikasi PG-70 menghasilkan campuran beraspal yang lebih baik, dimana aspal PG-70 jika dibandingkan dengan aspal penetrasi memiliki nilai stabilitas lebih tinggi, ini mengindikasikan aspal PG 70 lebih diperuntukan untuk lalu lintas yang berat. Aspal PG 70 memiliki angka titik lembek lebih tinggi jika dibanding aspal penetrasi. Ini berarti aspal PG 70 lebih kuat dalam menghadapi cuaca ekstrim seperti di Indonesia dibandingkan dengan aspal penetrasi yang memiliki titik lembek lebih rendah.

Salah satu kelemahan dari aspal PG-70 adalah tingkat penggunaannya yang masih terbatas, karena proses pengolahannya relatif kompleks dan memerlukan bahan tambahan seperti batu kapur (*limestone*). Sebaliknya, aspal penetrasi lebih mudah diakses dan tersedia luas, mengingat produksinya dilakukan oleh PT Pertamina yang merupakan perusahaan minyak terbesar di Indonesia (Wibisono & Yuantika, 2024).

### 5.8 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini dilakukan perbandingan hasil penelitian terhadap penelitian sebelumnya yang membahas parameter *Marshall* seperti VIM, VMA, VFA, stabilitas, *flow*, dan *marshall quotient*. Tujuannya adalah untuk melihat apakah penggunaan abu ampas tebu sebagai *filler* menggunakan aspal PG-70 memberikan pengaruh yang sejalan atau berbeda dengan penelitian terdahulu. Hasil perbandingan ini membantu memperjelas posisi temuan dalam konteks pengembangan campuran aspal yang lebih optimal. Berikut merupakan tabel perbandingan hasil penelitian terhadap penelitian terdahulu, dimana pada penelitian (Kristanti et al., 2024) digunakan kadar abu ampas tebu 4% dan aspal pen 60/70.

Tabel 5.24 Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu

Parameter <i>marshall</i>	(Kristanti et al., 2024)	Aisyah Nabilah Hanif (2025)	Keterangan
VIM (%)	6,14	4,34	Penggunaan aspal PG 70 menghasilkan VIM lebih rendah karena lebih kaku dan mampu mengisi rongga dengan lebih stabil dibandingkan aspal pen 60/70.
VMA (%)	19,21	15,06	Penggunaan aspal PG 70 menghasilkan VMA yang lebih rendah karena memiliki viskositas tinggi sehingga lebih resisten terhadap deformasi plastis, dibandingkan aspal pen 60/70.
VFA (%)	68,21	71,22	Penggunaan aspal PG 70 menghasilkan VFA lebih tinggi karena mampu

Parameter <i>marshall</i>	(Kristanti et al., 2024)	Aisyah Nabilah Hanif (2025)	Keterangan
			menahan posisi di antara agregat.
Stabilitas (kg)	971,87	1298,29	Penggunaan aspal PG 70 memberikan stabilitas lebih tinggi karena strukturnya lebih kaku dan tahan suhu tinggi.
<i>Flow</i> (mm)	2,76	2,66	Aspal Pen 60/70 menghasilkan <i>flow</i> yang sedikit lebih besar karena lebih fleksibel. PG 70 menekan <i>flow</i> ke nilai yang lebih optimal karena lebih resisten deformasi.
MQ (kg/mm)	451,35	489,86	Penggunaan PG 70 menghasilkan MQ yang lebih tinggi karena kombinasi stabilitas kuat dan <i>flow</i> yang ideal. Aspal pen 60/70 nilai MQ lebih rendah karena <i>flow</i> relatif tinggi dan stabilitas sedikit turun.

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, penggunaan abu ampas tebu sebagai material *filler* dalam campuran beraspal untuk lapis aus (AC-WC) menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Karakteristik material yang digunakan yaitu karakteristik aspal dengan hasil sebagai berikut: berat jenis aspal 1,04; penetrasi 53,7; kehilangan berat minyak dan aspal 0,36%; titik lembek 82°C; titik nyala 260°C; titik bakar 280°C; dan daktilitas aspal 148,7 cm. Serta karakteristik agregat alam dan *filler* abu ampas tebu dengan hasil sebagai berikut: BJ agregat kasar 2,55; penyerapan agregat kasar 2,00; BJ agregat halus 2,66; penyerapan agregat halus 3,94; BJ abu ampas tebu 2,04 dan keausan agregat 25,94% telah memenuhi ketentuan yang disyaratkan oleh Bina Marga Tahun 2024 sehingga material tersebut dapat digunakan sebagai bahan penyusun pada campuran aspal lapis aus (AC-WC).
- b. Pengaruh penambahan abu ampas tebu pada nilai VIM dan VMA membuat nilai VIM dan VMA meningkat seiring bertambahnya persentase abu ampas tebu. Pada nilai VFA cenderung mengalami penurunan seiring pertambahan kadar abu ampas tebu. Hal ini disebabkan karena berat jenis abu ampas tebu lebih kecil dibandingkan abu batu yang menyebabkan nilai rongga dalam campuran akan semakin besar, dengan tekstur abu ampas tebu yang lebih berpori dan ringan berbeda dengan abu batu, sehingga kurang bisa mengikat aspal dengan baik. Akibatnya semakin tinggi kadar abu ampas tebu yang digunakan, semakin besar pula ruang kosong antar partikel agregat. Pada kadar aspal optimum (KAO) abu ampas tebu 4% didapat nilai VIM sebesar 4,34%, VMA 15,06%, dan VFA 71,22%. Nilai stabilitas terjadi kenaikan saat kadar 4% sebesar 1298,29 kg. Pada nilai *flow* cenderung mengalami penurunan, didapat nilai terendah pada kadar aspal optimum (KAO) yaitu saat kadar 4% sebesar 2,66 mm. Hal ini disebabkan oleh kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) pada abu ampas tebu membuat agregat saling mengunci lebih baik (*interlocking*) sehingga nilai stabilitas mengalami kenaikan dan optimum pada kadar 4%.

## 6.2 Saran

Merujuk pada hasil penelitian yang telah diperoleh, terdapat beberapa saran untuk pengembangan studi selanjutnya, antara lain sebagai berikut:

- a. Disarankan untuk melakukan studi lanjutan dengan memanfaatkan jenis aspal yang berbeda seperti aspal polimer elastomer PG-76 atau aspal polimer plastomer *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA), dengan demikian dapat dijadikan perbandingan dengan aspal tersebut.
- b. Disarankan untuk melakukan studi lanjutan mengenai penggunaan abu ampas tebu dan aspal polimer elastomer PG-70 pada kondisi penuaan jangka pendek (STOA) dan penuaan jangka Panjang (LTOA).
- c. Disarankan untuk melakukan studi lanjutan mengenai penggunaan abu ampas tebu dan aspal polimer elastomer PG-70 untuk campuran yang berbeda seperti campuran aspal jenis *Hot Rolled Sheet* (HRS) atau *Stone Matrix Asphalt* (SMA).

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-amri, F. (2013). Studi Perbandingan Penggunaan Aspal Minyak Dengan Aspal Buton Lawele Pada Campuran Aspal Concrete Base Course (AC-BC) Menggunakan Metode Marshall Test. *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa, Dan Teknologi*, 4(2), 181–190.
- Alfiyyah, I. (2021). *Pengaruh Penggunaan Bubuk Gypsum Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton (AC-WC) Yang Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Ali, H. (2011). Karakteristik Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik dan Abu Batu Sebagai Filler. *Jurnal Rekayasa*, 15(1), 13–24.
- Alifuddin, A. (2020). *Beton Aspal Campuran Serat*. Makassar: Tohar Media.
- Anggraeni, I. A., Riyanto, A., Sunarjono, S., & Harnaeni, S. R. (2019). Nilai Durabilitas Dan Nilai Workabilitas Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Tambah Genteng Polimer. *Simposium Nasional RAPI XVIII*, 2(2), 234–241.
- Ardian, M., Setyawan, A., & Sarwono, D. (2016). Pengaruh Bitumen Modifikasi Polimer Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Pada Asphalt Concrete Terhadap Karakteristik Marshall. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 544–552.
- Arifin, S., Kasan, M., & Pradani, N. (2007). Pengaruh Nilai Abrasi Agregat Terhadap Karakteristik Beton Aspal. *Jurnal SMARTek*, 5(1), 1–11.
- Bakri, M. D. (2020). Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 30–44.
- Bitu, L., Dhani, N., & Cicin. (2024). Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal (AC-WC) Menggunakan Bahan Tambah Keong Sawah (Pila Ampullacea) Sebagai Filler. *Jurnal Mahandia*, 8(2), 90–102.
- Dionisius, N. W., Kaseke, O., & Manoppo, M. (2018). Kajian Perbedaan Campuran Beraspal Panas Yang Menggunakan Bahan Agregat Dengan Berat Jenis (Spesifik Gravity) Yang Berbeda. *Jurnal Sipil Statik*, 6(12), 1095–1104.
- Fauziah, M., Kushari, B., & Ranski, F. (2014). Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Pengganti Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Superpave. *International Symposium*, 1(2), 22–24.
- Frazila, R. (2000). Pemanfaatan Limbah Sebagai Komponen dan Material Aditif Campuran Beraspal. *Simposium Nasional FSTPT ke-3*, Yogyakarta.
- Gea, D. M., & Iduwin, T. (2022). Penambahan Abu Ampas Tebu Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Aspal Porus. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 3(2), 66–73.
- Gunarto, A., & Candra, A. I. (2019). Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus. *UkaRsT*, 3(1), 45–53.

- Gutama, D., Sulistyorini, D., Pamulatsih, W., & Handayani, E. (2023). Pengaruh Substitusi Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Terhadap Kualitas Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Berdasarkan Uji Marshall. *Bangun Rekaprima*, 9(2), 247–256.
- Hidayat, R., & Kushari, B. (2018). Analisis Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Dengan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Pengganti. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 1–11.
- Indriyanti, E. (2017). Kajian Perbandingan Penggunaan Aspal Modifikasi Asbuton dan Asphalt Rubber (AR) Untuk Infrastruktur Jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 94–100.
- Indriyati, E., Subagio, B., & Rahman, H. (2013). Perbaikan Sifat Reologi Visco-Elastic Aspal dengan Penambahan Asbuton Murni Menggunakan Parameter Complex Shear Modulus. *Dinamika Rekayasa*, 9(2), 45–53.
- Irianto. (2021). *Campuran Aspal Plastik (Kekuatan Dan Ketahanan Campuran AC-WC)*. Makassar: CV. Tohar Media.
- Karimah, R., & Wahyudi, Y. (2015). The Use Of Bagasse Ash With Temperature Variations As A Partial Substitution Of Cement In The Concrete Mix. *Media Teknik Sipil*, 13(2), 167–173.
- Kristanti, H., Widhiastuti, Y., & Soegyarto. (2024). Analisis Perbandingan Filler Semen dengan Filler Abu Ampas Tebu Pada Campuran Aspal AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall. *Seminar Nasional Teknik Sipil*, 2(1), 94–100.
- Kumalawati, A., Tri, M., & Mastaram, Y. (2013). Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Apung Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 191–200.
- Kurniasari, F., Saleh, S., & Sugiarto. (2018). Pengaruh Filler Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston AC-WC. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(4), 69–78.
- Lestari, I. (2013). Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur. *Ganec Swara*, 7(1), 128–134.
- Lourdes, A., Pedo, K., & Bela, K. (2023). Perancangan Perkerasan Jalan Komposit Pada Ruas Jalan Kaniti Desa Penfui Timur Kabupaten Kupang. *ETERNITAS : Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 7–15.
- Maharani, A., & Wasono, S. (2018). Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pantai Prigi-Popoh Kab. Tulungagung). *Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 1(2), 89–94.
- Mashuri, & Rahman, R. (2020). Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC – WC. *Civil Engineering Journal on Research and Development*, 1(2), 47–56.

- Mochammad, A., Indriyani, N., Siegfried, & Mulyawati, F. (2023). Analisis Kelekatan Aspal Polimer (Elastomer Dan Plastomer). *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 9, 88–93.
- Putri, W. N., Kusumadi, & Nofriadi. (2023). Kajian Nilai Keausan Agregat Pada Material Quarry Sungai Alas Sebagai Bahan Lapisan Perkerasan Jalan. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 4(1), 21–29.
- Raffles, & Umar, U. (2023). Analisa Stabilitas Laston AC-WC Penggunaan Limbah Beton Mutu K-250 sebagai Agregat Kasar. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 4(1), 118–127.
- Rahmania, A., Sulaiman, A., & Gani, F. (2021). Susbtitusi Filler Abu Ampas Tebu pada Laston Ac-Wc dan Buton Granular Asphalt. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 5(1), 57.
- Ramadhan, L. I., Pristyawati, T., & Devi, R. H. (2024). Pengaruh Penambahan Asbuton LGA 50/30 pada Campuran AC-WC dengan Inovasi Limbah Styrofoam. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 892–905.
- Rosyad, F., & Putri, D. (2024). Analisis Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Aspal AC-WC. *Ensiklopedia of Journal*, 6(3), 91–97. <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Saodang, H. (2005). *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Saudi, A., Okviani, N., & Nurfaizah. (2023). Pengaruh Kekuatan Campuran Aspal Dengan Penambahan Abu Bata Sebagai Penganti Filler Pada Lapis AC-WC. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 4(1), 247–259.
- Setiobudi, A., & Tamara, D. (2020). Analisis Penambahan Limbah Bakaran Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Campuran Aspal AC WC. *Jurnal Deformasi*, 5(2), 63–68.
- Suciati, H., Arbain, A., Panusunan, & Room, A. (2024). Analisis Stabilitas dan Konsistensi Campuran Aspal Slurry Seal Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu. *Sigma Teknika*, 7(2), 464–471.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Sulaiman, F. (2019). Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Polimer Alam Lateks sebagai Bahan Subtitusi Pembuatan Beton Polimer Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 5(2), 7–12.
- Tenriajeng, A. (2002). *Rekayasa Jalan Raya-2*. Depok: Gunadarma.
- Wardana, W. (2019). *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Pada Campuran Aspal Beton Pada Sifat Marshall*. Universitas Islam Riau.

- Wibisono, R. E., & Yuantika, R. (2024). Analisis Kualitas Aspal Pertamina Dan Aspal PG 70 Berdasarkan Uji Penetrasi Menggunakan SNI 2456-2011. *Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 7(2), 77–82.
- Widhiatmoko, G., & Hadi, M. (2024). Studi Perbandingan Karakteristik Marshall Aspal PG70 dan PEN 60/70 Campur Serbuk Ban Karet Pada Campuran Beton Aspal. *Jurnal Transportasi*, 24(2), 113–123.
- Yasruddin. (2020). Karakteristik Campuran Asphaltic Concrete Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Kombinasi Bahan Pengisi (Filler). *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (Sustainable Technology Journal)* , 9(2), 63–68.
- Yuniarto, E., & Sentosa, L. (2006). Durabilitas Laston Dengan Filler Abu Gambut. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 9(2), 114–123.

# **LAMPIRAN 1**

## **DATA ADMINISTRASI**

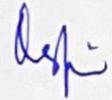


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

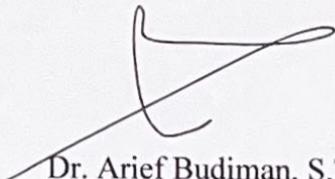
Jalan Jendral Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

FORM PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING TA

Nama : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester : Ganjil (2024/2025)  
KBK : Transportasi  
Judul Tugas Akhir : PEMANFAATAN LIMBAH ABU AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN  
TAMBAH *FILLER* PADA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS  
(AC-WC)

No	Uraian	Nama Dosen	Paraf Dosen
1.	Pembimbing 1	1. Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	1. 
2.	Pembimbing 2	2. Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	2. 

Cilegon, November 2024  
Ketua KBK

  
Dr. Arief Budiman, S.T., M.Eng  
NIP. 197105272005011001

\*) coret yang tidak perlu



**UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**  
**UPA BAHASA (LANGUAGE CENTER)**

**ENGLISH PROFICIENCY TEST (EPT)**  
**SCORE RECORD**

No.3531/EPT.PB/2025

NAME : AISYAH NABILAH HANIF  
PLACE & DATE OF BIRTH : JAKARTA, 16 SEPTEMBER 2003  
SEX : FEMALE  
NATIVE COUNTRY : INDONESIA  
NATIVE LANGUAGE : INDONESIAN  
SCORES : LISTENING :52  
STRUCTURE AND WRITTEN EXPRESSION :42  
READING :45  
TOTAL SCORE :463  
TEST DATE : 11/6/2025

THIS ENGLISH PROFICIENCY TEST (EPT) IS ADMINISTERED BY THE LANGUAGE CENTRE OF SULTAN AGENG TIRTAYASA UNIVERSITY (UNTIRTA).

AUTHORIZED BY  
THE HEAD OF LANGUAGE CENTRE



**UDI SAMANHUDI, PH.D.**  
NIP. 198301232006041001



# UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

Jalan Raya Jakarta KM. 04 Pakupatan Kota Serang - Banten, Telp. 0254-280330, Faks. (0254)-281254

## TRANSKRIP AKADEMIK

### Sementara

Diberikan Kepada : AISYAH NABILAH HANIF  
Tempat, Tanggal Lahir : JAKARTA, 16 September 2003  
Nomor Pokok Mahasiswa : 3336210038  
Tanggal Kelulusan : -  
Program Pendidikan : (S1)  
Fakultas : TEKNIK  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Terakreditasi B  
Nomor: 1824/SK/BAN-PT/Ak-PPJ/S/III/2022 Tanggal 30 Maret 2022

No	Nomor Kode dan Nama Matakuliah		Prestasi			
			HM	AM	K	M
1	UNI622101	Agama	A	4,00	2	8,00
2	TSP622105	Dasar-dasar Transportasi	A-	3,75	2	7,50
3	TEKSP622101	Fisika Dasar I	B+	3,50	2	7,00
4	TSP622103	Gambar Teknik	B+	3,50	2	7,00
5	TEKSP622105	Ilmu Lingkungan	A	4,00	2	8,00
6	TSP622107	Ilmu Ukur Tanah	B+	3,50	2	7,00
7	TEKSP622103	Kalkulus I	A-	3,75	3	11,25
8	TEKSP622109	Praktikum Fisika Dasar	A-	3,75	1	3,75
9	TEKSP622107	Statistik dan Probabilitas	A-	3,75	2	7,50
10	TEKSP622102	Fisika Dasar 2	A-	3,75	2	7,50
11	TEKSP622104	Kalkulus 2	A-	3,75	3	11,25
12	TSP622106	Kesehatan dan keselamatan kerja	A-	3,75	2	7,50
13	TEKSP622106	Kimia Dasar	C+	2,50	2	5,00
14	TSP622102	Konstruksi Bangunan	A-	3,75	2	7,50
15	UNI622102	Moderasi Beragama	A	4,00	2	8,00
16	TSP622110	Praktikum Gambar Teknik	B-	2,75	1	2,75
17	TSP622112	Praktikum Ilmu Ukur Tanah	A	4,00	1	4,00
18	TSP622104	Struktur Statis Tertentu	B+	3,50	3	10,50
19	TSP622108	Teknik Lalu Lintas	A	4,00	2	8,00
20	TSP622205	Bandar Udara	A-	3,75	2	7,50
21	TSP622201	Hidrologi	A-	3,75	2	7,50
22	TEKSP622201	Kalkulus 3	A	4,00	2	8,00
23	TSP622211	Mekanika Bahan	A	4,00	3	12,00
24	TSP622209	Mekanika Fluida dan Hidrolika	A	4,00	2	8,00
25	TSP622213	Mekanika Tanah 1	A	4,00	2	8,00
26	TSP622203	Pemindahan Tanah Mekanis & Alat Berat	A	4,00	2	8,00
27	TSP622215	Praktikum Hidrolika	A	4,00	1	4,00
28	TSP622217	Praktikum Teknologi Beton	B+	3,50	1	3,50
29	TSP622207	Rel Kereta Api	B	3,00	2	6,00

30	TSP622202	Drainase	A-	3,75	2	7,50
----	-----------	----------	----	------	---	------

Nama: AISYAH NABILAH HANIF

Nomor Pokok Mahasiswa: 3336210038

No	Nomor Kode dan Nama Matakuliah		Prestasi			
			HM	AM	K	M
31	TSP622204	Irigasi dan Bangunan Air	C	2,00	2	4,00
32	TEKSP622202	Kalkulus 4	A-	3,75	2	7,50
33	TSP622212	Manajemen Proyek	A	4,00	2	8,00
34	TSP622210	Mekanika Tanah 2	A	4,00	2	8,00
35	TSP622206	Pemograman Teknik Sipil	A-	3,75	2	7,50
36	TSP622218	Praktikum Mekanika Tanah	A-	3,75	1	3,75
37	TSP622214	Struktur Beton 1	C	2,00	2	4,00
38	TSP622208	Struktur Statis Tak Tentu	A-	3,75	3	11,25
39	TSP622216	Teknik Pantai	A	4,00	2	8,00
40	TSP622303	Analisa Struktur Metode Matriks	A-	3,75	3	11,25
41	UNI622305	Bahasa Indonesia	B+	3,50	2	7,00
42	UNI622303	Kewarganegaraan	A	4,00	2	8,00
43	TEKSP622301	Metode Numerik	A-	3,75	2	7,50
44	UNI622301	Pancasila	A	4,00	2	8,00
45	TSP622301	Perencanaan Struktur Geometri Jalan	B+	3,50	2	7,00
46	TSP622305	Rekayasa Pondasi 1	C	2,00	2	4,00
47	TSP622307	Struktur Baja 1	A	4,00	2	8,00
48	TSP622309	Struktur Beton 2	D	1,00	2	2,00
49	TSP622300	Kerja Praktek	A	4,00	2	8,00
50	UNI622304	Kuliah Kerja Mahasiswa (KKM)	A	4,00	3	12,00
51	TSP622312	Metodologi Penelitian	A-	3,75	2	7,50
52	TSP622304	Perencanaan Perkerasan Jalan	B+	3,50	2	7,00
53	TSP622314	Praktikum Perkerasan Jalan	A	4,00	1	4,00
54	TSP622306	Rekayasa Pondasi 2	B-	2,75	2	5,50
55	TSP622308	Struktur Baja 2	A-	3,75	2	7,50
56	TSP622302	Struktur Kayu	B+	3,50	2	7,00
57	UNI622302	Studi Kebantenan	A	4,00	2	8,00
58	TSP622310	Teknik Gempa	C	2,00	2	4,00
59	UNI622401	English for Academic Purpose	A	4,00	3	12,00
60	TSP622409	Infrastruktur Kota Industri	A	4,00	2	8,00
61	UNI622405	Ketahanan Pangan	A	4,00	2	8,00
62	TSP622403	Kewirausahaan Teknik Sipil	A	4,00	2	8,00
63	TSP622410	Manajemen Lalu lintas	A	4,00	2	8,00
64	TSP622407	Metode Pelaksanaan Konstruksi	A	4,00	2	8,00
65	TSP622405	Pelabuhan	A-	3,75	2	7,50
66	TSP622401	Perencanaan Struktur Gedung	B-	2,75	2	5,50
67	TSP622412	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	A-	3,75	2	7,50
68	TSP622414	Teknik Lalu lintas Lanjut	A	4,00	2	8,00
69	UNI622403	Teknologi dan Transformasi Digital	B+	3,50	2	7,00
70	TSP622404	Aspek Hukum Teknik Sipil	A-	3,75	2	7,50
71	TSP622418	Ekonomi Teknik	A	4,00	2	8,00
72	TSP622402	Jembatan	D	1,00	2	2,00
73	TSP622420	Manajemen Konstruksi	B	3,00	2	6,00
74	TSP622423	Perencanaan Angkutan Umum	A	4,00	2	8,00

Nama: AISYAH NABILAH HANIF

Nomor Pokok Mahasiswa: 3336210038

No	Nomor Kode dan Nama Matakuliah	Prestasi			
		HM	AM	K	M
75	TSP622424 Perencanaan dan Pemodelan Transportasi	A	4,00	2	8,00
76	TSP622400 Skripsi Judul: PEMANFAATAN LIMBAH ABU AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAH FILLER PADA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)	A	4,00	3	12,00
		Jumlah		154	553
		Indeks Prestasi		: 3,59	
		Predikat Kelulusan		: Dengan Pujian	

Keterangan:

HM = Huruf Mutu    AM = Angka Mutu  
K = Kredit        M = Mutu

Serang, 8 Juli 2025

*Enden Mina, S.T, M.Pd, M.T.*  
NIP 19730506200642001





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

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

FORM PERSETUJUAN TANGGAL SIDANG

Nama : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Jurusan : Teknik Sipil  
Rencana Sidang : Seminar Proposal/ Seminar Hasil/ Sidang Akhir \*)  
Waktu Sidang :  
Hari/ Tanggal : Rabu/08 Januari 2025  
Jam : 13.00 WIB - Selesai

No	Nama Dosen	Pembimbing	Penguji	Tanda Tangan
1	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	I		Tanggal: 17/12 24 Paraf:
2	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	II		Tanggal: 17/12 24 Paraf:
3	Wiwien Suzanti, S.T., M.T.		I	Tanggal: 23/12 24 Paraf:
4	Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.		II	Tanggal: 23/12 24 Paraf:

Cilegon, 17 Desember 2024  
Koordinator TA

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

\*) coret yang tidak perlu



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

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

FORM PERSETUJUAN TANGGAL SIDANG

Nama : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Jurusan : Teknik Sipil  
Rencana Sidang : ~~Seminar Proposal/Seminar Hasil/~~ Sidang Akhir \*)  
Waktu Sidang :  
Hari/ Tanggal : Senin/30 Juni 2025  
Jam : 13.00 WIB - Selesai

No	Nama Dosen	Pembimbing	Penguji	Tanda Tangan
1	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	I		Tanggal: 25 Juni 2025 Paraf:
2	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	II		Tanggal: 25 Juni 2025 Paraf:
3	Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.		I	Tanggal: 25 Juni 2025 Paraf:
4	Wiwien Suzanti, S.T., M.T.		II	Tanggal: 25 Juni 2025 Paraf:

Cilegon, 25 Juni 2025  
Koordinator TA

Firyaal Nabila, S.T., M.Eng.  
NIP. 199810252024062001

\*) coret yang tidak perlu



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

Smp-07

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

**FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester : 7 (Tujuh)  
Pembimbing I : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.  
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah  
Filler Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

No.	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
1	5/12/2024	- Latar Belakang - Tujuan - Metodologi - Kelengkapan Laporan	
2	11/12/2024	- Perbaiki Laporan - Metodologi	
3	13/12/2024	ACC 4/sempro	
4	15/05/2025	Lanjut ke tahap pengujian KAO.	
5.	6/06/2025	- Tambahkan pengaruh berat jenis pada VIM dan VMA. - Tambahkan korelasi nilai penetrasi dan Pq - Selesaikan format grafik dengan Bina marga.	

Cilegon, Desember 2024  
Mahasiswa,

Aisyah Nabilah Hanif  
NIM. 3336210038

Mengetahui,  
Pembimbing I Skripsi,

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



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

Smp-07

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

**FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester : 8 (Genap)  
Pembimbing I : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.  
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

No.	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
6.	16/06/2025	- Korelasi nilai Penetrasi dan PG - Perbaiki kesimpulan	
7	19/06/2025	Acc Seminar Hasil	

Cilegon, Mei 2025  
Mahasiswa,

Aisyah Nabilah Hanif  
NIM. 3336210038

Mengetahui,  
Pembimbing I Skripsi,

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



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

Ahr-07

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

**FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester : 8 (Genap)  
Pembimbing I : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.  
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

No.	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
B.	25/06/2025	ACC Sidang Akhir	

Cilegon, Juni 2025  
Mahasiswa,

Aisyah Nabilah Hanif  
NIM. 3336210038

Mengetahui,  
Pembimbing I Skripsi,

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



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

Smp-07

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

**FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester : 7 (Tujuh)  
Pembimbing II : Dwi Esti Intari, S. T., M. Sc.  
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah  
Filler Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

No.	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
1.	12/12/2024	- lengkapi jurnal & latar belakang. - lengkapi flowchart proses pengolahan limbah abu ampas tebu ke dalam campuran beraspal.	
		- cek referensi (min 30 jurnal). - lengkapi gambar alat. - lengkapkan.	
2.	17/12/2024	All sesuai proposal	

Cilegon, Desember 2024  
Mahasiswa,

Aisyah Nabilah Hanif  
NIM. 3336210038

Mengetahui,  
Pembimbing II Skripsi,

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



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

Smp-07

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

**FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester : 8 (Genap)  
Pembimbing II : Dwi Esti Intari, S. T., M. Sc.  
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

No.	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
3.	10/06/2025	Bimbingan Bab 1 - Bab 6 - Tambahkan Pembahasan terkait Perbandingan hasil pada karakteristik campuran beraspal dan pengaruhnya dengan penelitian terdahulu (pada kondisi aspal rencana dan KAD)	
		- Tambahkan sitasi pada perbandingan dengan penelitian terdahulu	
		- Perbaiki skema penulisan.	
4.	16/06/2025	ACC seminar hasil	

Cilegon, Mei 2025  
Mahasiswa,

Aisyah Nabilah Hanif  
NIM. 3336210038

Mengetahui,  
Pembimbing II Skripsi,

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



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

Ahr-07

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

**FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester : 8 (Genap)  
Pembimbing II : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.  
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

No.	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
5.	25/06/2025	ACC Sidang Akhir	

Cilegon, Juni 2025  
Mahasiswa,

Aisyah Nabilah Hanif  
NIM. 3336210038

Mengetahui,  
Pembimbing II Skripsi,

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



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 : Aisyah Nabilah Hanif

Nomor Mahasiswa : 3336210038

Alamat Mahasiswa : Cluster Alamanda E8 No.22, Kec. Periuk, Kel. Gembor, Kota Tangerang, Banten, 15133

Dosen Pembimbing : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.

Dengan prestasi studi 3,56 sampai dengan tanggal: 17 Desember 2024 seperti terlampir. Dengan ini saya mengajukan permohonan untuk dapat menyelenggarakan seminar proposal skripsi.

Cilegon, 17 Desember 2024

Pemohon,

Aisyah Nabilah Hanif

**PEMERIKSAAN (oleh Koord. Skripsi)**

No	Perihal	Catatan
1.	Hasil studi kumulatif ( $\geq 116$ sks dan $IPK \geq 2,00$ )	136 SKS & IPK 3,56
2.	Nilai D maksimal 10% dari total SKS mata kuliah	1,4 %
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, 17 Desember 2024

Koordinator Skripsi,

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

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

Smp-02

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

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

Pada hari ini Senin tanggal 08 Januari 2025, telah dilaksanakan Seminar Proposal Skripsi dari mahasiswa, yaitu :

Nama : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

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

Dosen pembimbing II: Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji I : Wiwien Suzanti, S.T., M.T.

Dosen Penguji II : Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, 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, 08 Januari 2025

Dosen Penguji I

Wiwien Suzanti, S.T., M.T.  
NIP. 199402222024062002

Dosen Penguji II

Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.  
NIP. 198107232006041002

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

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

**Ket** : \*) coret yang tidak perlu  
**CC** : Arsip



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 : Rabu, 08 Januari 2025 Waktu : 13.00 WIB - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah *Filler* Pada  
Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		<p>Limbah abu ampas tebu → material alami → menggunakan modifikasi polimer (elastomer / plastomer).</p> <p>Material abu ampas tebu → pengolahan yang dilakukan seperti apa?</p> <p>Gambar / Dokumentasi abu ampas tebu.</p>	

Cilegon, 08 Januari 2025  
Dosen Pembimbing I

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



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 : Rabu, 08 Januari 2025 Waktu : 13.00 WIB - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah *Filler* Pada  
Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		<ul style="list-style-type: none"><li>- perlakuan Abu Ampas Tebu.</li><li>- perlakuan ketahanan Spentlin penyusutan Filler.</li><li>- pemanfaatan Aspal Modifikasi (Aspal Polymer).</li></ul>	

Cilegon, 08 Januari 2025  
Dosen Pembimbing II

Dwi Esti Intari, S.T., 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 : Rabu, 08 Januari 2025 Waktu : 13.00 WIB - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah *Filler* Pada  
Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1.		Penulisan silakan di cek di draft	
2.		latar belakang tambahkan	
3.		Tambahkan pd tabel tujuan pustaka	

Cilegon, 08 Januari 2025  
Dosen Penguji I

Wiwien Suzanti, S.T., M.T.  
NIP. 199402222024062002



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 : Rabu, 08 Januari 2025 Waktu : 13.00 WIB - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1.		Tabel penelitian terdahulu dibuat menjadi satu halaman	
2.		Gambar ulang struktur perkerasan jalan	
3.		Diagram Atir dibuat menjadi satu halaman	
4.		Perbaiki penulisan sumber	
5		Perbaiki penulisan daftar pustaka	

Cilegon, 08 Januari 2025  
Dosen Penguji II

Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.  
NIP. 198107232006041002



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 : Rabu, 08 Januari 2025  
Waktu : 13.00 WIB - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah *Filler*  
Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	198212062010122001	1.
2.	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	198601242014042001	2.
3.	Wiwien Suzanti, S.T., M.T.	199402222024062002	3.
4.	Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.	198107232006041002	4.

Cilegon, 08 Januari 2025  
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 : Rabu, 08 Januari 2025  
Waktu : 13.00 WIB - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)

NO	NAMA	NPM	TANDA-TANGAN	KET.
1.	Happy Treacy	3336210053	1.	
2.	Puput Pruziah	3336210007	2.	
3.	Ariva Maharani	3336210046	3.	
4.	M. NAVFAL	3336210031	4.	
5.	M. Faisal Samarto	3336210035	5.	
6.	Desnita Fitri D.T	3336210078	6.	
7.	Mulyanah	3336210003	7.	
8.	Juwanda Putra	3336210041	8.	
9.	Ruzi Ardyanisah	3336210025	9.	
10.	Lulu Salsabila	3336210048	10.	
11.	Lulu Raffan H	3336210059	11.	
12.	Silvi Handayani	3336210095	12.	
13.	Wita Yulia Rini	3336210002	13.	
14.			14.	
15.			15.	

Cilegon, 08 Januari 2025  
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 : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
		Acc dilanjutkan.		

Cilegon, 23 April 2025  
Dosen Pembimbing 1

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



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 : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
1.	10/06/2025	Sudah diperbaiki		

Cilegon, 23 April 2025  
Dosen Pembimbing II

Dwi Esti Intari, S.T., 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 : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
	28/04 25	subal diperbaiki		

Cilegon, 23 April 2025  
Dosen Penguji I

Wiwien Suzanti, S.T., M.T.  
NIP. 199402222024062002



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

Smp-06

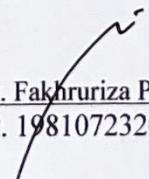
Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI**

Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
	23/04 25	Sudah diperbaiki!		

Cilegon, 23 April 2025  
Dosen Penguji II

  
Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.  
NIP. 198107232006041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-01

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman: : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

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

Pada hari ini Sabtu tanggal 21 bulan Juni tahun 2025, telah dilaksanakan Seminar Hasil

Skripsi dari mahasiswa, yaitu :

Nama : Aisyah Nabilah Hanif

NPM : 3336210038

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada  
Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal  
Modifikasi Polimer

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

Dosen pembimbing II: Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.

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, 21 Juni, 2025

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

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

**Ket** : \*) coret yang tidak perlu  
CC : Arsip



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
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 : Sabtu, 21 Juni 2025 Waktu : 11.00 - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran  
Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi  
Polimer

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Tambahkan Abstrak</li><li>- Tambahkan kelebihan Aspal PG 70</li><li>- Tambahkan kelebihan dan kekurangan filler abu ampas tebu</li></ul>	

Cilegon, 21 Juni 2025  
Dosen Pembimbing I

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
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 : Sabtu, 21 Juni 2025 Waktu : 11.00 - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran  
Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi  
Polimer

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Tambahkan Abstrak</li><li>- Tambahkan kelebihan aspal PG 70</li><li>- Tambahkan kelebihan dan kekurangan filler abu ampas tebu</li></ul>	

Cilegon, 21 Juni 2025  
Dosen Pembimbing II

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-03

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman: : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Sabtu, 21 Juni 2025  
Waktu : 11.00 - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	198212062010122001	1.
2.	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	198601242014042001	2.

Cilegon, 21 Juni, 2025  
Koordinator Skripsi

Firyaal Nabila, S.T., M.Eng.  
NIP. 199810252024062001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-04

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id) email: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Sabtu, 21 Juni 2025  
Waktu : 11.00 - selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

NO	NAMA	NPM	TANDA-TANGAN	KET.
1.	Dea Desvita Aulia	3336210086	1.	
2.	Silvi Handayani	3336210045	2.	
3.	M. NAVAL	3336210031	3.	
4.	Juwinda Putra	3336210041	4.	
5.	Wiza Yalla Putri	3336210002	5.	
6.	Eri Abdullah Muhyi	3336210076	6.	
7.			7.	
8.			8.	
9.			9.	
10.			10.	
11.			11.	
12.			12.	
13.			13.	
14.			14.	
15.			15.	

Cilegon, 21 Juni, 2025  
Koordinator Skripsi

Firyaal Nabila, S.T., M.Eng.  
NIP. 199810252024062001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-05

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman: : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN LAPORAN HASIL SKRIPSI

Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN

Cilegon, Juni 2025  
Dosen Pembimbing I

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-05

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman: : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN LAPORAN HASIL SKRIPSI

Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN

Cilegon, Juni 2025  
Dosen Pembimbing II

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



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 : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

SEMINAR YANG PERNAH DIIKUTI

NO	JUDUL	Mahasiswa	Paraf <sup>1</sup>
1	Pemanfaatan Abu Cangkang Sawit Sebagai filler Pada Campuran Beton Lapis As (AC-WC) menggunakan Aspal modifikasi polimer	Juwindo Putra	≡
2	Pemanfaatan Limbah serbuk Ban Sebagai filler pada campuran Aspal Beton Lapis As (AC-WC)	Silvi Harubiyani	≡
3	Pemanfaatan Limbah fly Ash sebagai filler pada campuran Aspal Beton Lapis As (AC-WC) menggunakan Aspal modifikasi polimer	M. Maula	≡
4	Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Layanan Bus Rapid Transit (BRT) di kota Tangerang (koridor 4 WK Cadas - MI Bandara Soekarno - Hatta)	Lulu Rafifah H.	≡
5	Analisis Tingkat Kualitas Layanan Stasiun Batu Ceper Untuk Layanan Kereta Api Listrik Berdasarkan Preferensi Penumpang	Mulyana	≡
6	Analisis Perbandingan Preferensi Penumpang Pada Moda Transportasi Travel Dengan Bus AKAP (Rute Serang - Bandung)	Diva Galuh R.	≡
7	Karakteristik Aliran Saluran Tertutup Pada Pengambilan Bebas dari Sungai dengan Bukaan Pintu (Model Fisik)	Tantri Windu A.	≡
8	Karakteristik Aliran Saluran Terbuka Pada Pengambilan Bebas dari Sungai dengan Bukaan Pintu (Model Fisik)	Maglati Jamaliyah	≡
9	Analisa Pengaruh Bentuk dan Tinggi Ambang lebar Terhadap karakteristik Aliran (Mode Fisik)	Andien Puspita Syahrani	≡
10	Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Zeolit Bayan dan Semen Portland Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Unsaturated.	Wiza Yulia Putri	≡

<sup>1</sup> paraf pembimbing 1 skripsi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-01

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: ft.untirta.ac.id

**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 : Aisyah Nabilah Hanif  
Nomor Mahasiswa : 3336210038  
Alamat Mahasiswa : Jl. Mayjend Suetoyo Km.07, link. Keserangan Baru, Gg. Nawawi,  
RT.01, RW.04, Kec. Grogol, Kel. Rawaarum, Kota Cilegon, Banten  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.  
2. Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.

dengan prestasi studi sampai dengan tanggal: 30 Juni 2025 seperti terlampir. Dengan ini saya mengajukan permohonan untuk dapat menyelenggarakan sidang akhir skripsi.

Cilegon, 25 Juni 2025

Pemohon,

Aisyah Nabilah Hanif

**PEMERIKSAAN (oleh Koord. Skripsi)**

No	Perihal	Catatan
1.	Hasil studi kumulatif ( $\geq 139$ sks dan $IPK \geq 2,00$ )	149 sks, IPK 3,62
2.	Hasil studi kumulatif (nilai D $\leq 10$ %)	Nilai D 1,34 %
3.	Draf bimbingan telah disetujui Dosen Pembimbing (SIKANG)	
4.	Daftar hadir dosen (Ahr-02)	
5.	Formulir saran & masukan (Ahr-03)	
6.	Formulir Penilaian Skripsi (Ahr-04)	
7.	Berita Acara Sidang Akhir (Ahr-05)	
8.	Formulir Rekapitulasi Penilaian Skripsi (Ahr-06)	
9.	Formulir Revisi Laporan Skripsi (Ahr-07)	
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, 25 Juni 2025

Koordinator Skripsi,

Firyaa Nabila, S.T., M.Eng

NIP. 199810252024062001

Dibuat rangkap 3 untuk:

1. Mahasiswa ybs
2. Koordinator Skripsi

\* Pendaftaran Sidang Akhir Skripsi selambat-lambatnya 5 hari kerja sebelum sidang dilaksanakan.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-01

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

DAFTAR HADIR SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Senin/30 Juni 2025

Waktu : 13.00 - Selesai

Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif

NPM : 3336210038

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran  
Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	198212062010122001	1.
2.	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	198601242014042001	2.
3.	Wiwien Suzanti, S.T., M.T.	199402222024062002	3.
4.	Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.	198107232006041002	4.

Cilegon, 25 Juni 2025  
Koordinator Skripsi

Firyaal Nabila, S.T., M.Eng.  
NIP.199810252024062001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman: : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

**SARAN / MASUKAN  
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Senin/30 Juni 2025 Waktu : 13.00 - Selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran  
Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.

Cilegon, 30 Juni 2025  
Dosen Pembimbing I

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

**SARAN / MASUKAN  
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Senin/30 Juni 2025 Waktu : 13.00 - Selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran  
Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		<p>Limbah Abu Ampas Tebu → komposisi.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kelebaran &amp; Keunggulan dari Hasil penelitian sendiri</li><li>- perbaikannya Limbah Abu Ampas tebu pada aspal per beton.</li></ul>	

Cilegon, 30 Juni 2025  
Dosen Pembimbing II

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: ft.untirta.ac.id

**SARAN / MASUKAN  
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Senin/30 Juni 2025 Waktu : 13.00 - Selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran  
Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.

Cilegon, 30 Juni 2025  
Dosen Penguji I

Wiwien Suzanti, S.T., M.T.  
NIP. 199402222024062002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

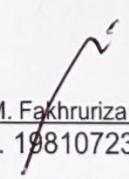
Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman: : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

**SARAN / MASUKAN  
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Senin/30 Juni 2025 Waktu : 13.00 - Selesai  
Nama Peserta : Aisyah Nabilah Hanif NPM : 3336210038  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran  
Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.

Cilegon, 30 Juni 2025  
Dosen Penguji II

  
Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.  
NIP. 198107232006041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten

Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer  
Hari/Tgl : Senin, 30 Juni 2025  
Waktu : 13.00 WIB - Selesai  
Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

NO	ASPEK YANG DINILAI	PENGUSAAN (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, 30 Juni 2025

Pembimbing I

pd

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

NIP. 198212062010122001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer  
Hari/Tgl : Senin, 30 Juni 2025  
Waktu : 13.00 WIB - Selesai  
Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

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, 30 Juni 2025  
Pembimbing II

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

**DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Judul Tugas Akhir: Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer  
Hari/Tgl : Senin, 30 Juni 2025  
Waktu : 13.00 WIB - Selesai  
Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

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		90

Cilegon, 30 Juni 2025

Penguji I

Wiwien Suzanti, S.T., M.T.

NIP. 199402222024062002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer  
Hari/Fgl : Senin, 30 Juni 2025  
Waktu : 13.00 WIB - Selesai  
Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NPM : 3336210038

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		92

Cilegon, 30 Juni 2025  
Penguji II

Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.  
NIP. 198107232006041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-06

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: ft.untirta.ac.id

FORM REKAPITULASI PENILAIAN  
UJIAN SIDANG SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer  
Waktu : 13.00 WIB - Selesai

No	Penguji	Rentang Nilai	Nilai
1	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	10 – 100	
2	Wiwien Suzanti, S.T., M.T.	10 – 100	
3	Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.	10 – 100	
4	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	10 – 100	
Total Nilai			
Nilai Huruf Mutu			

Cilegon, 30 Juni 2025

Ketua Sidang	:	<u>Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.</u> NIP. 198212062010122001	:
Penguji 1	:	<u>Wiwien Suzanti, S.T., M.T.</u> NIP. 199402222024062002	:
Penguji 2	:	<u>Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.</u> NIP. 198107232006041002	:
Penguji 3	:	<u>Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.</u> NIP. 198601242014042001	:

*Fd*

*Wiwien*

*Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana*

*Dwi Esti Intari*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-07

Jalan Jendral Soedirman Km. 03 Kota Cilegon Provinsi Banten  
Laman: : [www.ft.untirta.ac.id](http://www.ft.untirta.ac.id), email: [ft.untirta.ac.id](mailto:ft.untirta.ac.id)

FORM REVISI LAPORAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM : 3336210038  
Tanggal Sidang : Senin, 30 Juni 2025  
Waktu : 13.00 WIB - Selesai  
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer

No	NAMA PENGUJI	HAL YANG PERLU DIREVISI	PARAF
1	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.		Tgl: 
2	Wiwien Suzanti, S.T., M.T.		Tgl: 
3	Dr. Ing. M. Fakhuriza Pradana, S.T., M.T.		Tgl: 
4	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.		Tgl: 

Cilegon, 30 Juni 2025  
Ketua Penguji



**Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.**  
NIP. 198212062010122001



**PENGANTAR**

**HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM**

Berdasarkan Surat Permohonan Pengujian No. **008/UN43.3.6/TA.03/2025** dan memperhatikan Surat Keterangan Bebas Lab No. **080/UN43.3.6/TA.03/2025**, maka pada tanggal **18 Juni 2025** telah selesai dilakukan Pengujian Aspal pada Penelitian Tugas Akhir (TA) dari **Aisyah Nabilah Hanif** /3336210038, Hasil Pengujian tersebut dapat dilihat pada lampiran (Blanko Pengujian) Demikian Pengantar Hasil Pengujian Laboratorium ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 18 Juni 2025  
Kepala Laboratorium Teknik Sipil

  
Ngakan Putu Purmaditya, 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, 18 Juni 2025

No : 080/UN43.3.6/TA.03/2025  
Lampiran : 1  
Perihal : Permohonan Bebas Laboratorium

Kepada Yth,  
Kepala Laboratorium Teknik Sipil UNTIRTA  
Di Tempat.

Dengan hormat,

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa/dosen :

Nama : Aisyah Nabilah Hanif  
NIM / NIP : 3336210038  
Jurusan : Teknik Sipil  
Judul Penelitian : Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer  
Dosen Pembimbing: Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T.,M.T/Dwi Esti Intari. S.T.,M.Sc.  
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

  
Aisyah Nabilah Hanif  
3336210038

## DAFTAR PENGEMBALIAN ALAT LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

No	Nama Alat	Satuan	Vol	Kondisi	
				Sebelum	Sesudah
1	Cawan besar	buah	menyesuaikan	baik	baik
2	Cawan kecil	buah	menyesuaikan	baik	baik
3	Timbangan (ketelitian 0,01	buah	1	baik	baik
4	Desikator	buah	1	baik	baik
5	Cawan porselen	buah	menyesuaikan	baik	baik
6	Saringan (No $\frac{3}{4}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{3}{8}$ , 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200, dan pan)	set	1	baik	baik
7	Oven	buah	1	baik	baik
8	Picnometer 500 mL	buah	1	baik	baik
9	Sieve shaker	buah	1	baik	baik
10	Kuas	buah	1	baik	baik
11	Sendok	buah	1	baik	baik
12	Mesin LAA	buah	1	baik	baik
13	Bola – bola baja berat 400-460	buah	11	baik	baik
14	Sarung tangan	buah	1	baik	baik
15	Bak perendam	buah	1	baik	baik
16	Keranjang kawat	buah	1	baik	baik
17	Water bath	buah	1	baik	baik
18	Kompur listrik	buah	1	baik	baik
19	Corong kaca	buah	1	baik	baik
20	Kompur	buah	1	baik	baik
21	Tabung gas	buah	1	baik	baik
22	Teko	buah	1	baik	baik
23	Viscometer saybolt furol dan	buah	1	baik	baik
24	Termometer	buah	1	baik	baik
25	Labu penampung	buah	1	baik	baik
26	Oven khusus aspal	buah	1	baik	baik
27	Penetrometer, jarun penetrasi,	set	1	baik	baik
28	Alat uji marshall	set	1	baik	baik
29	Mesin daktilitas	buah	1	baik	baik
30	Alat softening point test	set	1	baik	baik
31	Alat cleveland open cup	set	1	baik	baik
32	Spatula	buah	1	baik	baik
33	Panci	buah	1	baik	baik
34	Alat Furnace	set	1	baik	baik

Mengetahui

Laboran



Maylatul Jamaliyah

NIM. 3336210047

Cilegon, 18 Juni 2025

Pemohon



Aisyah Nabilah Hanif

3336210038

**PEMERIKSAAN MATERIAL  
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**

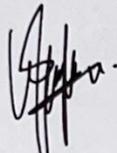
No	Nama Material	Satuan	Volume	
			Awal	Akhir
1	Agregat Kasar	Kg	3	0
2	Agregat Halus	kg	30	0
3	Aspal Polimer	kg	5	0
4	Ampas Tebu	kg	5	0

**CATATAN**

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

Mengetahui

Laboran



Maylatul Jamaliyah

NIM. 3336210047

Cilegon, 18 Juni 2025

Pemohon



Aisyah Nabilah Hanif

3336210038

# **LAMPIRAN 2**

**BLANKO PENGUJIAN LABORATORIUM  
& PERHITUNGAN**

















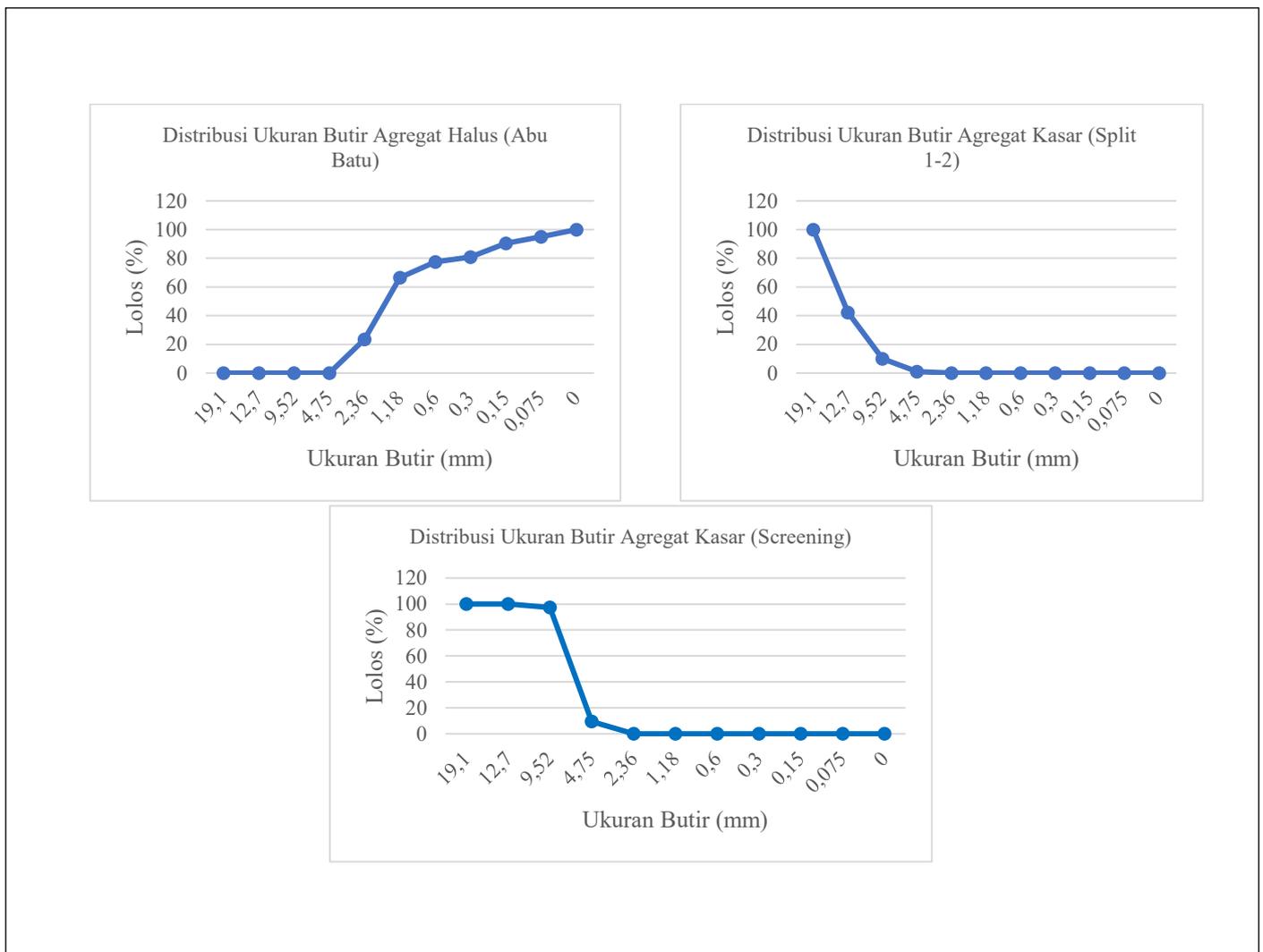
**LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. (0254) 395502 Ext. 19

**BLANKO PENGUJIAN**

No. Pengujian : 8  
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil  
Untirta  
Jenis Material : Agregat Kasar Halus & Kasar  
Tanggal Pengujian : 03 Februari 2025  
Jenis Pengujian : Analisa Saringan

**Tabel 8**



Kepala Laboratorium Ngakan Putu Purnaditya, ST., MT NIP. 198909142019031008	Paraf :	Peneliti Aisyah Nabilah Hanif NIM. 3336210038	Paraf:
---	---------	---	--------















## LAPORAN HASIL UJI ASPAL PMB (LAB PT. APE)

Customer : PT. Mutiara Tanjung Lestari

No. Produksi/ Batch : Batch 10

Jenis Bahan : PMB PG 70

Tanggal Pengujian : 13 Januari 2025

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Spesifikasi		Hasil Uji
				Min	Max	Batch 10 (Re Test)
						Aspal 60/70
						SBS 3411 2,5%
						FT Wax 0,5%
						SLF 0,1%
<b>Original Binder</b>						
1	Penetrasi Pada 25 °C	SNI 06-2456-2011	0.1 mm	30	60	<b>36</b>
2	Temp. yg menghasilkan Geser Dinamis (G*/Sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kPa, (70 °C)	ASTM D7175	kPa	1,00		<b>1,95</b>
3	Viskositas Kinematis 135 °C dengan alat Rotational Viscometer	ASTM D2170-10	Cp			<b>1.759</b>
4	Titik Lembek	ASTM D 36	°C	70		<b>83,8</b>
5	Titik Nyala	SNI 2433-2011	°C	232		<b>324</b>
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	Gram	1		<b>1,026</b>
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene	AASHTO T 44-14	%	99		<b>99,8</b>
8	Keelastisan Setelah Pengembalian	ASTM D6084	%	Cross Cek		<b>76</b>
9	Daktilitas	SNI 2432-2011	cm	Cross Cek		<b>58</b>
10	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek	ASTM D 5976 part 6.1	°C		6,5	<b>1,4</b>
<b>Residu hasil TFOT (SNI 06-2440-1991) atau RTFOT (SNI 03-6835-2002)</b>						
11	Berat yang Hilang	ASTM D2872	%	1,0		<b>0,028</b>
12	Keelastisan Setelah Pengambilan	ASTM D6084	%	45		<b>72</b>
13	Penetrasi Pada 25 °C	SNI 06-2456-2011	%	54		<b>32</b>
	$\frac{\text{Pen TFOT}}{\text{Pen Original}} \times 100\%$					<b>88,8</b>
14	Temp. yg menghasilkan Geser Dinamis (G*/Sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa, (70 °C)	ASTM D7175	kPa	2,20		<b>2,41</b>























**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.

**BLANKO PENGUJIAN**

No. Pengujian : 26 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta  
Jenis Material : Campuran Aspal Polimer dan Abu Ampas Tebu Tanggal Pengujian : Mei 2025  
Jenis Pengujian : Gradasi Campuran Abu Ampas Tebu 4% dan  
Kadar Aspal Optimum 6,25%

**Tabel 26**

	Nomor / Ukuran Saringan		Spesifikasi Gradasi Laston (AC-WC)			Kurva Fuller	Nilai Tengah Gradasi (Gradasi Rencana)	Persentase Tertahan Gabungan	Berat Agregat (gram)	
	Inch	mm	(%)			(%)	(%)	Filler 4%		
6,25%	3/4"	19	100	-	100	136,5	100,0	0,0	0,0	
	1/2"	12,5	90	-	100	113,0	95,0	5,0	56,3	
	3/8"	9,52	77	-	90	100,0	83,5	11,5	129,4	
	No. 4	4,76	53	-	69	73,2	61,0	22,5	253,1	
	No. 8	2,36	33	-	53	53,4	43,0	18,0	202,5	
	No. 16	1,18	21	-	40	39,1	30,5	12,5	140,6	
	No. 30	0,6	14	-	30	28,8	22,0	8,5	95,6	
	No. 50	0,3	9	-	22	21,1	15,5	6,5	73,1	
	No. 100	0,15	6	-	15	15,4	10,5	5,0	56,3	
	No. 200	0,075	4	-	9	11,3	6,5	4,0	45,0	
	PAN	Abu batu						6,5	70,2	
		Bahan Tambah						4,0	2,9	
	Total Berat Agregat (gr)								104,0	<b>1125,00</b>
	Berat Aspal Total (gr)									<b>75</b>
Berat Sampel (gr)									<b>1200</b>	
Berat Sampel + Bahan Tambah (gr)									<b>1200</b>	

Kepala Laboratorium Nama : Ngakan Putu Purnaditya, M.T	Paraf :	Peneliti : Nama : Aisyah Nabilah Hanif	Paraf :
---	---------	---	---------





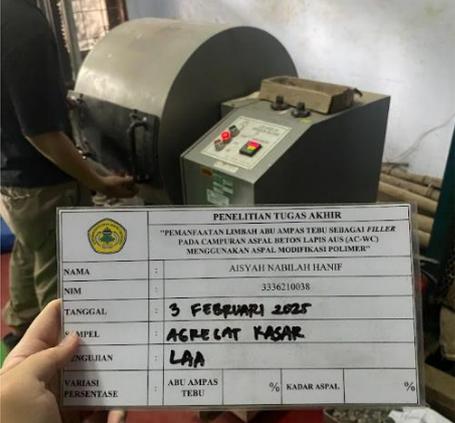
# **LAMPIRAN 3**

## **DOKUMENTASI**



**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

**DOKUMENTASI PENGUJIAN**

No.	Dokumentasi	Keterangan
1		<p style="text-align: center;">Analisa Saringan (SPLIT 1—2)</p>
2		<p style="text-align: center;">Analisa Saringan (<i>screening</i>)</p>
3		<p style="text-align: center;">Analisa Saringan (abu batu)</p>
4		<p style="text-align: center;">Pengujian Keausan Agregat</p>

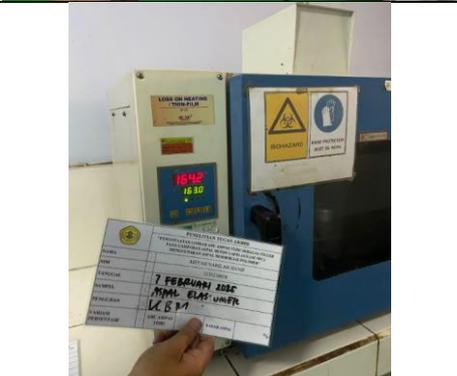


**LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**  
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. (0254) 395502 Ext. 19

5				Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar (SPLIT 1-2)
6				Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar ( <i>screening</i> )
7				Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Abu Batu)
8				Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i> (Abu Ampas Tebu)

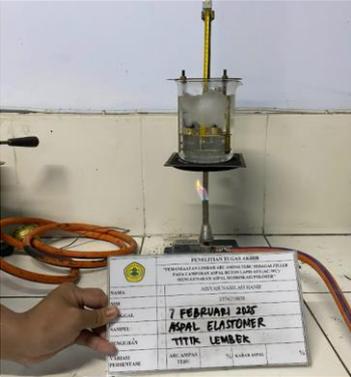


**LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**  
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp. (0254) 395502 Ext. 19

9		Pengujian Berat Jenis Aspal
10		Pengujian Penetrasi Aspal
11		Pengujian Daktilitas Aspal
12		Pengujian Kehilangan Berat Minyak Aspal



**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

13		Pengujian Titik Lembek Aspal
14		Pengujian Titik Nyala Bakar Aspal
15		Agregat Alam Kasar
16		Agregat Alam Kasar
17		Abu Ampas Tebu



**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

18		Penimbangan Agregat
19		Pencucian Agregat
20		Pengeringan Agregat di dalam <i>Oven</i>
21		Agregat AC-WC
22		Pemanasan Aspal dan Agregat sebelum Dicampurkan



**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

23		Pencampuran Benda Uji
24		Pengecekan Suhu Pencampuran Benda Uji
25		Pengecekan Suhu Pematatan Benda Uji
26		Penumbukan 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. (0254) 395502 Ext. 19

27		Benda uji setelah ditumbuk
28		Perendaman Benda uji di Dalam Bak Perendam selama 24 jam
29		Penimbangan Benda Uji dalam Air
30		Rendaman <i>Waterbath</i> dengan suhu 60 °C



**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

31		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 4,5% AAT 0%)
32		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 5% AAT 0%)
33		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 5,5% AAT 0%)
34		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 6% AAT 0%)



**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

35		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 6,5% AAT 0%)
36		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 4,5% AAT 4%)
36		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 5% AAT 4%)
37		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 5,5% AAT 4%)



**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

38		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 6% AAT 4%)
39		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 6,5% AAT 4%)
40		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 4,5% AAT 8%)
40		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 5% AAT 8%)



**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

41		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 5,5% AAT 8%)
42		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 6% AAT 8%)
43		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 6,5% AAT 8%)
44		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 4,5% AAT 12%)



**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

45		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 5% AAT 12%)
46		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 5,5% AAT 12%)
47		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 6% AAT 12%)
48		Pengujian <i>Marshall</i> (PB 6,5% AAT 12%)



**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

49		Pengujian <i>Marshall</i> (KAO 6,5% AAT 0%)
50		Pengujian <i>Marshall</i> (KAO 6,25% AAT 4%)
51		Pengujian <i>Marshall</i> (KAO 6,5% AAT 8%)
52		Pengujian <i>Marshall</i> (KAO 6,5% AAT 12%)



**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

53



Benda Uji *Marshall*