

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN GONDORUKEM (*RESINA COLOPHONIUM*)  
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN ASPAL PADA CAMPURAN ASPAL  
PORUS TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana*

*Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik*

*Universitas Islam Riau*

*Pekanbaru*



**DISUSUN OLEH:**

**ARIE RAFIANI**

**NPM: 193110458**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2024**



Dokumen ini adalah Arsip Miilik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

“PENGARUH PENGGUNAAN GONDORUKEM (*RESINA COLOPHONIUM*) SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN ASPAL PADA CAMPURAN ASPAL POROS TERJADAP KARAKTERISTIK MARSHALL”

Disusun Oleh :

ARIE RAFIANI  
NPM : 193110458

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Roza Mildawati, S.T., MT  
Pembimbing

  
Pekanbaru, 24 Juli 2024

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

“PENGARUH PENGGUNAAN GONDORUKEM (*RESINA COLOPHONIUM*) SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN ASPAL PADA CAMPURAN ASPAL PORUS TERJADAP KARAKTERISTIK MARSHALL”

Disusun Oleh :

**ARIE RAFIANI**  
NPM : 193110458

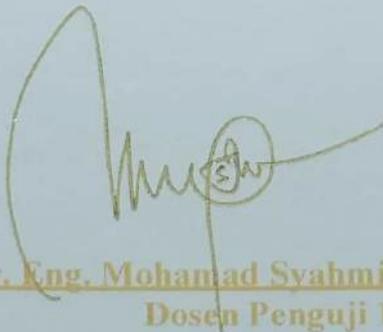
*Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal 24 Juli 2024  
Dan Menyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima*

SUSUNAN DEWAN PENGUJI



Roza Mildawati, S.T., M.T

Pembimbing



Dr. Eng. Mohamad Syahminan, S.T., MT

Dosen Penguji 1



Sapitri, S.T., MT

Dosen Penguji 2

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arie Rafiani  
Tempat, tanggal lahir : Siak, 12 Maret 2001  
NPM : 193110458  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Gondorukem (*Resina Colophonium*) Sebagai Pengganti Sebagian Aspal Pada Campuran Aspal Porus Terhadap Karakteristik *Marshall*

Dengan ini saya menyatakan karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (Strata Satu), di Universitas Islam Riau. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat ketidakbenaran dari pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan norma yang berlaku.

Pekanbaru, 25 Juli 2024

Yang Bersangkutan



Arie Rafiani

NPM : 19310458

## KATA PENGANTAR

### Assalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

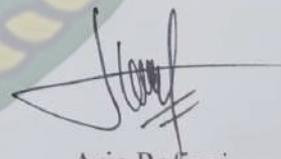
Alhamdulillahirabbil'amin, segala puji dan syukur kehadiran Allah S.W.T. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad S.A.W berkat rahmat dan taufik hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan Proposal pengajuan tugas akhir ini hingga selesai.

Tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat kelulusan dan meraih gelar sarjana pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Peneliti dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan judul "**Pengaruh Penggunaan Gondorukem (*Resina Colophonium*) Sebagai Pengganti Sebagian Aspal Pada Campuran Aspal Porus Terhadap Karakteristik Marshall**".

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak dan sumber yang telah mendukung dalam penyusunan skripsi penelitian tugas akhir ini. Peneliti menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan di dalamnya. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca, agar di masa mendatang dapat menghasilkan karya yang lebih baik lagi.

Pekanbaru, 20 Juni 2024

Peneliti



Arie Rafiani

NPM.193110458

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGUNAAN GONDORUKEM (*RESINA  
COLOPHONIUM*) SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN ASPAL PADA  
CAMPURAN ASPAL PORUS TERHADAP KARAKTERISTIK  
*MARSHALL***



**DISUSUN OLEH:**

**ARIE RAFIANI**

**NPM: 193110458**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2024**

## KATA PENGANTAR

### **Assalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kehadiran Allah S.W.T. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad S.A.W berkat rahmat dan taufik hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan Proposal pengajuan tugas akhir ini hingga selesai.

Tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat kelulusan dan meraih gelar sarjana pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Peneliti dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan judul "**Pengaruh Penggunaan Gondorukem (*Resina Colophonium*) Sebagai Pengganti Sebagian Aspal Pada Campuran Aspal Porus Terhadap Karakteristik Marshall**".

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak dan sumber yang telah mendukung dalam penyusunan skripsi penelitian tugas akhir ini. Peneliti menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan di dalamnya. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca, agar di masa mendatang dapat menghasilkan karya yang lebih baik lagi.

Pekanbaru, 20 Juni 2024

Peneliti

Arie Rafiani

NPM.193110458

## UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Alhamdulillah,

Puji dan Syukur kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan taufik hidayah nya yang sangat luar biasa, memberikan saya kekuatan, membekali saya ilmu pengetahuan serta memperkenalkan saya dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang engkau berikan, akhirnya Tugas Akhir ini dapat rampung terselesaikan tepat waktu, Sholawat serta salam selalu tercurah limpahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Segala perjuangan saya hingga di titik ini, saya persembahkan teruntuk orang-orang hebat yang selalu menjadi penyemangat, yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai, pada kesempatan kali ini saya ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr H. Syafrinaldi SH., MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Deddy Purnomo Retno, S.T., M.T., GP. A-Utama, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Drs Mursyidah, Ssi., MSc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Prof. Dr. Anas Puri, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati S.T.,M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, S.T, M.T, selaku sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau, dan juga selaku Dosen Penguji.
8. Ibu Roza Mildawati,S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu yang telah menjadi pembimbing skripsi saya. Terima kasih atas semua bimbingan,

dukungan, dan nasihat yang diberikan selama ini. Arahan dan masukan ibu sangat membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Bapak Dr. Eng.Mohamad Syahminan, S.T., M.T, selaku Dosen Penguji Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak yang telah bersedia menjadi dosen penguji dalam Tugas Akhir saya, terima kasih atas waktu, perhatian, dan masukan yang sangat berharga, kritik dan saran yang bapak berikan telah membantu saya dalam memperbaiki dan menyempurnakan skripsi ini.
10. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
11. Seluruh Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Seluruh Staf Laboratorium Aspal PT. Virajaya Riauputra yang telah memberikan tempat serta masukan-masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Saya mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada kedua orang tua yang sangat saya cintai, yaitu bapak Sahri dan Ibu Ernawati. Tanpa dukungan, cinta, dan pengorbanan yang tiada henti saya tidak akan mampu menyelesaikan ini. Untuk bapak, terima kasih atas segala kerja keras dan usaha yang telah bapak lakukan demi membiayai pendidikan saya. Bapak selalu bekerja tanpa mengenal lelah, memastikan bahwa saya mendapatkan pendidikan terbaik. Bapak juga selalu memberikan nasihat dan dorongan yang sangat berarti, yang membantu saya untuk tetap fokus dan tidak menyerah dalam menghadapi segala tantangan. Untuk Ibu, terima kasih atas cinta dan kasih sayang yang tak terhingga. Ibu selalu menjadi tempat saya berkeluh kesah dan mencari semangat. Pengorbanan Ibu dalam mengurus dan merawat saya, serta doa-doa yang selalu Ibu panjatkan, memberikan saya kekuatan untuk terus maju. Ibu juga selalu memberikan dukungan moral yang sangat penting bagi saya selama proses penyusunan skripsi ini. Bapak dan Ibu selalu memberikan contoh tentang arti ketekunan, kerja keras, dan cinta yang tulus. Saya sangat bersyukur memiliki orang tua yang luar biasa seperti kalian. Semoga Allah selalu memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan bagi bapak dan Ibu.

14. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kakak dan adik saya, kak Olivia Inayati, S.E dan adik saya Lili Erfina calon sarjana ars (arsitek), serta abang ipar saya Aldiansyah Putra, S.E dan ponakan saya Adiva Hafla. Untuk Kak via dan lili, terima kasih banyak atas semua dukungan dan nasihatnya, terimakasih sudah selalu siap mendengarkan dan membantu, baik dalam urusan kuliah maupun hal lainnya. Dukungan dan semangat dari Kakak dan adik benar-benar berarti untuk saya, kalian adalah bagian penting dari hidup saya.
15. Teguh Suwarno Putra, S.E terima kasih atas semua dukungan, canda tawa, dan kebersamaan yang kita bagi selama ini. Selalu ada untuk mendengarkan keluh kesah, memberikan semangat ketika aku merasa lelah, dan mengingatkan untuk tetap fokus dan percaya bahwa saya bisa menggapai impian. Terima kasih juga atas semua bantuan yang di berikan, baik itu dalam bentuk materi, waktu, maupun tenaga. Bantuanmu sangat memudahkan dan meringankan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Dukungan dan pengertian membuat semua ini terasa lebih ringan dan bisa hadapi dengan lebih baik.
16. Kepada tim satu penelitian Epy Latifah, Zahratul Huda dan Marwan Anugrah terima kasih atas kerja keras, semangat, berbagi ide, dan membantu dalam setiap tahap penyusunan skripsi ini. Kerja sama dan kebersamaan kita dari awal mencari judul, kemudian penelitian hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih juga atas semua bantuan teknis, materi, dan waktu yang kalian luangkan dan yang paling penting, terima kasih telah menjadi tim yang solid dan selalu ada di setiap langkah. Kebersamaan kita adalah sesuatu yang sangat berharga dan memberikan banyak pelajaran berharga. Saya sangat bersyukur memiliki kalian sebagai bagian dari perjalanan ini.
17. Terima kasih kepada keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan cinta yang tiada henti selama proses penyusunan skripsi ini. Terimakasih untuk mama Zaimah, kak Santi, Kak Tuti, bang Aris, bang Ramin, bang Rudi, kak Pitri, kak puji dan terima kasih juga kepada semua anggota keluarga besar lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Kehadiran kalian, baik secara langsung maupun tidak langsung, memberikan kekuatan dan inspirasi bagi saya untuk terus maju dan menyelesaikan tugas akhir ini.

18. Terimakasih kepada teman dan sahabat saya Miranda Qori dan Elvi Sukainita serta teman yang lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, serta rekan rekan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
19. Terakhir terima kasih yang sebesar-besarnya kepada diri saya sendiri. Terima kasih telah tetap tegar dan berjuang menghadapi segala tantangan terima kasih terus berusaha, kerja keras, dan tetap bangkit meski sering kali merasa lelah, terimakasih karena tetap semangat dan fokus meski dalam kondisi sulit, terimakasih telah banyak belajar untuk sabar dan tidak menyerah, bahkan ketika situasi terasa sangat berat. Terimakasih telah membuktikan bahwa dengan tekad yang kuat, segala hal bisa dicapai. Untuk diri sendiri Semoga perjalanan ini mengajarkan banyak hal berharga dan menjadi fondasi yang kuat untuk meraih impian berikutnya.

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Umum.....	5
2.2. Penelitian Terdahulu .....	5
2.3. Keaslian Penelitian.....	7
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>9</b>
3.1. Perkerasan Jalan .....	9
3.1.1. Jenis Perkerasan Jalan dan Komponennya.....	9
3.1.2 Fungsi Jalan.....	11
3.2. Aspal .....	12
3.2.1. Jenis Aspal .....	12
3.2.2. Komposisi Aspal .....	16
3.2.3. Analisis Kadar Aspal Dalam Campuran .....	17

3.3.	Aspal Porus .....	18
3.3.1.	Kelebihan dan Kekurangan Aspal Porus.....	19
3.3.2.	Gradasi Agregat Aspal Porus .....	20
3.4.	Agregat.....	23
3.4.1.	Jenis – Jenis Agregat.....	23
3.5.	Bahan Penggisi (Filler) .....	24
3.6.	Pengujian Sifat dan Mekanis Material .....	25
3.7.	Gondorukem ( <i>Resina colophonium</i> ) .....	26
3.8.	<i>Pengujian Marshall</i> .....	29
<b>BAB IV</b>	<b>MOTEDE PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
4.1.	Metode Penelitian.....	34
4.2.	Lokasi Penelitian.....	34
4.3.	Bahan Penelitian.....	35
4.4.	Peralatan Penelitian.....	37
1.4.1	Peralatan Pengujian Analisa Saringan .....	48
1.4.2	Peralatan Pengujian Berat Jenis .....	49
4.4.3	Peralatan Pemecahan Gondorukem ( <i>resina colophonium</i> ) .....	50
4.4.4	Peralatan Pembuatan Benda Uji.....	50
4.4.5	Peralatan Pengujian <i>Marshall</i> .....	50
4.5.	Tahapan Penelitian .....	51
4.4.1.	Pengujian Material .....	53
4.4.2.	Pengolaham Gondorukem ( <i>Resina colophonium</i> ) .....	55
4.4.3.	Pembuatan Benda Uji ( <i>Briket Ashpalt</i> ).....	56
4.4.4.	Pembuatan Benda Uji Agregat.....	57
4.4.5.	Pengujian <i>Marshall</i> .....	58
<b>BAB V</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>60</b>
5.1	Umum.....	60

5.2 Hasil Analisa Saringan Gabungan .....	60
5.3.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar .....	62
5.3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Medium .....	62
5.3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu .....	63
5.4 Hasil Perhitungan Perkiraan Awal Kadar Aspal (Pb).....	64
5.5 Pembuatan Benda Uji Penentu KAO .....	65
5.6 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO.....	65
5.7 Pembuatan Benda Uji Dengan Menggunakan Gondorukem ( <i>Resina Colophonium</i> ).....	68
5.7. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO Dengan Menggunakan Gondorukem ( <i>Resina Colophonium</i> ) .....	68
5.7.1 Stabilitas.....	69
5.7.2 Rongga Dalam Mineral Agregat (Void in Mineral Agregate / VMA). 70	
5.7.3 Rongga Dalam Campuran ( Void In The Mix / VIM ) .....	72
5.7.4 Kelelehan ( <i>flow</i> ) .....	73
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>75</b>
5.1 Kesimpulan .....	75
5.2 Saran.....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Persyaratan Untuk Aspal Keras Penetrasi 60/70.....	13
<b>Tabel 3. 2</b> Komponen Fraksional Aspal di Indonesia.....	16
<b>Tabel 3.3</b> Gradasi Aspal Porus Standar <i>Australia (Australian Asphalt Pavement Association, 2004)</i> .....	20
<b>Tabel 3.4</b> Spesifikasi Filler Aspal.....	25
<b>Tabel 3.5</b> Kualitas Mutu Gondorukem.....	28
<b>Tabel 4.1</b> Benda uji untuk menentukan KAO.....	57
<b>Tabel 4.2</b> Benda uji dengan tambahan gondorukem ( <i>Resina colophonium</i> ).....	57
<b>Tabel 5. 1</b> Hasil Analisa Saringan Gabungan Agregat Porus.....	60
<b>Tabel 5. 2</b> Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar.....	62
<b>Tabel 5. 3</b> Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Medium .....	63
<b>Tabel 5. 4</b> Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu .....	63
<b>Tabel 5. 5</b> Tabel Hasil Perhitungan Pb.....	65
<b>Tabel 5. 6</b> Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO .....	66
<b>Tabel 5. 7</b> Hasil Pengujian <i>Marshall</i> KAO Menggunakan Gondorukem ( <i>Resina Colophonium</i> ).....	68

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3. 1</b> Komponen Perkerasan Jalan Lentur .....	10
<b>Gambar 3. 2</b> Komponen Perkerasan Jalan Kaku .....	10
<b>Gambar 3. 3</b> Komponen Perkerasan Jalan Komposit .....	11
<b>Gambar 3. 4</b> Diagram Penentu Kadar Aspal Optimum .....	18
<b>Gambar 3. 5</b> Sistem Drainase Aspal Porus .....	19
<b>Gambar 3. 6</b> Spesifikasi Gradasi Aspal Porus Standar Australia Untuk Ukuran Maksimal 10 mm .....	22
<b>Gambar 3. 7</b> Spesifikasi Gradasi Aspal Porus Standar Australia Untuk Ukuran Maksimal 14 mm .....	22
<b>Gambar 3. 8</b> Gondorukem bentuk bongkahan sebelum di haluskan .....	27
<b>Gambar 3. 9</b> Gondorukem setelah di haluskan .....	28
<b>Gambar 4. 1</b> Lokasi Penelitian .....	34
<b>Gambar 4. 2</b> Agregat ½ .....	35
<b>Gambar 4. 3</b> Agregat Medium .....	35
<b>Gambar 4. 4</b> Abu Batu .....	36
<b>Gambar 4. 5</b> Aspal Penetrasi 60/70 .....	36
<b>Gambar 4. 6</b> Gondorukem ( <i>resina colophonium</i> ) bentuk bongkahan sebelum di haluskan dan Gondorukem setelah di haluskan .....	37
<b>Gambar 4. 7</b> Saringan .....	38
<b>Gambar 4. 8</b> Pan dan Cover .....	38
<b>Gambar 4. 9</b> Timbangan Digital .....	38
<b>Gambar 4. 10</b> Cawan .....	39
<b>Gambar 4. 11</b> Kuas .....	39
<b>Gambar 4. 12</b> Kompor .....	39
<b>Gambar 4. 13</b> Termometer .....	40
<b>Gambar 4. 14</b> .....	40
<b>Gambar 4. 15</b> Open .....	41
<b>Gambar 4. 16</b> Sarung Tangan .....	41
<b>Gambar 4. 17</b> Plastik 3 kg .....	41

<b>Gambar 4. 18</b> Neraca .....	42
<b>Gambar 4. 19</b> Besi Pemberat .....	42
<b>Gambar 4. 20</b> Waterbath atau Bak Perendam.....	43
<b>Gambar 4. 21</b> Koran .....	43
<b>Gambar 4. 22</b> Kertas Alas Bentuk Lingkaran.....	44
<b>Gambar 4. 23</b> <i>Compactor</i> atau Alat Penumbuk.....	44
<b>Gambar 4. 24</b> <i>Mold</i> atau Cetakan .....	45
<b>Gambar 4. 25</b> Wadah Plastik .....	45
<b>Gambar 4. 26</b> Tabung Gas LPG .....	45
<b>Gambar 4. 27</b> Palu .....	46
<b>Gambar 4. 28</b> Alat Pengeluar Benda Uji atau Extrander.....	46
<b>Gambar 4. 29</b> Spatula atau Sendok.....	47
<b>Gambar 4. 30</b> Sekop .....	47
<b>Gambar 4. 31</b> Termometer air raksa .....	48
<b>Gambar 4. 32</b> Kerucut Pancung.....	48
<b>Gambar 5. 1</b> Grafik Analisa Agregat Gabungan Porus .....	61
<b>Gambar 5. 2</b> Kadar Aspal Optimum.....	67
<b>Gambar 5. 3</b> Grafik Stabilitas pada campuran pengganti sebagian aspal gondorukem ( <i>resina colophonium</i> ) .....	70
<b>Gambar 5. 4</b> Grafik <i>Void in the Mineral Aggregate</i> atau VMA .....	71
<b>Gambar 5. 5</b> Grafik VIM Penggunaan Gondorukem Pengganti Sebagian Aspal Pada Campuran Aspal Porus .....	72
<b>Gambar 5. 6</b> Grafik Nilai <i>Flow</i> Penggunaan Gondorukem Pengganti Sebagian Aspal Pada Campuran Aspal Porus.....	73

**PENGARUH PENGGUNAAN GONDORUKEM (*RESINA COLOPHIUM*)  
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN ASPAL PADA CAMPURAN  
ASPAL PORUS TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL***

**ARIE RAFIANI**

**193110458**

**ABSTRAK**

Kerusakan jalan pada umumnya di sebabkan oleh beberapa faktor yaitu air hujan, beban roda kendaraan yang berat, muka air tanah yang tinggi, perubahan kondisi lingkungan atau fungsi drainase yang kurang baik. Curah hujan yang tinggi menyebabkan terjadinya genangan pada permukaan jalan maka di desain perkerasan berpori yaitu aspal porus yang dapat mengurangi genangan air di atas permukaan jalan. Sumber daya alam yang dapat diperbarui salah satunya Gondorukem (*resina colophonium*) salah satu bahan alternatif yang mampu menjaga kualitas aspal dalam kondisi yang baik, selain itu juga dapat meningkatkan stabilitas. Pada penelitian ini gondorukem (*resina colophonium*) digunakan sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui persentase kadar aspal optimum dengan penggunaan gondorukem (*resina Colophonium*) dan pengaruh penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus terhadap karakteristik *Marshall*.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental yang dilaksanakan pada laboratorium PT. Virajaya Riauputra yang mengacu pada Spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), 2004, dan menggunakan metode *Marshall* test dengan persentase gondorukem (*resina colophonium*) yaitu 0%, 8%, 12%, 16% dan 20%.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh Kadar Aspal Optimum 4,7%. Untuk stabilitas, nilai tertinggi dicapai pada variasi 0% dengan 633,3 kg, pada variasi 16% stabilitas meningkat hingga 556,5 kg. Namun, pada variasi 20%, stabilitas menurun menjadi 524,5 kg. Untuk VMA, nilai bervariasi dengan kenaikan dan penurunan persentase gondorukem, dari 27,22% pada 0% hingga 27,58% pada 20%, tetapi tetap memenuhi spesifikasi AAPA. Nilai VIM dari 18,41% pada 0% naik hingga 18,82% pada 20%, dan semua variasi berada dalam rentang spesifikasi AAPA, 2004. Nilai *flow* tertinggi diperoleh pada variasi 0% dengan 4,27 mm, dan menurun pada variasi 16% dan 20%. Secara keseluruhan untuk stabilitas, VMA, VIM, dan *flow*, pada penggunaan gondorukem 20% tetap memenuhi spesifikasi Spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), 2004.

**Kata Kunci** : Porus, Karakteristik *Marshall*, Aspal, Gondorukem, spesifikasi AAPA, (*Australian Asphalt Pavement Association*, 2004).

**THE EFFECT OF USING GONDORUKEM (RESINA COLOPHIUM) AS A  
PARTIAL REPLACEMENT OF ASPHALT IN MIXES POROUS ASPHALT  
ON MARSHALL CHARACTERISTICS**

**ARIE RAFIANI**

**193110458**

**ABSTRACT**

Road damage is generally caused by several factors, namely rainwater, heavy vehicle wheel loads, high groundwater levels, changes in environmental conditions or poor drainage functions. High rainfall causes puddles on the road surface, so porous pavement design is porous asphalt that can reduce puddles on the road surface. One of the renewable natural resources is Gondorukem (resina colophonium), one of the alternative materials that can maintain the quality of asphalt in good condition, besides that it can also increase stability. In this study, gondorukem (resina colophonium) was used as a partial replacement for asphalt in porous asphalt mixtures. The purpose of this study was to determine the optimum percentage of asphalt content with the use of gondorukem (Colophonium resina) and the effect of using gondorukem (Colophonium resina) as a partial replacement for asphalt in porous asphalt mixtures on Marshall characteristics.

This research was conducted experimentally in the laboratory of PT Virajaya Riauputra which refers to the Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) Specifications, 2004, and uses the Marshall test method with the percentage of gondorukem (resina colophonium) which is 0%, 8%, 12%, 16% and 20%.

Ased on the research results, the Optimum Asphalt Content of 4.7% was obtained. For stability, the highest value was achieved at 0% variation with 633.3 kg, at 16% variation, the stability increased to 556.5 kg. However, at 20% variation, the stability decreased to 524.5 kg. For VMA, values varied with increasing and decreasing percentage of gondorukem, from 27,22% at 0% to 27,58% at 20%, but still met AAPA specifications. VIM values from 18,41% at 0% decreased to 18,82% at 20%, and all variations were within the range of AAPA, 2004 specifications. The highest flow value was obtained at 0% with 4.27 mm, and decreased at 16% and 20%. Overall for stability, VMA, VIM, and flow, the use of 20% gondorukem still meets the specifications of the Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) Specification, 2004.

**Keywords:** Porous, Marshall Characteristics, Asphalt, Gondorukem, AAPA specification, (Australian Asphalt Pavement Association, 2004).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan penduduk suatu daerah menyebabkan jumlah kendaraan semakin meningkat (Mantiri, dkk., 2019). Pertumbuhan penduduk yang semakin bertambah dan mobilitas penduduk yang semakin meningkat untuk menunjang perekonomian dengan demikian, maka harus ada infrastruktur yang baik (Dinas Perhubungan, 2020). Salah satu infrastruktur transportasi darat yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia sehari-hari yaitu jalan.

Kerusakan jalan di Indonesia umumnya terjadi karena beberapa faktor yaitu air hujan, beban roda kendaraan yang berat, muka air tanah yang tinggi, perubahan kondisi lingkungan atau fungsi drainase yang kurang baik (Rondi, 2016). Faktor ini yang menjadi penyebab kerusakan jalan dan menuntut penggunaan material dengan kualitas yang baik, yaitu agregat sebagai bahan pengisi dan aspal sebagai bahan pengikat.

Perkerasan Lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat (Sukirman, 2010). Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap (Krisdiyanto Aris, 2022).

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau (Gunasti, dkk., 2023). Curah hujan yang tinggi menyebabkan terjadinya genangan karena drainase tidak berfungsi dengan baik, serta beban berat kendaraan yang tidak sesuai dengan kekuatan perkerasan jalan yang secara tidak langsung akan menimbulkan berbagai masalah seperti retak-retak kulit buaya dan jalan berlubang pada permukaan jalan (Muliawan, 2019), kondisi ini perlu diciptakannya sistem drainase jalan yang efektif. Aspal porus merupakan perkerasan berpori yang dapat mengurangi genangan air di atas permukaan jalan.

Seiring perkembangan teknologi khususnya di bidang perkerasan jalan, di desain suatu perkerasan yang dikenal dengan aspal porus yang merupakan jenis perkerasan berpori dengan campuran agregat kasar yang lebih dominan untuk meningkatkan gaya gesek dan mencegah terjadinya genangan air di lapis permukaan jalan (Idral Muhammad, 2016). Aspal porus salah satu terobosan baru dalam dunia perkerasan untuk mengurangi terjadinya genangan pada saat hujan. Aspal porus didesain untuk mendapatkan kadar rongga yang besar untuk meneruskan aliran air ke saluran samping dan lapisan dasar yang kedap air untuk mencegah air meresap ke lapis *subbase* dan badan jalan sehingga genangan air di atas permukaan jalan yang sering terjadi setelah hujan dan mengganggu kelancaran arus lalu lintas dapat diminimalisir (Eka, dkk., 2020).

Dalam penggunaannya aspal porus memiliki stabilitas yang rendah namun memiliki permeabilitas tinggi yang disebabkan oleh banyaknya rongga antar agregat. Oleh karena itu, perlu adanya modifikasi dalam material campuran yang diharapkan dapat mempengaruhi kinerja stabilitas dari aspal porus tersebut tanpa harus merubah gradasi pada agregatnya. Alternatif untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan mengganti sebagian aspal dengan bahan lain yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti, salah satunya adalah penggunaan Gondorukem.

Sumber daya alam yang dapat di perbarui salah satunya yaitu gondorukem (*Resina colophonium*) dan terpentin adalah hasil hutan non kayu yang merupakan produk dari pengolahan getah dari pohon pinus (*Pinus merkusii*). Gondorukem digunakan pula sebagai bahan perekat yang berfungsi sebagai tackifier, pemacu perekatan (adhesion promoter) atau pemacu kekentalan (viscosity promoters) untuk memperbaiki sifat-sifat produk akhir (Coppen dkk., 1995). Gondorukem (*Resina Colophonium*) memiliki sifat elastis menyerupai sifat aspal, mempunyai daya lekat terhadap material lain, dan dapat meningkatkan stabilitas. Gondorukem salah satu bahan alternatif yang mampu menjaga kualitas aspal agar tetap dalam kondisi yang baik, kesamaan sifat antara aspal dan juga gondorukem yaitu memiliki daya erat yang tinggi sehingga diharapkan setelah penambahan gondorukem pada campuran aspal mampu menerima beban lalu lintas berat dan gesekan terhadap permukaan jalan dapat di tingkatkan.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, melandasi peneliti untuk dilakukannya penelitian dengan memanfaatkan gondorukem (*Resina Colophium*) sebagai pengganti sebagian aspal. Oleh karena itu, peneliti akan melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Gondorukem (*Resina Colophium*) Sebagai Pengganti Sebagian Aspal Pada Campuran Aspal Porus Terhadap Karakteristik *Marshall*”.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka perumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Berapa persentase kadar aspal optimum pada campuran aspal porus?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan gondorukem (*Resina Colophonium*) dengan variasi 0%, 8%, 12%, 16%, dan 20% sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus terhadap karakteristik *Marshall*?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas yang ada, maka tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung persentase kadar aspal optimum pada campuran aspal porus
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan gondorukem (*Resina Colophonium*) dengan variasi 0%, 8%, 12%, 16%, dan 20% sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus terhadap karakteristik *Marshall*.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat penelitian yang akan di capai dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Menerapkan teori dan ilmu yang diperoleh melalui perkuliahan pada permukaan jalan.
2. Menemukan alternatif suatu bahan tambah aspal yang mudah didapatkan, dan berasal dari bahan yang dapat diperbaharui yang sekaligus diharapkan dapat memberikan sumbangan yang positif terhadap pengembangan teknologi konstruksi perkerasan jalan di Indonesia.

### 1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian mengenai pengaruh penambahan *Gondorukem* pada campuran aspal porus terhadap karakteristik *Marshall* adalah

1. Dalam penelitian ini tidak menganalisa sifat kimiawi dari *Gondorukem* (*Resina Colophonium*).
2. Agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari Pangkalan.
3. Jenis Aspal yang di pakai aspal dengan penetrasi 60/70
4. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* hanya terbatas pada penggunaan *Gondorukem* (*Resina Colophonium*) dengan kadar penambahan yaitu 0% untuk variasi tanpa campuran, dan penambahan sebagai pengganti sebagian dengan variasi 0%, 8%, 12%, 16%, dan 20% terhadap berat aspal.
5. *Gondorukem* (*Resina Colophonium*) berasal dari Pabrik *Gondorukem* dan *Terpentin* (PGT) Jawa Tengah, melalui PT. *Jaya Mandiri Pinus*. Jenis *Gondorukem* yang di gunakan waena kuning – kecoklatan.
6. Pada penelitian ini tidak menganalisis biaya
7. Penelitian ini mengacu pada standar Australia (*Australian Asphalt Pavement Association*, 2004)

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Umum

Tinjauan pustaka mencakup penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini. Hasil penelitian terdahulu membantu menyelesaikan masalah dalam penelitian ini dan membentuk dasar atau kerangka teori. Penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai referensi, perbandingan, dan kajian.

#### 2.2. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini akan disajikan beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

Hidayat, dkk., (2022) telah melakukan penelitian dengan judul " Analisis Karakteristik *Marshall* Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* Bahan Tambah Gondorukem ". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan gondorukem terhadap karakteristik marshall dan berapa besar kadar bahan tambah optimum pada campuran *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)*. Metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimen terhadap pemanfaatan gondorukem yang dijadikan sebagai bahan tambah pada aspal. Pada penelitian ini digunakan persentase 2%,4%,6%,8% dan 10%. Hasil penelitian dengan penambahan gondorukem dengan pengujian *Marshall* didapatkan nilai optimum pada variasi penambahan gondorukem 6% dengan nilai stabilitas sebesar 1093,05 kg. *Flow* 2,50 mm nilai VIM sebesar 3,778%, VMA 15,504%, VFA 75,774% untuk MQ 439,39 kg/mm dan Density 2,280 kg/mm<sup>3</sup>.

Hikmatullah Hs, (2020) kerasan Aspal Beton Dengan Substitusi Getah Pinus Terhadap Aspal Penetrasi 60/70". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui untuk kinerja perkerasan aspal beton AC -BC dengan menambahkan getah pinus dengan variasi persentase berbeda ke dalam aspal tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan masukan atau pengetahuan tentang pengaruh penambahan getah pinus pada aspal kepada pengguna jasa yang bergerak di bidang konstruksi, khususnya perkerasan Jalan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan getah pinus dalam aspal sebagai bahan pengikat dapat mempertahankan nilai karakteristik

*Marshall* di atas spesifikasi, dan menaikkan nilai stabilitas serta mempertahankan nilai kelelahan agar tidak terlalu tinggi. Dari variasi persentase dipilih penambahan getah pinus 10% yang layak untuk di rekomendasikan karena nilai stabilitasnya paling maksimum yaitu sebesar 2120,02 kg, dan nilai kelelahan di peroleh 4,00 mm dan nilai MQ di peroleh 510,03 kg/mm. Sehingga apabila ini digunakan dalam perkerasan jalan akan menghasilkan kekuatan yang tinggi yang dapat memikul beban lalu lintas yang berat sehingga tidak terjadi *deformasi* seperti gelombang, alur.

Kurniawan & Pranata, (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul "Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Karakteristik *Marshall* Campuran Aspal Beton dengan Asbuton dan *Bio Aditif* Gondorukem". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* campuran aspal beton berdasarkan lama pemeraman dan penambahan gondorukem (*bio-aditif*). Penelitian ini menggunakan 4.5% bahan peremaja, 25% Asbuton, bio-aditif gondorukem dengan variasi 0%, 1%, 2%, 3% serta kadar aspal optimum 7.5 %. Variasi waktu pemeraman campuran yaitu 0 hari, 6 hari, 12 hari dan 18 hari. Hasil penelitian menunjukkan lama pemeraman dan persentase penambahan *bio-aditif* (gondorukem) berpengaruh terhadap karakteristik *Marshall* campuran aspal beton. Karakteristik terbaik didapat dengan lama pemeraman 12 hari dan penambahan *bio-aditif* (gondorukem) sebesar 2%.

Arlia, dkk., (2018) telah melakukan penelitian yang berjudul "Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Substitusi Gondorukem Pada Aspal Penetrasi 60/70" Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus dengan substitusi gondorukem ke dalam aspal penetrasi 60/70. Pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO) digunakan metode *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) dengan parameter nilai *cantabro loss* (CL), *asphalt flow down* (AFD), dan *voids in mix* (VIM). Gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi terbuka dengan kadar aspal 4,5 %; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5% tanpa variasi penggunaan gondorukem. Selanjutnya dilakukan pengujian dan perhitungan *Marshall*, CL, dan AFD untuk mendapatkan KAO. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji pada KAO dan variasi  $\pm 0,5$  dari nilai KAO dengan variasi substitusi gondorukem sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8%. Berdasarkan hasil

penelitian KAO terbaik pada 5,56% dengan substitusi 8% gondorukem, dimana semua parameternya telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA (2004). Penambahan gondorukem berpengaruh terhadap nilai karakteristik *Marshall*, CL, dan AFD, dimana meningkatkan nilai stabilitas, VIM, CL, dan AFD seiring dengan peningkatan persentase gondorukem. Pada KAO terbaik diperoleh nilai stabilitas sebesar 554,81 kg, nilai VIM sebesar 18,04%, nilai CL sebesar 20,66%, dan nilai AFD sebesar 0,28%.

Azka, dkk., (2018) telah melakukan penelitian dengan judul ” Pengaruh Substitusi Gondorukem Pada Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Menggunakan Agregat Halus Sabang Terhadap Stabilitas *Marshall*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi gum rosin terhadap penetrasi aspal 60/70 dengan agregat halus sabang untuk karakteristik *Marshall*. Metode uji coba yang digunakan adalah metode *Marshall* dengan menggunakan proses kering. Berdasarkan hasil penelitian nilai aspal optimum sebesar 5,87%. Dari Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai agregat maka berat dari agregat jenis tersebut semakin kecil berat jenis campuran maksimal menjadi kecil, sedangkan semakin kecil nilai porositas agregat maka berat jenis nya dari agregat tersebut lebih besar sehingga bobotnya maksimal jenis campuran menjadi jauh lebih besar. Persentase agregat variasi (AHS 50%:AHI 50%), (AHS 75%:AHI 25%), dan (AHS 100%:AHI 0%). Hasil penelitian menunjukkan nilai kestabilan lebih rendah, bila persentase agregat halus sabang semakin berlebihan. Itu nilai stabilitas terbaik adalah 50% agregat halus sabang dan 50% dan agregat dari Aceh Besar. Pemanfaatan nilai persen denda agregat sabang yang kelebihan mutunya jelek, karena mengikat kekuatan tidak efektif. Anova satu arah menunjukkan nilai densitas, VIM, VMA, VFA, *Stability flow* dan *Marshall* menunjukkan F hitung lebih besar dari nilai F tabel dan nilai sig. lebih kecil dari bernilai  $\alpha$ , berarti  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, artinya adalah berpengaruh.

### 2.3. Keaslian Penelitian

Ditinjau dari penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan dan perbedaan, perbedaan dalam penelitian ini terdapat pada kriteria jenis agregat yang digunakan yang berasal dari pangkalan dan setelah perolehan KAO . KAO terbaik dijadikan

sebagai kadar aspal dalam pembuatan benda uji variasi persentase penggunaan gondorukem (*Resina Colophonium*). Pada Penelitian ini variasi persentase penggunaan gondorukem (*Resina Colophonium*) yaitu dengan persentase 0%,8%,12%,16%,dan 20% sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus. Oleh karena itu,dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB III

### LANDASAN TEORI

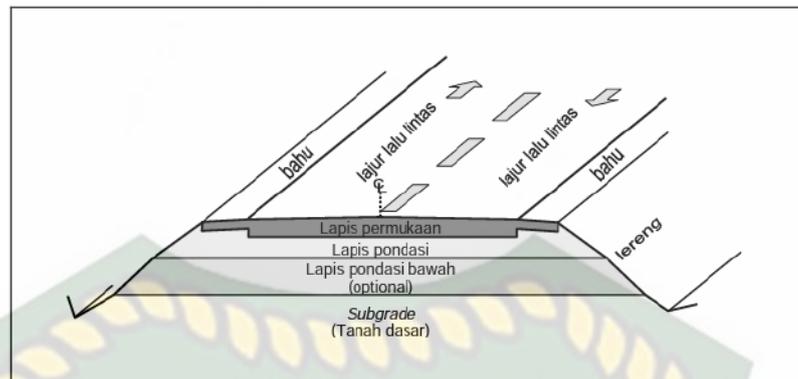
#### 3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen (*Portland Cement*) sebagai bahan ikatnya sehingga lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Fungsi utama dari perkerasan sendiri adalah untuk menyebarkan atau mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah dasar (*sub-grade*) yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar. Perkerasan harus memiliki kekuatan dalam menopang beban lalu lintas. Permukaan pada perkerasan haruslah rata tetapi harus mempunyai kekesatan atau tahan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan. Perkerasan dibuat dari berbagai pertimbangan, seperti persyaratan struktur, ekonomis, keawetan, kemudahan, dan pengalaman (Christady, 2011).

##### 3.1.1. Jenis Perkerasan Jalan dan Komponennya

Menurut (Sukirman, 2010) Berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas, perkerasan jalan dibedakan menjadi :

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas. Komponen struktur lapisan perkerasan lentur jalan dari bagian bawah ke atas, meliputi:
  - a. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
  - b. Lapis pondasi (*base course*)
  - c. Lapis permukaan (*surface course*).



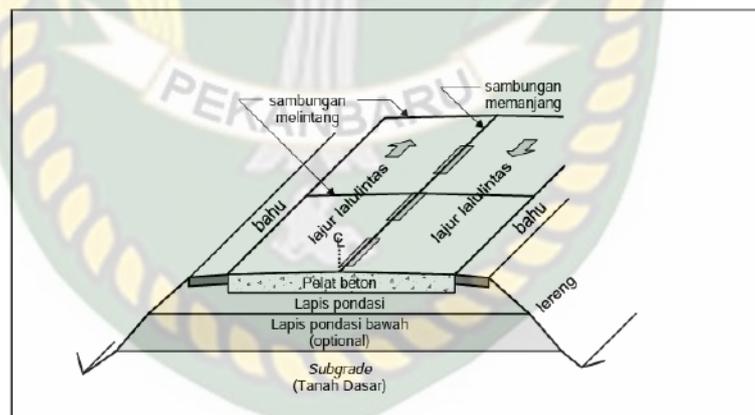
**Gambar 3. 1** Komponen Perkerasan Jalan Lentur

Sumber : (Sukirman, 2010)

2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat.

Komponen struktur perkerasan kaku terdiri dari:

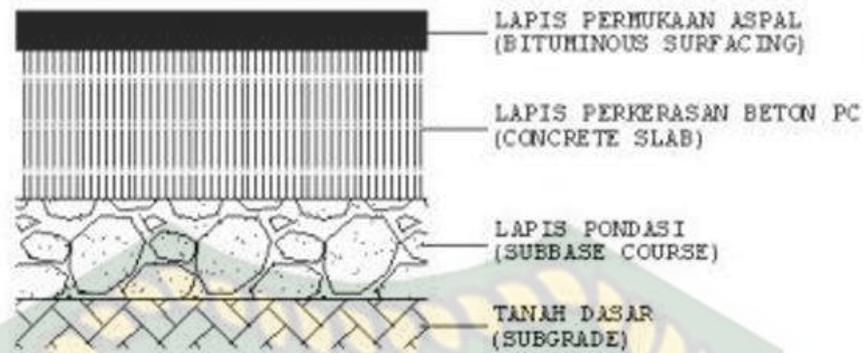
- a. Pelat beton sebagai lapis permukaan,
- b. Lapis pondasi bawah sebagai lapis bantalan yang homogen, dan
- c. Lapis tanah dasar tempat struktur perkerasan diletakkan.



**Gambar 3. 2** Komponen Perkerasan Jalan Kaku

Sumber : (Sukirman, 2010)

3. Perkerasan komposit (*composite pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dimana dapat perkerasan lentur di mana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas.



**Gambar 3. 3** Komponen Perkerasan Jalan Komposit

Sumber : (Sukirman, 2010a)

### 3.1.2 Fungsi Jalan

Fungsi jalan menggambarkan jenis kendaraan pengguna jalan dan beban lalu lintas yang akan dipikul oleh struktur perkerasan jalan. Sebagai contoh, lalu lintas angkutan barang yang menggunakan truk berat, trailer tunggal, atau trailer ganda pada umumnya melintasi jalan - jalan arteri suatu wilayah.

Berdasarkan fungsinya, jalan umum dapat dikelompokkan ke dalam :

1. Jalan arteri  
Jalan Arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan kolektor  
Jalan Kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal  
Jalan Lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan

Jalan Lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata rata rendah.

### 3.2. Aspal

Bitumen adalah zat perekat material (*viscous cementitious material*), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau pitch. Dari ketiga jenis bitumen tersebut di atas, hanya aspal yang umum digunakan untuk sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan, sehingga seringkali bitumen disebut sebagai aspal.

Aspal adalah material yang *termoplastis*, berarti akan menjadi padat atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap jenis aspal berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu (Sukirman, 2016).

#### 3.2.1. Jenis Aspal

Berdasarkan sumbernya jenis aspal terdiri dari (PUSBIN KPK PU, 2005) :

1. Aspal Alam

Aspal alam terbentuk bilamana minyak mentah bumi naik ke permukaan bumi melalui celah-celah kulit bumi. Akibat sinar matahari dan angin maka minyak ringan dan gas menguap dan meninggalkan residu yang plastis dan hitam disebut aspal. Kebanyakan aspal alam bercampur-baur dengan mineral seperti lempung tanah, pasir sampai kerikil yang terbawa saat minyak bumi mengalir ke cekungan permukaan bumi. Aspal alam terdapat di Trinidad, Venezuela dan pulau Buton.

2. Aspal Minyak (*Petroleum Asphalt*) dari hasil destilasi minyak mentah bumi akan diperoleh berbagai jenis minyak seperti: bensin, solar,

minyak tanah, dsb. Residu dari hasil destilasi ini adalah aspal, namun aspal ini masih lunak yaitu mempunyai penetrasi sekitar 300. Setelah melalui proses *semi blown* baru diperoleh aspal Penetrasi 60/70 dan aspal keras (*asphalt cement*) jenis lainnya.

Adapun jenis aspal berdasarkan jenisnya (Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi, 2005) yakni:

1. Aspal keras

Aspal keras adalah aspal yang dalam temperatur kamar berbentuk padat dan keras. Aspal jenis ini dirancang dengan memilih penetrasi, kekerasan yang sesuai untuk pelaksanaan, iklim dan jenis lalu lintas, dari suatu perkerasan. Penetrasi adalah masuknya jarum standar dengan beban 100 gram (termasuk berat jarum), dalam temperatur 25 °C selama 5 detik. Contoh: Pen.40/50; Pen.60/70. Semakin rendah nilai penetrasinya semakin keras aspalnya.

**Tabel 3. 1** Persyaratan Untuk Aspal Keras Penetrasi 60/70 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI 2456: 3011	60-70
2	Temperatur Yang Menghasilkan Geser Dinamis (°C)	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300
4	Titik Lember 6(°C)	SNI 2434: 2011	≥ 48
5	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2434:2011	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2434:2011	≥ 232
7	Kelarutan Dalam <i>trichloroethylene</i>	AASHTO T44-14	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2434:2011	≥ 1,0

9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-
10	Kadar Parafilin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≥2

Aspal minyak diperoleh dari penyulingan minyak mentah bumi dengan penguapan dan *destilasi* dalam berbagai tahap *kondensasi*. Aspal keras berbeda dengan aspal cair di mana aspal keras harus dipanaskan untuk mencapai kondisi mencair sedangkan aspal cair sudah dalam kondisi cair pada temperatur kamar sehingga diperlukan bahan pelarut untuk aspal cair.

## 2. Aspal Cair

Aspal cair (*cutback asphalt*) merupakan aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan aspal yang di cairkan menggunakan bahan pengencer dari hasil penyulingan minyak bumi.

Terdapat 3 jenis aspal cair yaitu:

- a. Aspal Cair Penguapan Lambat (*Slow Curing Liquid Asphalt*)  
Aspal cair jenis ini dapat berupa residu yang mengandung sedikit minyak berat atau campuran antara aspal keras dengan minyak residu. Untuk mencapai kelecakan (*workability*) yang lebih baik maka aspal jenis ini harus dipanaskan dan umumnya digunakan untuk campuran dingin. Contoh: SC-800.
- b. Aspal Cair Penguapan Sedang (*Medium Curing Liquid Asphalt*)  
Aspal cair jenis ini diperoleh dengan mencairkan aspal keras dengan minyak tanah. Aspal jenis ini sudah berbentuk cair dalam temperatur kamar dan umumnya digunakan untuk *prime coat*. Contoh: MC-250.
- c. Aspal Cair Penguapan Cepat (*Rapid Curing Liquid Asphalt*)  
Aspal cair jenis ini diperoleh dengan mencairkan aspal keras dengan bensin. Karena penguapan bensin jauh lebih cepat dari

minyak tanah maka aspal cair ini dikenal dengan nama aspal cair penguapan cepat. Umumnya digunakan untuk *tack coat*.

Contoh: RC-70. Angka yang lebih tinggi menunjukkan aspal cair yang lebih kental, misalnya RC-250 lebih kental dari RC-70, angka ini menunjukkan syarat *viskositas kinematik* minimum dari aspal cair tersebut.

### 3. Aspal Emulasi

Aspal emulsi merupakan campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Agar ter-campur dalam *suspensi* maka diperlukan bahan ketiga seperti sabun yang ditambahkan untuk memperlambat pemisahan. Dalam hal yang sama, aspal keras dan air dicampur dengan menggunakan bahan pengemulsi untuk memperlambat pemisahan. Kecepatan reaksi sangat ditentukan oleh jumlah dan jenis bahan pengemulsi yang digunakan. Jika aspal emulsi *breaks up* maka warna aspal yang semula coklat berubah menjadi hitam.

Aspal emulasi menurut muatan listrik bahan pengemulsinya terdiri dari:

- a. Aspal Emulsi Kationik. Aspal emulsi jenis kationik (ion positif) cocok untuk jenis batuan yang mengandung ion negatif. Meskipun demikian, aspal kationik dapat digunakan untuk semua jenis batu.
- b. Aspal Emulsi Anionik. Aspal emulsi jenis anionik (ion negatif) cocok untuk jenis batu yang mengandung ion positif.

Aspal emulsi menurut kecepatan reaksinya terdiri dari:

1. Reaksi Cepat (*Rapid Setting*), memerlukan beberapa menit untuk *breaks up*. Contoh: RS
2. Reaksi Sedang (*Medium Setting*), memerlukan puluhan menit untuk *breaks up*. Contoh: MS
3. Reaksi Lambat (*Slow Setting*), memerlukan waktu berjam-jam untuk *breaks up*. Contoh: SS

### 3.2.2. Komposisi Aspal

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, dan logam lain, sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Secara garis besar unsur kimiawi yang terdapat dalam aspal terdiri dari:

- a. Carbon = 80 – 87%
- b. Hidrogen = 9 – 11%
- c. Oksigen = 2 – 8%
- d. Nitrogen = 0 – 1%
- e. Sulfur = 0,5 – 7%
- f. Logam berat = 0 – 0,5%

*Asphaltenes* terutama terdiri dari senyawa *hidrokarbon*, merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *n heptane*. *Asphaltenes* menyebar di dalam larutan yang disebut *maltenes*. *Maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat *adhesi* dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang seiring dengan umur jalan, sedangkan *oils* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan *resin*. *Maltenes* merupakan komponen yang mudah berubah sesuai perubahan temperatur dan umur pelayanan perkerasan jalan.

*Asphaltenes* sangat berpengaruh dalam menentukan sifat *reologi* bitumen, dimana semakin tinggi *asphaltenes*, maka bitumen akan semakin keras dan semakin kental, sehingga titik lembeknya akan semakin tinggi, dan menyebabkan harga penetrasinya semakin rendah. Selain itu *asphaltenes* merupakan komponen yang paling rumit diantara komponen penyusun aspal yang lainnya karena ikatan atau hubungan antar atomnya sangat kuat. Komposisi fraksional aspal di Indonesia dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3. 2 Komponen Fraksional Aspal di Indonesia (Sukirman, 2016)**

Komponen Fraksional Aspal	Aspal Penetrasi 60/70
<i>Asphaltenes</i> (%)	22,41

<i>Nitrogen Bases (%)</i>	24,90
<i>Accidafin I (A<sub>1</sub>) (%)</i>	14,50
<i>Accidafin II (A<sub>2</sub>) (%)</i>	18,97
<i>Parafin (%)</i>	19,22

### 3.2.3. Analisis Kadar Aspal Dalam Campuran

Analisis kadar aspal dalam campuran adalah proses untuk menentukan jumlah aspal yang terkandung dalam campuran aspal. Hal ini penting untuk memastikan bahwa campuran aspal agregat memiliki sifat-sifat mekanik dan fisik yang sesuai dengan persyaratan teknis dan lingkungan tempat campuran tersebut akan digunakan. Pada pengerjaan Rancangan Campuran Rencana (RCR) *slag* dan agregat (bila di perlukan) dapat di peroleh dari bin panas. Kemudian menetapkan bahan masing-masing fraksi *slag* dan agregat serta komposisi pengisi (apabila dibutuhkan) setara gradasi ragam campuran yang akan di buat. Perhitungan estimasi kadar aspal rancangan merupakan salah satu rumus guna menghitung asumsi kadar aspal rancangan adalah:

$$P_b = 0.035 \times (\%CA) + 0.045 \times (\%FA) + 0.18 \times (\%FF) + K \quad (3.1)$$

Keterangan:

$P_b$  = perkiraan kadar aspal terhadap campuran (%)

$CA$  = Kadar agregat yang tertahan saringan 2,36 mm (No. 8) %.

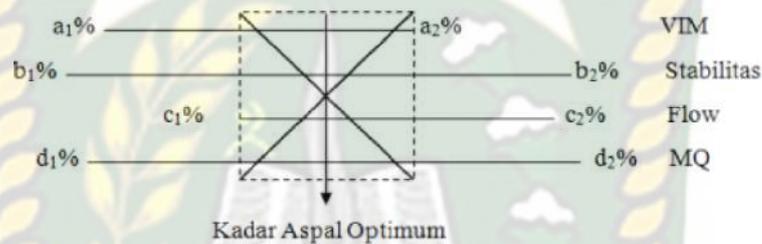
$FA$  = kadar agregat yang lolos saringan 2,36 mm (No. 8) dan tertahan saringan 0,075 mm (No. 200) %.

$FF$  = kadar agregat yang lolos saringan 0,075 mm (No. 200) %.

$K$  = Konstanta bernilai 0,5-1,0 untuk laston, konstanta bernilai 2,0 – 3,0 untuk laston

$K$  = 0-1,0%; tergantung pada penyerapan agregat.

Awal asumsi kadar aspal, di peroleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). KAO merupakan kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada lapis perkerasan, dimana persyaratan yang lainnya juga dipenuhi dengan semua spesifikasi sempurna. KAO di tetapkan sesudah pengujian *marshall* dengan menggunakan diagram hubungan antara sitatetknis campuran yang berpengaruh (VIM, stabilitas, *flow*, dan MQ) dengan persen kadar aspal dan menggunakan metode pita. Dalam menentukan kadar aspal optimum di pastikan sesuai dengan persyaratan batasan sifat-sifat teknis campuran, seperti terlihat pada ilustrasi

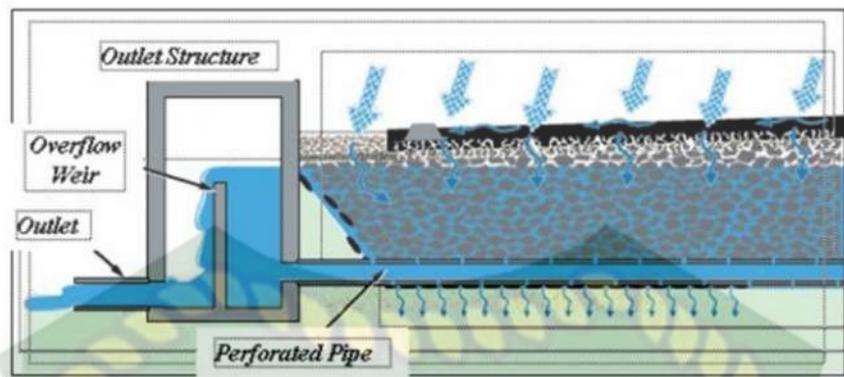


**Gambar 3. 4** Diagram Penentu Kadar Aspal Optimum (Sukirman, 2016)

### 3.3. Aspal Porus

Aspal porus (*Porous Asphalt*) merupakan campuran beraspal panas bergradasi terbuka dengan persentase agregat kasar yang besar, persentase agregat halus yang kecil, sehingga menyediakan rongga udara yang besar. Rongga udara ini diharapkan dapat meloloskan air jika hujan, sehingga air tidak tergenang di permukaan jalan (Diana ,1995). Kandungan rongga atau pori dalam jumlah yang besar, diharapkan menghasilkan kondisi permukaan agak kasar, sehingga akan mempunyai tingkat kekesatan yang tinggi.

Perkerasan aspal porus mempunyai sistem drainase ganda. Pengaliran air terlaksana lewat permukaan dan oleh lapisan itu sendiri, yakni melalui pori pori yang dimilikinya Pori-pori yang terdapat di dalam campuran memungkinkan air dapat langsung meresap masuk ke dalam lapisan, mengalir menuju ke bagian tepi badan jalan dan kemudian masuk ke saluran samping.



**Gambar 3. 5** Sistem Drainase Aspal Porus

Sumber : (Ghulam, dkk., 2017)

Kinerja campuran aspal porus bergantung terhadap karakteristik material yang digunakan, dan gradasi agregat. Penentuan gradasi dalam campuran adalah proses yang tidak mudah, karena berbagai penelitian menunjukkan bahwa gradasi agregat tidak selalu cocok dengan campuran beraspal *porous* apabila material dan metode produksi yang digunakan berbeda (Setyawan & Sanusi, 2008). Campuran aspal porus menggunakan gradasi terbuka agar memiliki rongga udara yang besar, dihindarkan diatas lapisan beraspal yang kedap. Campuran aspal porus dapat menjadi lapisan permukaan dari suatu struktur perkerasan lentur yang ramah lingkungan dan sangat baik digunakan di daerah parkir kendaraan, selanjutnya dikenal sebagai bagian dari struktur perkerasan berpori (Departemen Pekerjaan Umum Rancangan 2, 2015).

### 3.3.1. Kelebihan dan Kekurangan Aspal Porus

Aspal porus memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, (Setyawan & Sanusi, 2008), yaitu:

- A. Kelebihan penggunaan Aspal Porus :
  - a. Rongga yang terdapat pada aspal porus berfungsi untuk membantu mengalirkan air secara vertikal dan horizontal,
  - b. Memberikan ketahanan terhadap selip yang lebih besar.

- c. Dapat meredam kebisingan kendaraan 3 – 4 dB, di mana kebisingan tersebut diredam oleh pori - pori yang ada dalam Asphalt porus..
  - d. Dapat meningkatkan keselamatan bagi pengguna jalan.
  - e. Dapat mengurangi Aquaplaning apabila permukaan aspal basah akibat tingginya kadar pori dalam Aspal poros. Permukaan aspal poros sangat kasar dan kesat sehingga nilai *Skid Resistance* (tahanan geser) tinggi yang dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas berupa slipnya ban kendaraan di atas permukaan jalan.
- B. Kekurangan penggunaan aspal porus:
- a. Meningkatkan resiko pumping oleh lalu lintas
  - b. Kemungkinan bahaya desintegrasi perkerasan karena kurangnya interlocking.
  - c. Stabilitas aspal yang rendah. Peluang terjadinya pelapukan tinggi.

### 3.3.2. Gradasi Agregat Aspal Porus

Aspal Porus merupakan campuran aspal yang sedang dikembangkan untuk konstruksi *wearing course*. Campuran ini menggunakan gradasi terbuka (*open-graded*) yang didominasi campurannya oleh agregat kasar. Kinerja campuran aspal *porous* bergantung terhadap karakteristik material yang digunakan, dan gradasi agregat. Penentuan gradasi dalam campuran adalah proses yang tidak mudah, karena berbagai penelitian menunjukkan bahwa gradasi agregat tidak selalu cocok dengan campuran beraspal porus apabila material dan metode produksi yang digunakan berbeda (Setyawan & Sanusi, 2008).

**Tabel 3. 3 Gradasi Aspal Porus Standar Australia (*Australian Asphalt Pavemen Association, 2004*)**

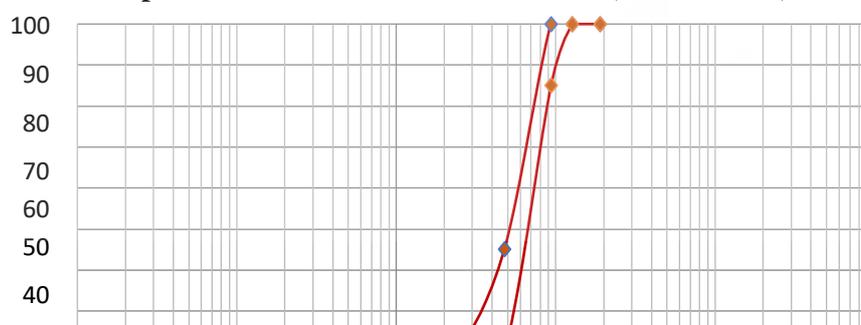
Ukuran (mm)	% Berat Yang Lolos	
	Ag. Maks. 10 mm	Ag. Maks. 14 mm
19,000	100	100
12,700	100	85 – 100

9,530	85 – 100	45 – 70
4,760	20 – 45	10 – 25
2,380	10 – 20	7 – 15
1,190	6 – 14	6 – 12
0,585	5 – 10	5 – 10
0,279	4 – 8	4 – 8
0,149	3 – 7	3 – 7
0,074	2 – 5	2 – 5
Total	100	100
Kadar Aspal	5,0 – 6,5	4,5 – 6,0

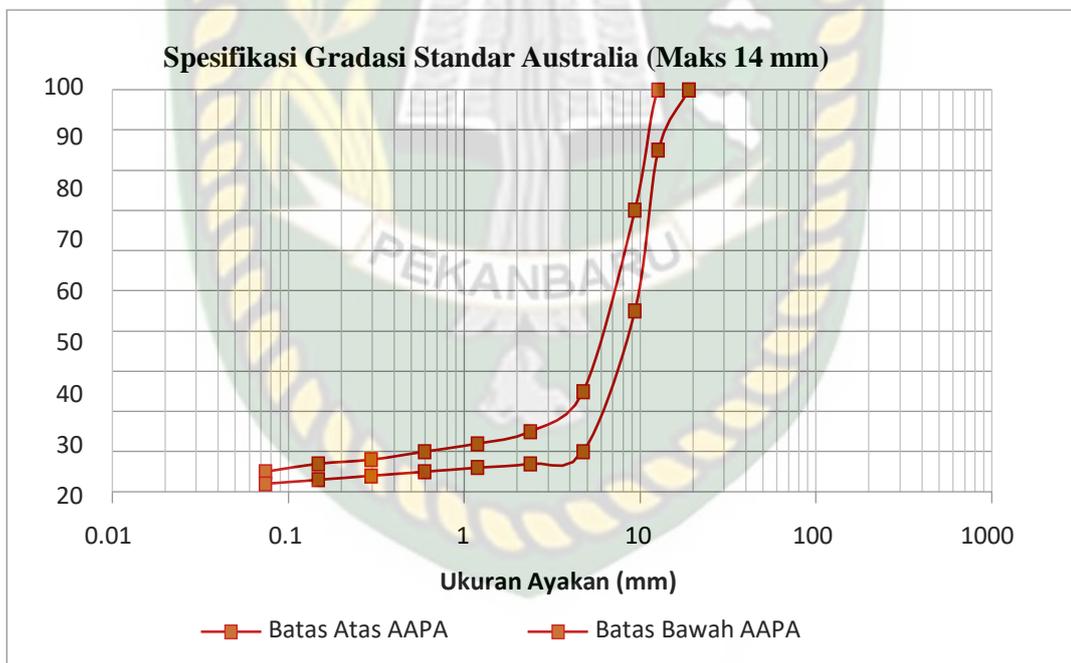
**Tabel 3.4 Spesifikasi Aspal Porus Standar Australia (Australian Asphalt Pavement Association, 2004)**

No	Kriteria Perencanaan		Spesifikasi Australia (Australian Asphalt Pavement Association, 2004)
1	Kadar Rongga Dalam Campuran (VIM)	%	18-25
2	Kadar Rongga Mineral Agregat (VMA)	%	Min 15
3	Stabilitas <i>Marshall</i>	Kg	Min 500
4	Kelelehan atau <i>Flow</i>	mm	2-6
5	Jumlah Tumbukan Perbidang		50
6	Penyerapan	%	3

**Spesifikasi Gradasi Standar Australia (Maks 10 mm)**



**Gambar 3. 6 Spesifikasi Gradasi Aspal Porus Standar Australia Untuk Ukuran Maksimal 10 mm**



**Gambar 3. 7 Spesifikasi Gradasi Aspal Porus Standar Australia Untuk Ukuran Maksimal 14 mm**

### 3.4. Agregat

Agregat adalah berupa batu pecah, krikil, pasir ataupun komposisi lainnya, baik hasil alam (*natural aggregate*), hasil pengolahan (*manufactured aggregate*) maupun agregat buatan (*syntetic aggregate*) yang digunakan sebagai bahan utama penyusun perkerasan jalan (Das'at Widodo, 1999). Fungsi agregat dalam campuran adalah menerima beban yang dipikul oleh perkerasan jalan. Agregat atau batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85 % agregat berdasarkan persentase volume. Agregat biasa digunakan dalam campuran beraspal dibagi dalam tiga kelompok yaitu agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) (Sukirman, 2016).

#### 3.4.1. Jenis – Jenis Agregat

Jenis - jenis Agregat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirnya.

##### 1. Berdasarkan Proses Terjadinya

Berdasarkan proses terjadinya agregat dibedakan atas :

##### a. Batuan Beku

Batuan batuan beku (*igneous rock*) adalah jenis agregat agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Batuan beku luar (*extrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus, dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku.

##### b. Batuan sedimen

Batuan sedimen (*sedimentary rock*) berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dsb.

##### c. Batuan *Metamorfik (Metamorphic Rocks)*

Batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur

kulit bumi. Contohnya seperti marmer, kwarsit, dan batuan metamorf yang *berfoliasi*, berlapis seperti batu sabak, filit, sekis.

## 2. Berdasarkan Pengolahannya

Berdasarkan pengolahannya agregat dapat dibedakan atas :

### a. Agregat siap pakai

Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses *erosi* dan *degradasi*. Agregat siap pakai sering disebut sebagai agregat alam.

### b. Agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai

Agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai, adalah agregat yang diperoleh di bukit-bukit, di gunung-gunung, ataupun di sungai-sungai ditemui dalam bentuk masif, sehingga perlu dilakukan pemecahan dahulu supaya dapat di angkat ke tempat mesin pemecah batu.

## 3. Berdasarkan ukuran butirnya

Menurut Dirjen Bina Marga (2016) berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas:

- a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (= 4,75 mm) dan lebih kecil dari ayakan 1½ inci.
- b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (= 4,75 mm) dan maksimum yang lolos ayakan No.200 (=0,075 mm) adalah 10%.

### 3.5. Bahan Penggisi (*Filler*)

*Filler* adalah bahan pengisi pada pembuatan campuran aspal dan harus lolos pada saringan No. 200 dan tidak kurang dari 75% dari beratnya (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018b). Fungsi dari *filler* adalah untuk meningkatkan viskositas aspal dan untuk mengurangi kepekaan terhadap temperatur. Hasil penelitian umumnya menunjukkan bahwa meningkatnya jumlah bahan pengisi (*filler*) cenderung akan meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga dalam campuran.

**Tabel 3. 4 Spesifikasi Filler Aspal** (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Saringan	% Lolos
0,600 (No.30)	100
0,300 (No.50)	90 – 100
0,075 (No.200)	75 – 100

### 3.6. Pengujian Sifat dan Mekanis Material

Dilakukan pengecekan terhadap material yang akan di pergunakan sebagai bahan pembuatan campuran contoh sampel, supaya dapat di ketahui sifat sifat pada material baik itu untuk agregat ataupun aspal. Pengujian agregat yang di lakukan yaitu sebagai berikut (Bina Marga, 2010):

#### 1. Pemeriksaan Agregat

Mutu agregat yang akan di gunakan sebagai bahan perkerasan jalan di tentukan melalui serangkaian pengujian sebagai berikut:

##### a. Analisa saringan,

Menentukan pembagian butiran agregat dengan menggunakan saringan. Dilakukan penyaringan (gradasi) agregat kasar, agregat halus, dan *filler*.

##### b. Berat Jenis Agregat.

1) Berat jenis agregat kasar dengan rumus menurut SNI 03-1969-1990 sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (3.3)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (3.4)$$

$$\text{Berat Jenis Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gram)

Ba = Berat benda uji di dalam air (gram)

- 2) Berat jenis agregat halus dengan rumus menurut SNI 03-1970-1990 sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \quad (3.6)$$

$$\text{Berat jenis permukaan} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \quad (3.7)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.8)$$

$$\text{Berat jenis penyerapan} = \left[ \frac{500-Bk}{Bk} \right] \times 100\% \quad (3.9)$$

Keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gram).

B = Berat piknometer berisi air (gram).

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram).

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram).

- 3) Berat jenis bulk gabungan:

$$\text{Bulk} = \frac{100}{\frac{\%Ca}{Bj.Bulk Ca} + \frac{\%Ma}{Bj.Bulk Ma} + \frac{\%Fa}{Bj.Bulk Fa} + \frac{\%Fs}{Bj.Bulk Fs}} \quad (3.10)$$

- 4) Berat jenis semu gabungan:

$$\text{Apparent} = \frac{100}{\frac{\%Ca}{Bj.Semu Ca} + \frac{\%Ma}{Bj.Semu Ma} + \frac{\%Fa}{Bj.Semu Fa} + \frac{\%Fs}{Bj.Semu Fs}} \quad (3.11)$$

- 5) Berat jenis efektif:

$$\text{Efektif} = \frac{Bj. Bulk Campuran + Bj. Semu Campuran}{2} \quad (3.12)$$

### 3.7. Gondorukem (*Resina colophonium*)

Indonesia menjadi negara ketiga terbesar setelah RRC dan Brazil menyumbangkan lebih dari 8% produksi gondorukem dunia ( $\pm 55.000$ ). Gondorukem (*resina colophonium*) adalah hasil olahan dari getah pohon pinus (Pinus Merkusi). Gondorukem berbentuk padatan berwarna kuning kecoklatan, sedangkan minyak terpentin berwujud cairan putih bening. Rosin atau gondorukem merupakan asam organik alkyl tricyclic tak jenuh yang berasal dari derivat alam. Komponen senyawa utama dari rosin adalah asam abietat dan asam pimaric yang

memiliki sifat amfipatik yaitu mempunyai gugus karboksil yang bersifat hidrofilik dan molekul tricyclic yang bersifat hidrofobik (Wiyono, 2009). Gondorukem digunakan pula sebagai bahan perekat yang berfungsi sebagai tackifier, pemacu perekatan (adhesion promoter) atau pemacu kekentalan (viscosity promoters) untuk memperbaiki sifat-sifat produk akhir (Coppen dkk., 1995).

Gondorukem bahan yang berharga murah dan merupakan resin natural didapat dari hasil destilasi/ penyulingan dari getah pinus dan berupa padatan berwarna kuning jernih sampai kuning tua. Kualitas getah akan menentukan kualitas dan rendemen gondorukem (*resina colophonium*) yang dihasilkan. Gondorukem (*resina colophonium*) mengandung 70 –75% Gondorukem, 20-25% terpentin (B.Elvers, 1993).

Dengan perkembangan teknologi industri, gondorukem (*resina colophonium*) digunakan sebagai bahan paper size, additive, printing ink, industri permen karet, industri ban, unsur inti dalam pembuatan logam, pengosok biola, pembuatan bahan atap, dan penggunaan lainnya yang semakin banyak dari waktu ke waktu. (Buku Panduan Prosesing Gondorukem dan Terpentin – Devisi Industri Perum Perhutani).



**Gambar 3. 8** Gondorukem (*resina colophonium*) bentuk bongkahan sebelum di haluskan (Dokumentasi Peneliti,2024)



**Gambar 3. 9** Gondorukem (*resina colophonium*) setelah di haluskan  
(Dokumentasi Peneliti,2024)

**Tabel 3. 5** Kualitas Mutu Gondorukem (Badan Standardisasi Nasional, 2001)

Spesifikasi	Standard			
	X	WW	WG	N
1. Titik lunak metode ring & ball	>780 C	>780 C	>760 C	>740 C
1. Uji Warna dengan Lovibond	sesuai contoh	sesuai contoh	sesuai contoh	Sesuai contoh
2. Kadar Kotoran	< 0.02%	< 0.05%	< 0.07%	< 0.10%
3. Bilangan Asam (Acid Value)	160 – 190			
4. Bilangan Penyambunan (Saponification Value)	170 – 220			
5. Bilangan Iod (Iodine Value)	5 - 25			
6. Kadar Abu (Ash Content)	< 0.01%	< 0.04%	< 0.05%	< 0.08%
7. Kadar Terpenting Tersisa (Volatile Oil Content)	< 2%	< 2%	< 2.5%	< 3%
Keterangan :				
X (Rex) = Warna yang paling jernih				
WW (Water White) = Warna yang beningnya seperti air				
WG (Window Glass)= Warna bening seperti kaca jendela				
N (Nancy) = Warna kuning- kecoklat coklatan				

### 3.8. Pengujian *Marshall*

Konsep *Marshall test* dikembangkan oleh Bruce *Marshall*, seorang insinyur perkerasan pada *Mississippi State Highway*. Pada tahun 1948 *US Cops of Engineering* meningkatkan dan menambah beberapa kriteria pada prosedur testnya, terutama kriteria rancangan campuran. Sejak itu test ini banyak diadopsi oleh berbagai organisasi dan pemerintahan di banyak negara, dengan beberapa modifikasi prosedur atau pun interpretasi terhadap hasilnya.

Parameter penting yang ditentukan pengujian ini adalah beban maksimum yang dapat dipikul briket sampel sebelum hancur atau *marshall stability* dan jumlah akumulasi *deformasi* sampel sebelum hancur yang disebut *marshall flow*. Dan juga turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *marshall stability* dan *marshall flow* disebut *marshall quotient*, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (*pseudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen (Shell Bituman, 1990). Parameter lain yang penting adalah analisis *void* yang terdiri dari *Void In the Mix* (VIM), *Void in Material Aggregate* (VMA), *Void Filled with Bitumen* (VFB) yang ditentukan pada kondisi standar (2x75).

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, sedangkan *flowmeter* digunakan untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji untuk pengujian *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Kinerja aspal beton padat ditetapkan melalui pengujian benda uji, yaitu (Burch dan Grudnitski dalam (Fauzi, 2019):

1. Pengujian nilai stabilitas, merupakan kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis.
2. Pengujian kelelahan (*flow*), yaitu besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
3. Perhitungan Kuosien *Marshall*, adalah perbandingan antara stabilitas dan *flow*.
4. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM, VMA, dan VFA).

5. Perhitungan tebal selimut atau film aspal.

Parameter penting yang ditentukan pengujian ini adalah beban maksimum yang dapat dipikul beton aspal padat sebelum hancur atau *Marshall Stability* dan jumlah akumulasi deformasi sampel hancur yang disebut *Marshall Flow*. Dan juga turunan dari keduanya yang merupakan nilai kekakuan berkembang yang menunjukkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen. Dari keenam pengujian yang umum dilakukan untuk menentukan kinerja beton aspal, hanya nilai stabilitas dan *flow* yang ditentukan dengan menggunakan alat *marshall*, sedangkan parameter lainnya ditentukan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan. Tujuan dari pengujian *marshall* adalah:

1. Menjadi penjamin mutu bahan.
2. Bagian dari penelitian karakterisasi beton aspal.
3. Bagian dari proses perancangan campuran beton.

Sebelum benda uji di siapkan perlu di pastikan tujuan pengujian di lakukan, karena Proses pembuatan benda uji *marshall* dapat berbeda-beda sesuai tujuan mengapa uji *marshall* di lakukan. Secara garis besar pengujian *marshall* meliputi sebagai berikut:

1. Pembuatan benda uji.
2. Uji berat jenis *bulk*.
3. Uji nilai stabilitas dan *flow*.
4. Perhitungan sifat volumetrik benda uji. Tata cara dan Proses pelaksanaan

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat di ukur dari sifat-sifat *marshall* yang di tunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas (*Stability*) merupakan kemampuan lapis keras agar dapat menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atas nya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding dinyatakan dalam satuan kg atau lb (Yusnianti et al., 2023). Nilai stabilitas di dapat dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*. Berikut merupakan rumus dari stabilitas :

$$Stability = O \times E' \times Q \quad (3.13)$$

Dimana:

*Stability* = Stabilitas *Marshall* (kg)

O = Pembajaan arloji stabilitas (lbf)

E' = Angka kolerasi volume benda uji

Q = Kalibrasi alat *Marshall*

## 2. Rongga Dalam Agregat atau *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga Dalam Agregat atau *Void in Mineral Aggregate* adalah rongga udara antara butir agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang merupakan persen volume rongga di dalam agregat yang terisi oleh aspal, dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Nilai VMA berbanding lurus dengan nilai VIM. Nilai VMA didapatkan untuk mengetahui rongga yang terdapat didalam campuran. VMA dapat dihitung melalui 2 cara yaitu:

- a. Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat beton aspal padat. maka menggunakan rumus :

$$VMA = \left( 100 - \frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}} \right) \% \text{ Dari volume bulk beton aspal} \quad (3.14)$$

Dengan:

VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat

$G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

$P_s$  = Kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat.

$G_{sb}$  = Berat jenis bulk dari agregat pembentuk beton aspal padat.

- b. Jika komposisi campuran di tentukan sebagai persentase dari berat agregat, maka menggunakan rumus:

$$VMA = \left( 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_{a1}} 100 \right) \% \text{ volume bulk aspal} \quad (3.15)$$

Dengan:

VMA= Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat.

$G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat.

$Pa_1$  = Kadar agregat, % terhadap berat agregat.

$Gsb$  = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

### 3. Rongga Dalam Campuran atau *Void In the Mix* (VIM)

VIM merupakan persentasi rongga yang terdapat di dalam rongga campuran. VIM diperlukan guna tempat Bergeraknya butir-butir agregat, karena pemadatan tambahan oleh repitisi beban lalu lintas, atau tempat aspal akan menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kedapannya airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami bleeding jika temperatur meningkat. Rumus mencari sebagai berikut:

$$VIM = \left( 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \times \text{dari volume bulk beton aspal} \quad (3.16)$$

Dengan:

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat.

$G_{mm}$  = Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum di padatkan (tanpa pori/udara).

$G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat.

### 4. Kelelehan (*Flow*)

*Flow* adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Kelelehan menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelehan tinggi serta stabilitas rendah diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tetapi bila campuran dengan angka kelelehan rendah dan stabilitas tinggi di bawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan. Nilai *flow* dapat dibaca menggunakan *flow* meter, nilai *flow* digunakan untuk mengukur deformasi yang terjadi akibat beban, dengan menempatkan benda uji pada alat *marshall*, dan beban diberikan kepada

benda uji dengan kecepatan 2inci/menit atau 51 mm/menit. Nilai stabilitas merupakan nilai arLoji pengukur dikalikan dengan kalibrasi *proving ring* dan dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian atau volume benda uji.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB IV

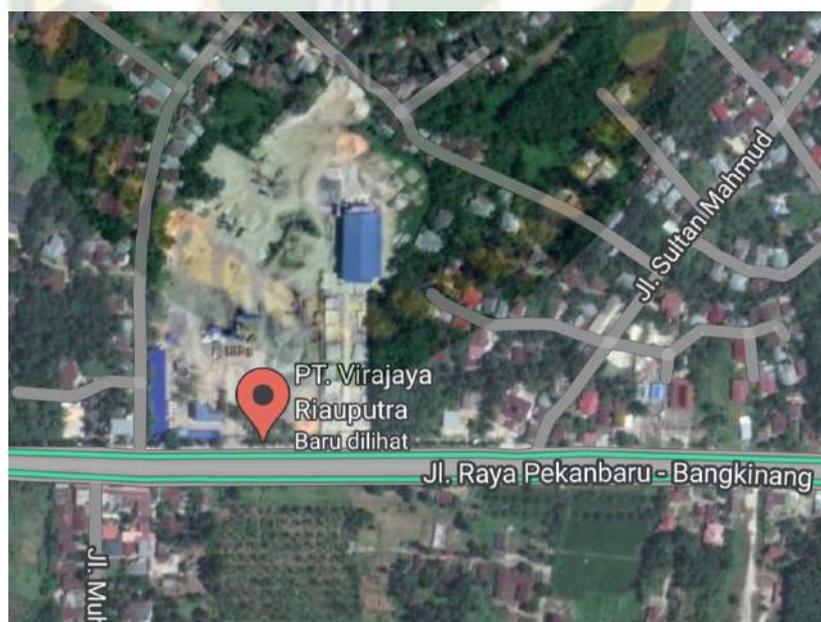
### MOTEDE PENELITIAN

#### 4.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu peneliti melakukan seluruh rangkaian kegiatan penelitian dimulai dari persiapan agregat, pemeriksaan agregat, selanjutnya analisa saringan, berat jenis, pembuatan briket KAO, penentuan KAO, dan pembuatan benda uji dengan penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) sebagai pengganti sebagian aspal dilanjutkan dengan pengujian *Marshall* untuk mendapatkan data dan kemudian data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan spesifikasi yang ada.

#### 4.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Aspal PT. Virajaya Riauputra yang berlokasi di Jl. Raya Pekanbaru – Bangkinang, Desa Kualu Nenas, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.



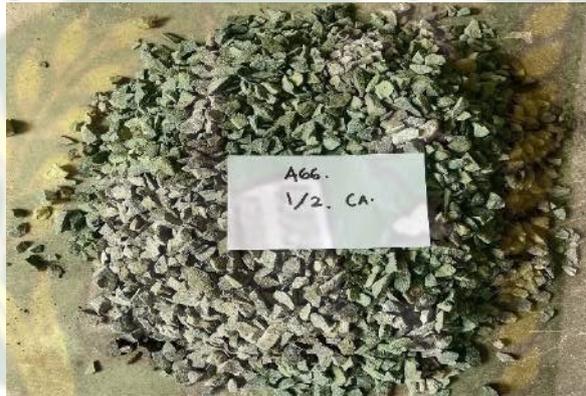
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian ( Dokumentasi Peneliti, 2024)

### 4.3. Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang di gunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

#### 1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah adalah material yang terdiri dari batuan atau kerikil yang berperan untuk memberikan kekuatan dan stabilitas pada campuran aspal (Suhendra, 2014). Agregat kasar pada penelitian ini berukuran 1/2 cm milik PT. Virajaya Riauputra yang berasal dari Pangkalan, Kabupaten Kampar.



**Gambar 4. 2** Agregat 1/2 ( Dokumentasi Peneliti, 2024 )

#### 2. Agregat Sedang (*Medium*)

Agregat medium adalah material dengan ukuran yang berada di antara agregat halus dan agregat kasar, pada penelitian ini agregat medium yang digunakan material milik PT.Virajaya Riauputra yang berasal dari pangkalan, Kabupaten Kampar.



**Gambar 4. 3** Agregat Medium ( Dokumentasi Peneliti,2024)

### 3. Abu Batu

Abu batu adalah material berbutir halus berfungsi sebagai bahan pengisi rongga-rongga dalam campuran Aspal. Pada penelitian ini abu batu yang digunakan material milik PT.Virajaya Riauputra yang berasal dari Pangkalan, Kabupaten Kampar.



**Gambar 4. 4** Abu Batu ( Dokumentasi Peneliti, 2024)

### 4. Aspal Penetrasi 60/70

Aspal adalah campuran bitumen sebuah cairan perekat yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi di gunakan digunakan untuk pembuatan lapisan permukaan jalan (Muslimin & Rudi, 2023). Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70 milik PT.Virajaya Riauputra yang berasal dari PT. Rabana Aspalindo.



**Gambar 4. 5** Aspal Penetrasi 60/70 ( Dokumentasi Peneliti, 2024)

5. Gondorukem (*Resina colophonium*)

Gondorukem (*resina colophonium*) berasal PT. Jaya Mandiri Pinus. Proses pengolahan yang dilakukan oleh peneliti adalah dengan cara Gondorukem (*resina colophonium*) di tumbuk hingga halus lalu di panaskan hingga mencair.



**Gambar 4. 6** Gondorukem (*resina colophonium*) bentuk bongkahan sebelum di haluskan dan Gondorukem setelah di haluskan (Dokumentasi Peneliti, 2024)

#### 4.4. Peralatan Penelitian

Peralatan penelitian adalah berbagai macam alat yang digunakan oleh peneliti untuk melakukan penelitian, mengumpulkan data, menganalisis sampel, serta memperoleh hasil. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu Set Saringan

Satu set saringan adalah kumpulan saringan dengan ukuran jaring berbeda yang digunakan untuk memisahkan dan mengklasifikasikan berdasarkan ukuran agregat. Agregat yang lolos dari setiap saringan akan diubah dalam bentuk persentase dan direpresentasikan dalam bentuk grafik gradasi agregat. Untuk satu set saringan mencakup berbagai ukuran saringan yaitu 1', 3/4", 1/2", 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200.



**Gambar 4. 7** Saringan ( Dokumentasi Peneliti,2024)

2. Pan dan cover (penutu Agregat yang lolos dari setiap saringan akan diubah dalam bentuk persentase dan direpresentasikan dalam bentuk grafik gradasi agregat).

**Gambar 4. 8** Pan dan Cover (Penutup) (Dokumentasi Penelitian,2024)

3. Timbangan Digital  
Timbangan digital adalah jenis timbangan yang menggunakan teknologi sensor elektronik pada penelitian ini timbangan digital untuk menimbang berat agregat dengan tingkat ketelitian 0,1 gram dari berat benda uji.



**Gambar 4. 9** Timbangan Digital (Dokumentasi Peneliti,2024)

4. Cawan  
Cawan adalah jenis wadah atau bejana yang digunakan untuk tempat agregat yang akan dilakukan pengujian. Cawan terbuat dari aluminium yang tahan terhadap suhu tinggi dan bahan kimia.



**Gambar 4. 10** Cawan (Dokumentasi Peneliti,2024)

5. Kuas

Kuas digunakan untuk membersihkan segala peralatan yang di pergunakan selama pengujian.



**Gambar 4. 11** Kuas (Dokumentasi Peneliti,2024)

6. Kompor

Kompor adalah perangkat yang digunakan untuk memasak. Dalam penelitian ini kompor digunakan untuk memanaskan agregat hingga mencapai suhu yang di tentukan.



**Gambar 4. 12** Kompor (Dokumentasi Peneliti,2024)

#### 7. Terometer

Terometer adalah untuk mengecek suhu dalam proses pemanasan agregat.



**Gambar 4. 13** Termometer (Dokumentasi Peneliti,2024)

#### 8. Sikat

Sikat dalam penelitian ini digunakan sebagai pembersih benda uji.



**Gambar 4. 14** (Dokumentasi Peneliti,2024)

#### 9. Oven

Oven dalam penelitian ini digunakan sebagai alat pemanas dan pengering agregat.



**Gambar 4. 15** Open (Dokumentasi Peneliti,2024)

10. Sarung Tangan

Sarung tangan adalah perlengkapan pelindung yang digunakan untuk melindungi tangan dari berbagai bahaya yang terjadi selama penelitian di laboratorium.



**Gambar 4. 16** Sarung Tangan (Dokumentasi Peneliti,2024)

11. Plastik 3 Kg

Plastik 3 kg dalam penelitian ini digunakan sebagai tempat untuk penyimpanan agregat yang sudah timbang sesuai dengan campuran agregat.



**Gambar 4. 17** Plastik 3 kg (Dokumentasi Peneliti,2024)

## 12. Timbangan Neraca

Timbangan neraca adalah alat yang digunakan untuk mengukur benda uji dengan tingkat ketelitian 0,1. Dalam penelitian ini neraca digunakan sebagai alat menimbang berat benda uji.



**Gambar 4. 18** Neraca (Dokumentasi Peneliti,2024)

## 13. Besi Pemberat

Besi pemberat adalah benda yang terbuat dari besi dan digunakan untuk memberikan massa tambahan atau beban pada timbangan nerca.



**Gambar 4. 19** Besi Pemberat (Dokumentasi Peneliti,2024)

## 14. Waterbath atau Bak Perendam

Water bath atau bak perendam adalah alat yang digunakan di untuk memanaskan sampel dengan cara merendamnya dalam air pada suhu yang terkontrol. Pada penelitian ini sampel direndam dalam waterbath atau bak perendam pada suhu 60°C



**Gambar 4. 20** Waterbath atau Bak Perendam (Dokumentasi Peneliti,2024)

#### 15. Koran

Koran dalam penelitian ini digunakan sebagai alat pengering permukaan pada benda uji menggunakan koran karena koran terbuat dari kertas yang memiliki daya serap tinggi sehingga dapat dengan efektif menyerap kelembapan dari permukaan benda uji aspal.



**Gambar 4. 21** Koran (Dokumentasi Peneliti,2024)

#### 16. Kertas Alas Bentuk Lingkaran

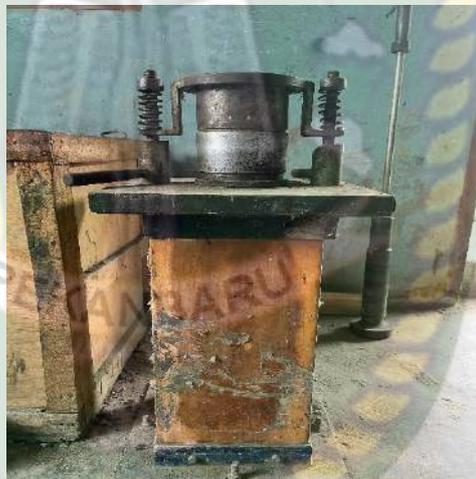
Kertas alas bentuk lingkaran digunakan sebagai alas campuran aspal pada saat pemadatan dengan menggunakan alat *compactor*.



**Gambar 4. 22** Kertas Alas Bnetuk Lingkaran (Dokumentasi Peneliti,2024)

17. *Compactor* atau Alat Penumbuk

*Compactor* atau alat penumbuk adalah alat yang digunakan untuk memadatkan benda uji. Tumbukan yang dilakukan peneliti sebanyak 50 x 2 tumbukan untuk setiap benda uji.



**Gambar 4. 23** *Compactor* atau Alat Penumbuk (Dokumentasi Peneliti,2024)

18. *Mold* atau Cetakan

*Mold* atau cetakan aspal, adalah alat yang digunakan untuk membentuk sampel campuran aspal menjadi bentuk sampel uji.



**Gambar 4. 24** *Mold* atau Cetakan (Dokumentasi Peneliti,2024)

19. Wadah Plastik

Wadah dalam penelitian ini digunakan untuk meletakkan material yang akan digunakan.



**Gambar 4. 25** Wadah Plastik (Dokumentasi Peneliti,2024)

20. Tabung Gas LPG

Tabung gas digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan nyala api pada tungku atau burner pada kompor.



**Gambar 4. 26** Tabung Gas LPG Dokumentasi Peneliti,2024)

### 21. Palu

Palu pada penelitian ini digunakan sebagai alat pemecah bongkahan gondorukem (*Resina colophonium*) menjadi gondorukem (*Resina colophonium*) yang halus.



**Gambar 4. 27** Palu (Dokumentasi Peneliti,2024)

### 22. Alat Pengeluar Benda Uji atau Extruder

Alat pengeluar benda uji atau extruder adalah alat yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji dari dalam cetakan atau mould dengan cara mendorongnya menggunakan dongkrak.



**Gambar 4. 28** Alat Pengeluar Benda Uji atau Extruder (Dokumentasi Peneliti,2024)

### 23. Spatula atau sendok

Spatula digunakan untuk mempermudah pada saat pengadukan agregat yang sedang dipanaskan agar suhu bisa stabil pada proses pencampuran agregat dengan aspal.



**Gambar 4. 29** Spatula atau Sendok (Dokumentasi Peneliti,2024)

#### 24. Sekop

Sekop pada penelitian ini adalah alat yang digunakan untuk mengangkat, dan memindahkan agregat kasar, agregat halus dan abu batu dan diletakkan ke dalam wadah.



**Gambar 4. 30** Sekop (Dokumentasi Peneliti,2024)

#### 25. Termometer Air Raksa

Termometer air raksa adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu dengan menggunakan (air raksa) sebagai bahan pengisi yang mengembang dan menyusut dengan perubahan suhu. Pada penelitian ini termometer air raksa berguna untuk mengukur suhu air di

waterbath (bak air), termometer air raksa dapat memberikan pengukuran yang akurat dan stabil.



**Gambar 4. 31** Termometer air raksa (Dokumentasi Peneliti,2024)

#### 26. Kerucut Pancung (Cetakan)

Kerucut pancung dan besi pada penelitian ini berfungsi sebagai alat uji berat agregat halus.



**Gambar 4. 32** Kerucut Pancung (Doukemtasi Peneliti,2024)

### 1.4.1 Peralatan Pengujian Analisa Saringan

Peralatan pengujian analisa saringan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. Saringan satu set dari ukuran saringan dari ukuran saringan 1',  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200.

2. Pan dan cover.
3. Timbang benda uji dengan ketelitian 0,1 gram.
4. Oven yang memiliki kontrol suhu.
5. Kuas
6. Sikat
7. Wadah aluminium

#### 1.4.2 Peralatan Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis agregat adalah prosedur yang digunakan untuk menentukan berat jenis atau densitas relatif agregat. Dengan menggunakan metode dan peralatan yang tepat, dapat dihasilkan data yang akurat. Tujuan dari pengujian berat jenis agregat ini adalah untuk mendapatkan nilai berat jenis efektif terhadap campuran aspal. Berikut ini adalah peralatan yang digunakan untuk menguji berat jenis:

1. Peralatan Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Medium
  - a. Timbangan neraca yang dilengkapi dengan tali penggantung untuk mengikat benda uji dalam air.
  - b. Keranjang kawat.
  - c. Saringan No.4 dan No.8
  - d. Koran
  - e. Oven yang memiliki control suhu
  - f. Cawan
2. Peralatan Pengujian Abu Batu
  - a. Timbangan benda uji dengan ketelitian 0,1 gram.
  - b. Saringan No.8.
  - c. Koran
  - d. Sendok pengaduk dan wadah
  - e. Kerucut pancung dan cetakan
  - f. Batang pematat

#### 4.4.3 Peralatan Pemecahan Gondorukem (*resina colophonium*)

Peralatan yang digunakan untuk pemecagan gondorukem (*resina colophonium*) menjadi halus sebelum di panaskan adalah :

1. Plastic 3 kg
2. Botol (Wadah)
3. Palu

#### 4.4.4 Peralatan Pembuatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kompor
2. Gas
3. Cawan Aluminium
4. Timbangan digital
5. Spatula
6. Termometer
7. Besi Pematik
8. Alat pengeluar benda uji (extruder) dari cetakan mold
9. *Mould* atau cetakan benda uji
10. Sarung tangan
11. Kertas alas bentuk lingkaran

#### 4.4.5 Peralatan Pengujian *Marshall*

Peralatan yang digunakan untuk pengujian marshall pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin tekan lengkap dengan alat pembacanya
2. Kepala penekan.
3. Cincin penguji.
4. Arloji kelelahan.
5. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
6. Timbangan neraca dengan ketelitian 0,1 gram yang dilengkapi penggantungan benda uji dan bak air.

#### 4.5. Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan terdapat beberapa tahap yasebagai berikut :

1. Memulai dengan Studi Literatur

Studi literatur merupakan tinjauan literatur yang mengacu pada proses membaca, menganalisa dan memahami jurnal atau buku-buku yang terkait dengan penelitian.

2. Persiapan Alat

Dalam penelitian persiapan alat yang baik dapat membantu menghindari kegagalan selama masa penelitian. Alat yang disiapkan dengan benar dapat memberikan hasil yang lebih akurat. Termasuk dengan memeriksa kalibrasi alat, membersihkan peralatan, dan memeriksa kelengkapan dan keadaan fisik alat sebelum digunakan.

3. Persiapan Bahan Uji

Persiapan bahan uji pada penelitian ini, meliputi mempersiapkan bahan dan material untuk penelitian, dan pengisian data serta persiapan blanko. Bahan yang diperlukan pada penelitian ini yaitu agregat, aspal dengan penetrasi 60/70 dan Gondorumen (*Resina Colophonium*).

4. Pengujian Sifat Fisik Mekanis Agregat

1. Analisa saringan
2. Berat jenis dan penyerapan

5. Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

6. Perancangan Campuran aspal porus menggunakan spesifikasi AAPA 2004.

7. Pembuatan Briket untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Benda uji pada penelitian ini dibuat dengan campuran aspal yang direncanakan. Untuk varian kadar aspal yang akan dicoba sebanyak 5 variasi persentase dan untuk masing-masing varian kadar aspal dibuat 3 sampel. Dengan demikian, total briket benda uji untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 15 sampel.

8. Pengujian *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)  
Pengujian *marshall* bertujuan untuk memperoleh nilai Stabilitas, *Flow*, Densitas, VIM, VMA, VFA.
9. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)  
Setelah semua sampel telah selesai dibuat, langkah selanjutnya yang akan dilakukan yaitu, penentuan kadar aspal optimum dengan pengujian *marshall* untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO).
10. Pembuatan Benda Uji dengan Gondorukem (*Resina Colophonium*).  
Setelah kadar aspal optimum didapatkan, tahap selanjutnya yaitu pembuatan benda uji dengan Gondorukem (*Resina Colophonium*) sebagai pengganti Sebagian kadar aspal pada campuran aspal porus dengan persentase campuran 0%, 8%, 10%, 12% dan 14%. Untuk setiap varian persentase benda uji sebanyak 3 sampel. Dengan demikian, total benda uji untuk karakteristik *Marshall* adalah 15 sampel
11. Pengujian *Marshall* untuk Benda Uji dengan Gondorukem (*Resina Colophonium*) sebagai pengganti Sebagian kadar aspal pada campuran aspal porus. Pengujian *marshall* untuk benda uji dengan bertujuan untuk memperoleh nilai VMA, VIM, VFA, Kelelehan (*flow*), Stabilitas.
12. Hasil dan Analisa Data  
Setelah melakukan pengujian *marshall* maka mendapat hasil penelitian dan menganalisa benda uji.
13. Kesimpulan dan saran  
Kesimpulan dan saran akan didapat setelah pengujian benda uji selesai dilakukan dan hasil analisa telah didapatkan, sehingga dapat dilihat pengaruh penggunaan gondorukem (*Resina Colophonium*) sebagai pengganti sebagian aspal pada aspal porus terhadap karakteristik *marshall*.

#### 4.4.1. Pengujian Material

Tujuan dari pengujian dan pemeriksaan material-material yang di gunakan untuk bahan campuran ialah agar dapat mengetahui sifat-sifat material, baik untuk agregat maupun aspal. Berikut tahapan dalam pengujian material:

1. Analisa saringan

Analisa saringan adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Tujuan dari analisa saringan yaitu guna memperoleh gradasi agregat kasar, sedang (*medium*), halus, dan pasir dengan menggunakan saringan. Pengujian ini mengacu pada (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2008).

Analisa saringan ada 2 macam yaitu analisa saringan kering dan analisa saringan basah. Pada penelitian kali ini, sejumlah agregat, dikeringkan terlebih dahulu, lalu beratnya di timbang. Lalu di guncang dengan cara mekanis di dalam seperangkat saringan yang disusun dari terbesar paling atas, hingga berurut terkecil dibawahnya. Kemudian mengayak sampel (Agregat halus) yang ada di dalamnya dalam waktu tertentu.

2. Berat jenis

Berat jenis agregat merupakan suatu perbandingan antara berat volume agregat dan volume air pada *temperature* 20°-25°C. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal. Karena pada umumnya di rencanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyak pori.

- a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Agregat Sedang

Pada pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat sedang kali ini memakai (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2008).

Pada pengujian ini, alat yang digunakan adalah timbangan manual. Ketika menggunakan timbangan ini, timbangan harus diseimbangkan terlebih dahulu sebelum menimbang agregat agar hasilnya akurat. Adapun tahapan dari berat jenis agregat kasar :

- 1) Benda uji dikeringkan menggunakan oven hingga mencapai berat konstan lalu dinginkan pada suhu ruangan kemudian direndam dalam air selama 24 jam.
- 2) Setelah direndam, benda uji dihamparkan sampai kering permukaan.
- 3) Timbang berat agregat di udara menggunakan timbangan neraca.
- 4) Sesudah agregat ditimbang di udara, timbang lagi agregat didalam air menggunakan keranjang.
- 5) Setelah ditimbang di dalam air, ambil agregat dan dimasukkan kedalam oven dan dikeringkan selama 24 jam.

1) Setelah 24 jam di dalam oven, keluarkan dan timbang beratnya

b. Pengujian berat jenis agregat halus

Tujuan dari pengujian berat jenis agregat halus ini adalah untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry* (SSD) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat halus.

Pengujian berat jenis agregat halus menggunakan timbangan digital guna untuk mengetahui keadaan kering permukaan jenuhnya dengan cara mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung. Air sangat berpengaruh, sehingga ikatan antara aspal dan agregat menjadi lebih baik. Tahapan pengujian berat jenis agregat halus antara lain:

- 1) Benda uji dikeringkan menggunakan oven, hingga mencapai berat konstan, kemudian dinginkan pada suhu ruangan lalu direndam dalam air selama 24 jam.
- 2) Kemudian Setelah direndam, air perendaman di buang secara perlahan, lalu di hamparkan diatas talam dan di keringkan dengan cara membalikan agregat hingga kering jenuh permukaan.

- 3) Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan memasukkan benda uji kedalam kerucut terpancung.
- 4) Masukkan 500 gram benda uji dan air suling hingga 90% kedalam piknometer kemudian putar sambil menggoyangkan piknometer hingga tidak terlihat lagi gelembung udara didalamnya.
- 5) Piknometer yang berisi air di timbang.
- 6) Setelah ditimbang keluarkan benda uji lalu keringkan dalam oven mencapai berat tetap.
- 7) Setelah dingin, timbang benda uji.

#### 4.4.2. Pengolahan Gondorukem (*Resina colophonium*)

Pengolahan gondorukem (*Resina colophonium*) dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu

1. Pengumpulan Gondorukem (*Resina colophonium*)

Gondorukem (*Resina colophonium*) adalah salah satu bahan alami yang berasal dari getah pohon pinus. Langkah pertama dalam pengolahan gondorukem adalah pemanenan getah dari pohon pinus. Petani harus memilih pohon yang sudah mencapai usia matang untuk mendapatkan getah berkualitas. Setelah pemanenan, getah tersebut kemudian diproses dengan cara dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu untuk menghilangkan kandungan air dan zat-zat lain yang tidak diinginkan. Selanjutnya, getah yang telah dipanaskan akan dicetak atau dipress untuk membentuk gondorukem dalam berbagai bentuk. Proses pengecoran ini memungkinkan gondorukem untuk dijual dalam bentuk batangan, blok, atau bentuk lainnya. Setelah dicetak, gondorukem kemudian dikemas dengan rapi dan siap untuk didistribusikan ke berbagai toko.

2. Penghancuran Gondorukem (*Resina colophonium*)

Gondorukem (*Resina colophonium*) padat dihancurkan menjadi bentuk serbuk atau butiran yang lebih kecil agar dapat dicampur

dengan aspal dengan baik. Dengan menggunakan alat seperti alat pemecah.

3. Gondorukem (*Resina colophonium*) di panaskan hingga mencair pada suhu 50 °C

#### 4.4.3. Pembuatan Benda Uji ( *Briket Ashpalt* )

Awal dari pembuatan benda uji di lakukan pembuatan rancangan campuran (*mix design*). Perencanaan rancang campur meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan kadar aspal, dan penentuan komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal, dan *filler*. Gradasi yang digunakan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menggunakan Spesifikasi aspal porus yang dipakai. Prosedur pembuatan benda uji dibagi beberapa tahap, yaitu :

1. Merupakan tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan. Menentukan persentase masing-masing butiran untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara komulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
2. Menentukan berat aspal penetrasi 60/70, berat karet gondorukem dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal. persentase ditentukan berdasarkan berat total campuran. penambahan persen karet gondorukem ditentukan pada berat aspal, misalkan berat aspal 100% maka jumlah berat aspal ditambahkan sesuai dengan dengan variasi yang digunakan, jika penambahan 2% gondorukem, maka berat aspal menjadi 98%, begitu dengan 4%, 6% dan 8%.
3. Aspal penetrasi 60/70 dituangkan ke dalam wajan sesuai dengan kebutuhan, kemudian masukkan agregat berdasarkan berat total agregat
4. Setelah dimasukkan semuanya, campuran ini diaduk sampai rata dan kemudian diamkan hingga suhu pemadatan. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam mould yang telah disiapkan dengan melapisi bagian bawah dan atas mould dengan kertas pada alat penumbuk.

Pembuatan benda uji (*briket asphal*) akan dibuat sesuai dengan variasi kadar aspal dan kobinasi gondorukem yang telah ditentukan. Benda uji dibuat sebanyak

15 buah sampel dengan 5 variasi kadar aspal untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada table 4.1

**Tabel 4.1** Benda uji untuk menentukan KAO

No	Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
	4,5%	3 buah
1	5,00%	3 buah
2	5,50%	3 buah
3	6,00%	3 buah
4	6,50%	3 buah
Jumlah		15 buah

Setelah dilakukan pembuatan benda uji sebanyak 15 buah sampel, selanjutnya dilakukan pengujian *marshall* sehingga diketahui nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Kemudian melakukan penambahan variasi benda uji menggunakan gondorukem dengan campuran sebesar 0%, 8%, 10%, 12%, dan 14% dari kadar aspal.

#### 4.4.4. Pembuatan Benda Uji Agregat

Setelah mengetahui campuran aspal dan nilai Kadar Aspal Optimum, kemudian melakukan pembuatan benda uji dengan penambahan kadar aspal dengan persentase campuran sebesar 0%, 8%, 10%, 12% dan 14% terhitung dari berat total aspal pada tabel berikut

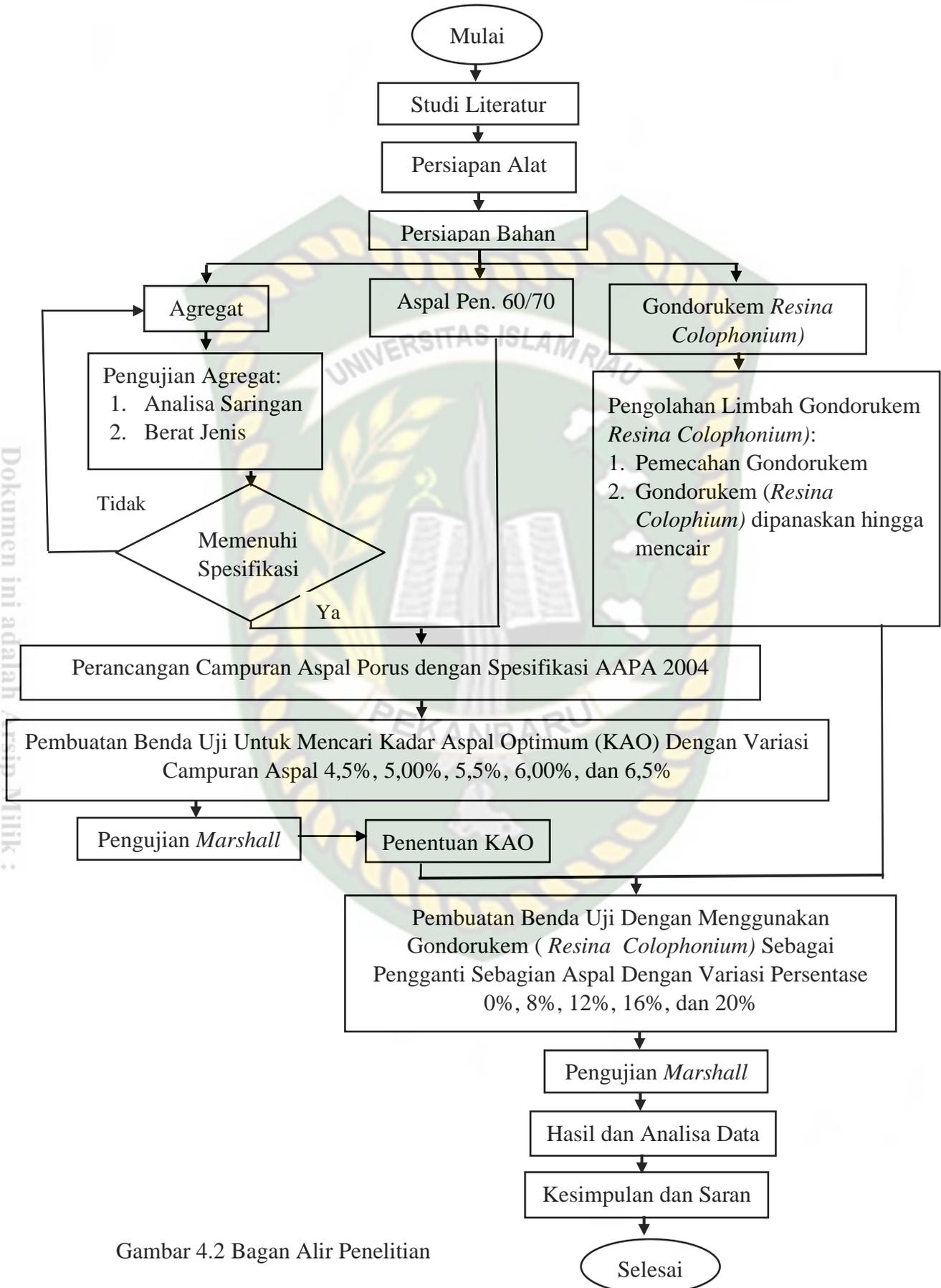
**Tabel 4.2** Benda uji dengan tambahan gondorukem (*Resina colophonium*)

No	Kadar Gondorukem ( <i>Resina Colophonium</i> )	Jumlah Benda Uji
1	0%	3 buah
2	8%	3 buah
3	12%	3 buah
4	16%	3 buah
5	20%	3 buah
Jumlah		15 buah

#### 4.4.5. Pengujian *Marshall*

Direktorat Jenderal Bina Marga menetapkan prinsip dasar dari pengujian *Marshall* ini adalah untuk memeriksa stabilitas dan kelelahan (*flow*), mencari nilai *Marshall Quotient* (MQ), serta menganalisis rongga dalam campuran *Void In Mix* (VIM), rongga dalam agregat *Void in Mineral Aggregate* dan rongga terisi aspal *Void Filled with Asphalt* dari campuran perkerasan yang memenuhi syarat dalam campuran aspal beton tersebut. Adapun prosedur pengujiannya sebagai berikut :

1. Siapkan peralatan dan bahan.
2. Benda uji yang telah dibuat dan didinginkan minimum 24 jam dibersihkan dari kertas-kertas yang menempel menggunakan sikat kawat.
3. Ukur diameter ( $\phi$ ) dan tinggi (t) dari masing-masing benda uji.
4. Timbang dalam keadaan kering.
5. Rendam benda uji selama  $\pm 24$  jam, setelah benda uji direndam selama  $\pm 24$  jam, lap benda uji tersebut dengan lap basah.
6. Timbang benda uji dalam keadaan jenuh dan dalam keadaan terendam air.
7. Setelah ditimbang, rendam masing-masing benda uji selama  $\pm 30$  menit dalam water bath dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ .
8. Sambil menunggu benda uji selesai direndam, persiapkan alat uji *marshall*
9. Setelah benda uji mencapai suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , angkat dari *water bath* dan lap dengan lap basah.
10. Uji benda uji dalam keadaan suhu benda uji sekitar  $60^{\circ}\text{C}$ . (benda uji tidak boleh diuji dalam keadaan dingin).



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Hasil penelitian berupa data atau informasi yang didapat peneliti setelah dilaksanakan pengujian yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis agregat, dan pengujian *marshall*. Dari analisis data peneliti akan menjelaskan secara lengkap hasil pengujian yang diperoleh untuk mengetahui pengaruh penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus berdasarkan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), 2004. Peneliti mengidentifikasi perubahan yang terjadi pada campuran aspal akibat penggunaan gondorukem (*resina colophonium*).

#### 5.2 Hasil Analisa Saringan Gabungan

Pada penelitian ini analisa saringan digunakan untuk mengklasifikasikan agregat berdasarkan ukuran agregat. Agregat yang lolos dari setiap saringan akan diubah dalam bentuk persentase dan direpresentasikan dalam bentuk grafik gradasi agregat. Berikut tabel yang merupakan data yang diperoleh dari pengujian analisa saringan yang telah dilakukan peneliti dilaboratorium.

**Tabel 5. 1** Hasil Analisa Saringan Gabungan Agregat Porus Spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), 2004 (Hasil Penelitian,2024).

Ukuran Saringan		(% Lolos Material)				Komposisi Material (%)				Gradasi Gabungan (%)	Spesifikasi <i>Australian Asphalt Pavement Association</i> (AAPA), 2004 (%)
( mm )	( Inchi )	Agregat Kasar	Agregat Medium	Agregat Halus	Filler (Semen)	55	42	2	1		
25,000	1.0 "										
19,000	3/4 "	100,00	100,00	100,00	100	55,00	42,00	2,00	1	100,00	100
12,700	1/2 "	85,20	100,00	100,00	100	46,86	42,00	2,00	1	91,86	85 - 100
9,500	3/8 "	20,90	88,63	100,00	100	11,50	37,22	2,00	1	51,72	45 - 70
4,750	No. 4	3,22	30,27	91,04	100	1,77	12,71	1,82	1	17,31	10-25
2,360	No. 8	0,00	25,48	54,29	100	0,00	10,70	1,09	1	12,79	7-15
1,180	No. 16		19,50	32,53	100		8,19	0,65	1	9,84	6-12
0,600	No. 30		14,17	19,20	100		5,9514	0,38	1	7,34	5-10
0,300	No. 50		10,11	12,90	100		4,2462	0,26	1	5,50	4-8
0,150	No. 100		5,67	6,75	100		2,3814	0,14	1	3,52	3-7
0,075	No.200		2,51	3,13	100		1,0542	0,06	1	2,12	2-5

Berdasarkan Tabel 5.1 hasil perhitungan gradasi gabungan agregat diperoleh komposisi campuran aspal porus yang terdiri 4 fraksi yaitu agregat kasar, agregat medium, abu batu, dan semen dengan cara matrik adalah persentase pemakaian agregat kasar berjumlah 55%, agregat medium 42%, abu batu 2%, dan semen 1%. Untuk grafik gradasi gabungan dapat dilihat pada gambar 5.1.



**Gambar 5. 1** Grafik Analisa Agregat Gabungan Porus *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004* (Hasil Penelitian,2024)

Pada Gambar 5.1, dapat diamati bahwa hasil analisa saringan untuk agregat gabungan berada diantara batas maksimal dan minimal syarat spesifikasi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa gradasi gabungan agregat ini memenuhi persyaratan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*. Dimana gradasi ini tidak melewati daerah batas – batas spesifikasi.

### 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat

Pengujian berat jenis agregat adalah pengujian yang penting untuk memastikan kualitas dan didasarkan pada perbandingan berat dan banyak pori agregat yang digunakan dalam campuran aspal. Nilai yang akan digunakan yaitu berat jenis curah (bulk), berat jenis semu (apparent), berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) dan nilai penyerapan, kemudian di tentukan dengan persentase.

### 5.3.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pada penelitian ini pengujian berat jenis agregat kasar terdiri dari agregat batu pecah dengan ukuran 1/2 cm. Hasil data pengujian berat jenis curah (bulk), pengujian berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), pengujian berat jenis semu dan pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar (Hasil Penelitian, 2024)**

No	Sampel Agregat Kasar		I	Rata - Rata
A	Berat Sampel Kering	Gr	889	
B	Berat Sampel SSD	Gr	899	
C	Berat Sampel SSD Dalam Air	Gr	588	
Berat Jenis kering		Gr/cc	2,859	2,859
Berat Jenis SSD		Gr/cc	2,891	2,891
Berat Jenis Semu		Gr/cc	2,953	2,953
Penyerapan		Maks 3%	1,125	1,125

Dari tabel 5.2 menunjukkan bahwa hasil pengujian berat jenis agregat kasar memenuhi minimal persyaratan dimana syarat berat jenis minimum 2,5 gr/cm , serta penyerapan tidak lebih dari 3%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa agregat kasar dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal porus.

### 5.3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Medium

Pada penelitian ini pengujian berat jenis agregat medium, mendapatkan hasil pengujian berat jenis kering (bulk), pengujian berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), pengujian berat jenis semu dan pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Medium (Hasil Penelitian, 2024)**

No	Sampel Agregat Medium		I	Rata - Rata
A	Berat contoh Kering	Gr	371	
B	Berat Contoh SSD	Gr	375	
C	Berat contoh SSD Dalam Air	Gr	246	
Berat Jenis kering		Gr/cc	2,876	2,876
Berat Jenis SSD		Gr/cc	2,907	2,907
Berat Jenis Semu		Gr/cc	2,968	2,968
Penyerapan		Maks 3%	1,078	1,078

Berdasarkan Tabel 5.3 diatas, dapat dilihat bahwa agregat medium memenuhi syarat sepesifikasi yang telah ditetapkan. Hal ini karena syarat penyerapan agregat medium tidak lebih dari batas syarat yaitu 3% dan dapat diartikan bahwa agregat medium dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal porus.

### 5.3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Abu Batu)

Pada penelitian ini pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) didapat hasil data pengujian berat jenis kering (bulk), pengujian berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), pengujian berat jenis semu dan pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu ( Hasil Penelitian, 2024)**

No	Sampel Abu Batu		I	Rata - Rata
A	Berat contoh SSD + Piknometer	Gr	681	
B	Berat Piknometer	Gr	181	
C	Berat contoh SSD	Gr	500	
D	Berat Piknometer + air	Gr	677,3	

Lanjutan tabel 5.4

E	Berat Piknometer + air + contoh	Gr	991,1	
	Suhu ruangan	°C	25	
F	Berat contoh kering	Gr	489,9	
Berat Jenis kering		Gr/cc	2,631	2,631
Berat Jenis SSD		Gr/cc	2,685	2,685
Berat Jenis Semu		Gr/cc	2,782	2,782
Penyerapan		Maks 3%	2,020	2,782

Dari tabel 5.4 menunjukkan bahwa hasil pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) memenuhi minimal persyaratan dimana syarat penyerapan tidak lebih dari 3%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa abu batu dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal porous.

#### 5.4 Hasil Perhitungan Perkiraan Awal Kadar Aspal (Pb)

Setelah mendapat hasil dari persentase penggunaan agregat, tahap selanjutnya yaitu menentukan perkiraan awal kadar aspal rancangan (Pb). Terdapat 5 variasi persentase pemakaian aspal yang digunakan untuk mencari nilai kadar aspal optimum (KAO), dengan setiap variasi persentase memiliki perbedaan sebesar 0,5 %. Berikut perhitungan untuk menentukan perkiraan awal kadar aspal rencana (Pb):  $Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (FA) + 0,18 (FF) + \text{Konstanta}$

Keterangan

CA = Agregat Kasar (100 - Saringan No.8)

FA = Agregat Medium (Saringan No.8 – Saringan No. 200)

FF = Agregat Lolos Saringan No 200

Konstanta = nilai konstanta (0,5% - 1%) untuk lapisan aspal 0,8 %

$$\begin{aligned}
 PB &= 0,035 (100-12,79) + 0,045 ( 12,79 - 2,12 ) + 0,18 ( 2,12) \\
 &= 0,035( 87,21) + 0,45 (10,67) + 0,18 (2,12) + 0,8 \\
 &= 4,7\%
 \end{aligned}$$

Berikut tabel hasil perhitungan awal kadar aspal (Pb) dapat dilihat pada tabel 5.5.

**Tabel 5. 5 Tabel Hasil Perhitungan Pb ( Hasil Penelitian,2024)**

	Koreksi	Indeks	Agregat	Keterangan
CA	0,35	3,1	87,21	Agregat Kasar (Cca)
FA	0,45	0,5	10,67	Agregat Medium(FA)
FF	0,18	0,4	2,12	Agregat Lolos Saringan No.200 (FF)
Konstanta	0,18	0,8	0,8	Nilai K 0,5 – 1,0
Pb		4,7	100	Pb,Kadar Aspal Rencana, Persen Terhadap Berat Campuran

### 5.5 Pembuatan Benda Uji Penentu KAO

Pembuatan benda uji penentu KAO atau pembuatan benda uji (briket) dengan aspal penetrasi 60/70 dalam campuran porus dengan variasi kadar aspal sebesar 4,5% , 5% , 5,5% , 6% , dan 6,5% . Benda uji di buat sebanyak 15 benda uji, dimana setiap variasi kadar aspal dibuat 3 benda uji. Pembuatan benda uji disini untuk melihat hasil uji marshall untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO), kemudian dilanjutkan dengan menentukan nilai marshall di lakukan pembuatan benda uji sebanyak 3 benda uji.

### 5.6 Hasil Pengujian *Marshall* KAO

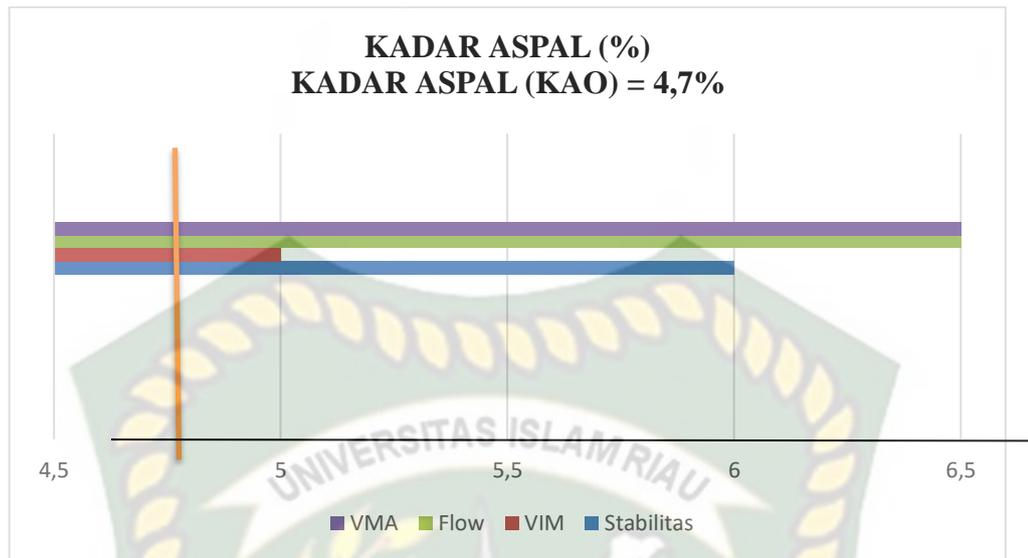
Hasil pengujian *marshall* KAO pada campuran aspal porus berguna untuk melihat nilai stabilitas (stability), VIM, VMA, dan nilai kelelahan (*flow*) dari campuran aspal yang direncanakan. Dari hasil pengujian ini juga dapat menentukan besarnya kadar aspal optimum (KAO), campuran aspal porus, dengan menentukan 4 parameter *marshall* yaitu stabilitas,VIM,VMA,dan kelelahan atau *flow*. Hasil pengujian *marshall* dari 5 variasi kadar aspal dengan jumlah benda uji aspal dapat dilihat pada tabel 5.6.

**Tabel 5. 6** Hasil Pengujian *Marshall* KAO

No	Parameter	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi <i>Australian Asphalt Pavement Association (AAPA), 2004</i>
			4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%	
1	Stabilitas	%	735,6	754,8	665,3	594,9	550,1	Min 500
3	VIM	%	18,12	18,03	17,24	16,72	15,97	18-25
3	Flow	Mm	3,03	3,77	3,97	2,90	3,70	2-6
4	VMA	%	26,56	27,48	27,77	28,29	28,62	Min 15

Berdasarkan tabel 5.6 diatas dapat disimpulkan bahwa, nilai VMA, stabilitas dan kelelahan (*flow*) seluruh variasi kadar aspal yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% memenuhi standar spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), 2004. Sedangkan untuk nilai VIM persentase yang masuk dalam spesifikasi terdapat pada persentase 4,5% dan 5%. Nilai VIM pada persentase 5,5%, 6% dan 6,5% mengalami penurunan dan tidak memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), 2004.

Setelah menguraikan keseluruhan 15 benda uji aspal, kemudian menjumlahkan nilai kadar aspal optimum (KAO) yang telah ditentukan dari 4 parameter Marshall yaitu, VIM, VMA, stabilitas dan *flow*. KAO adalah pembagian antara nilai dari berbagai macam spesifikasi yang memenuhi antara penjumlahan batas kiri (A) dan batas kanan (B) kemudian di bagi 2. Nilai kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat pada gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Kadar Aspal Optimum (Hasil Penelitian,2024)

$$\text{Kadar Aspal Optimum (KAO)} = \frac{A+B}{\text{Jumlah ambang yang memenuhi spesifikasi}}$$

Keterangan :

A = Ambang kiri seluruh parameter *Marshall* yang memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (APPA)*, 2004.

B = Ambang kanan seluruh parameter *Marshall* yang memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (APPA)*, 2004.

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal Optimum ( KAO )} &= \frac{4,5+5}{2} \\ &= 4,75\% \end{aligned}$$

Pada gambar 5.2 di atas nilai VIM didapatkan sampai pada angka 5%, karena menentukan Kadar Aspal Optimum dimulai dari ambang kiri yaitu kadar 4,5%, dan ambang kanan pada kadar aspal 5%, maka 4,5% di tambah 5% dibagi jumlah ambang yang memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (APPA)*, 200 yaitu berjumlah 2, dan didapatkan nilai KAO yaitu 4,75%. Setelah dilakukan pengujian maka nilai KAO terbaik yang digunakan yaitu 4,7%.

### 5.7 Pembuatan Benda Uji Dengan Menggunakan Gondorukem (*Resina Colophonium*)

Proses pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan kadar aspal optimum yang telah ditentukan, kemudian dilakukan variasi penggantian Sebagian aspal dengan menggunakan gondorukem (*resina colophonium*) dengan variasi 0%, 8%, 12%, 16%, dan 20%. Setiap variasi kadar gondorukem (*resina colophonium*) dibuat sebanyak 3 benda uji, sehingga total benda uji yang dibuat berjumlah 15.

#### 5.7. Hasil Pengujian Marshall KAO Dengan Menggunakan Gondorukem (*Resina Colophonium*)

Berikut adalah hasil pengujian marshall menggunakan KAO yang telah ditentukan, dengan campuran pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus menggunakan gondorukem (*resina colophonium*) pada variasi kadar 0%, 8%, 12%, 16%, dan 20%, yang disajikan pada tabel 5.7.

**Tabel 5. 7** Hasil Pengujian Marshall KAO Menggunakan Gondorukem (*Resina Colophonium*) (Hasil Penelitian,2024)

No	Parameter	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi <i>Australian Asphalt Pavement Association</i> (AAPA), 2004
			0%	8%	12%	16%	20%	
1	Stabilitas	%	633,3	518,1	530,9	556,5	524,5	Min 500
2	VMA	%	27,22	27,20	27,14	27,47	31,76	Min 15
3	VIM	%	18,41	18,39	18,32	18,69	27,58	18-25
4	Flow	Mm	4,27	3,97	4,00	3,70	3,70	2-6

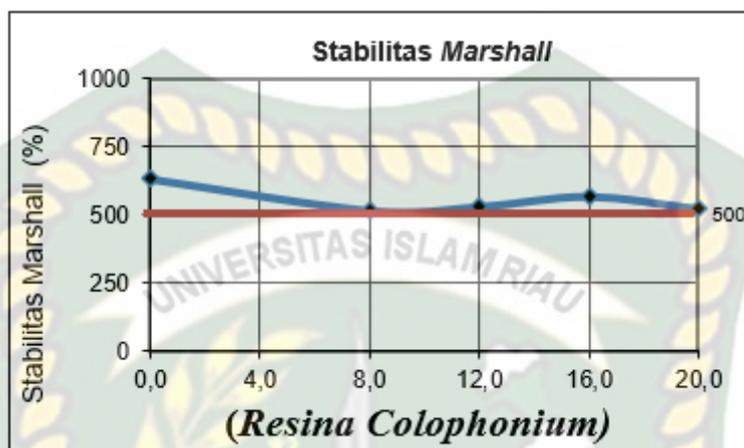
Berdasarkan Tabel 5.7, hasil pengujian marshall dengan menggunakan gondorukem (*resina colophonium*) sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus dengan variasi persentase 0%, 8%, 12%, 16% dan 20% untuk nilai VIM, VMA, stabilitas dan kelelahan atau *flow* semua variasi persentase masuk dan memenuhi persyaratan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), 2004. Pada variasi persentase 0% nilai stabilitas sejumlah 633,3%, nilai VIM sejumlah 18,41%, nilai VMA sejumlah 27,22% dan nilai kelelahan atau *flow* sejumlah 4,27 mm.

Pada variasi persentase gondorukem (*resina colophonium*) 8% nilai stabilitas sejumlah 518,1%, nilai VMA sejumlah 27,20%, nilai VIM sejumlah 18,39% dan nilai kelelahan atau *flow* sejumlah 3,97 mm. Pada variasi persentase gondorukem (*resina colophonium*) 12% nilai stabilitas sejumlah 530,9%, nilai VMA sejumlah 27,14%, nilai VIM sejumlah 18,32% dan nilai kelelahan atau *flow* sejumlah 4 mm. dan pada variasi persentase gondorukem (*resina colophonium*) 16% nilai stabilitas sejumlah 556,5%, nilai VMA sejumlah 27,47%, nilai VIM sejumlah 18,69% dan nilai kelelahan atau *flow* sejumlah 3,70 mm. dan untuk penggunaan variasi persentase gondorukem (*resina colophonium*) tertinggi yaitu 20% nilai stabilitas sejumlah 524,5%, nilai VMA sejumlah 31,76%, nilai VIM sejumlah 27,58% dan nilai kelelahan atau *flow* sejumlah 3,70 mm.

### 5.7.1 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja, tanpa mengalami perubahan tetap (deformasi permanen). Stabilitas lapisan perkerasan jalan dipengaruhi oleh lekatan aspal yang mengikat agregat dalam campuran, dan kekuatan saling penguncian butir antar agregat yang membentuk struktur campuran. Kadar aspal dalam campuran berperan penting dalam memengaruhi stabilitas. Penambahan aspal dengan proporsi yang sesuai dapat meningkatkan stabilitas, tetapi jika jumlahnya berlebihan atau melampaui batas maksimum yang telah ditentukan, dapat mengakibatkan penurunan stabilitas serta membuat perkerasan menjadi lunak dan kurang stabil, yang pada akhirnya dapat menyebabkan masalah seperti retakan. Oleh karena itu untuk menjaga stabilitas yang optimal, diperlukan perhatian terhadap kualitas

campuran, termasuk bahan agregat dan bahan pengikat (Yusnianti et al., 2023). Nilai stabilitas aspal yang menggunakan gondorukem (*resina colophonium*) sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus disajikan pada Gambar 5.3.



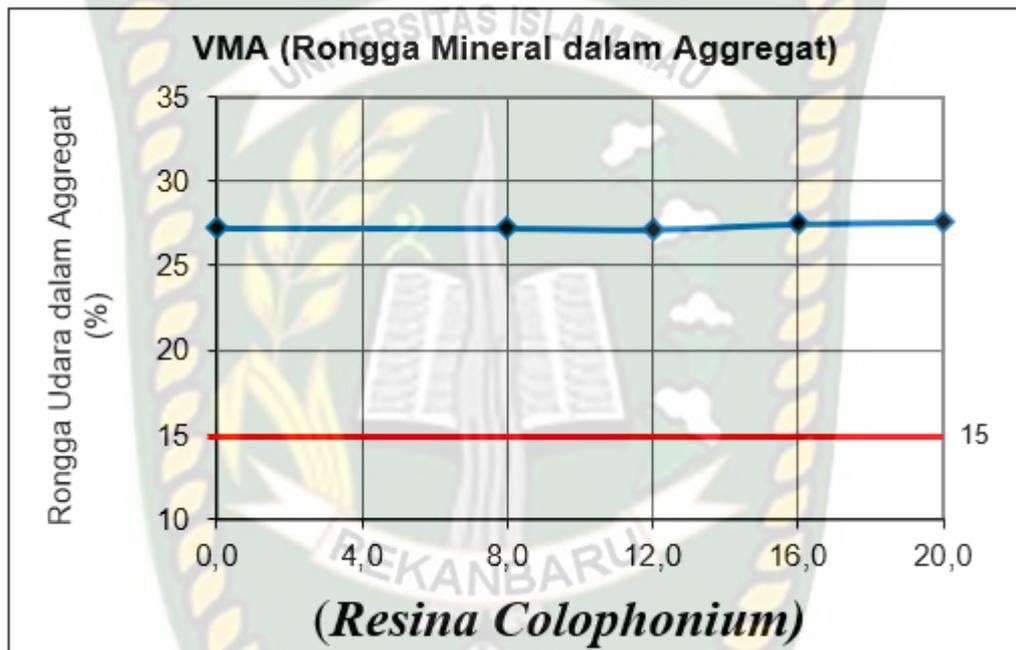
**Gambar 5. 3** Grafik Stabilitas (Hasil Penelitian,2024)

Berdasarkan gambar 5.3 diatas di ambil kesimpulan bahwa nilai stabilitas tertinggi penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) pada variasi 0% dengan nilai 633,3 kg, dan nilai stabilitas penggunaan gondorukem dengan variasi persentase 8% sebesar 518,1 kg, persentase 12% sebesar 530,9 kg dan persentase 16% sebesar 556,5%. Dapat diambil kesimpulan stabilitas mengalami kenaikan seiringan dengan bertambahnya jumlah gondorukem (*resina colophonium*) namun pada variasi persentase 20% nilai stabilitas mengalami penurunan sebesar 524,5 kg. Namun dari keseluruhan variasi persentase penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) masuk dan memenuhi spesifikasi AAPA,2004 dengan minimal batas nilai stabilitasnya yaitu 500 kg.

### 5.7.2 Rongga Dalam Mineral Agregat (Void in Mineral Agregate / VMA)

Rongga dalam Mineral Agregat (Void in Mineral Aggregate / VMA) adalah persentase volume rongga yang terdapat di antara butiran-butiran mineral agregat dalam campuran aspal. VMA adalah parameter penting dalam teknik pencampuran aspal, karena mengukur jumlah ruang kosong di antara butiran-butiran agregat yang tersedia untuk diisi oleh aspal. Nilai VMA berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan. Semakin tinggi nilai VMA menunjukkan semakin besar rongga dalam

campuran sehingga campuran bersifat porus. Dan jika nilai VMA yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding. nilai VMA secara umum mengalami penurunan sejalan dengan penambahan kadar aspal. Pada seluruh kadar aspal nilai VMA memenuhi syarat spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004, syarat untuk nilai VMA pada campuran aspal porus adalah  $> 15\%$ . Nilai VMA aspal yang menggunakan gondorukem (*resina colophonium*) sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran aspal porus disajikan pada Gambar 5.4.

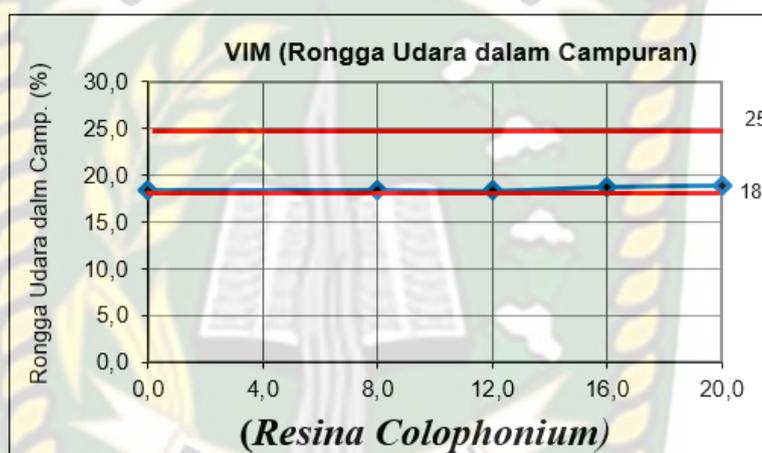


**Gambar 5. 4** Grafik *Void in the Mineral Aggregate* atau VMA (Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan gambar 5.4 dapat di ambil kesimpulan bahwa nilai *Void in the Mineral Aggregate* atau VMA mengalami kenaikan dan penurunan dengan bertambahnya variasi gondorumen (*resina colophonium*). Nilai VMA dari penggunaan gondorukem dengan variasi persentase 0% sebesar 27,22% variasi persentase 8% sejumlah 27,20%, persentase 12% sejumlah 27,14% dan persentase 16% sejumlah 27,47%, dan untuk variasi persentase 20% nilai vim sejumlah 31,76%. Dari hasil nilai VMA keseluruhan variasi persentase yang didapatkan telah memenuhi syarat Spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004,, dimana pada spesifikasi minimum nilai VMA adalah 15% untuk campuran aspal porus.

### 5.7.3 Rongga Dalam Campuran ( Void In The Mix / VIM )

VIM adalah persentase volume rongga udara yang ada dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan. Ini adalah ruang kosong yang tidak terisi oleh agregat atau aspal. Persentase rongga (*voids*) dalam campuran aspal salah satu parameter hasil pengujian marshall yang penting karena memengaruhi sifat campuran, termasuk kekuatan, daya tahan dan sifat lainnya. Berikut nilai VIM penggunaan gondorukem terhadap KAO 4,7% pada penelitian marshall disajikan pada gambar 5.5



**Gambar 5. 5** Grafik *Void In The Mix* atau VIM (Hasil Penelitian,2024)

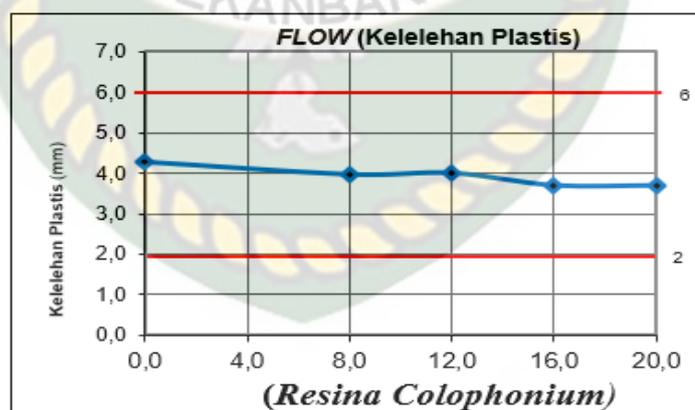
Berdasarkan gambar 5.5 dapat di ambil kesimpulan bahwa nilai rongga dalam campuran atau VIM mengalami kenaikan dan penurunan dengan bertambahnya variasi gondorumen (*resina colophonium*). Nilai VIM dari penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) dengan variasi persentase 0% sejumlah 18,41% variasi persentase 8% sebesar 18,39%, persentase 12% sebesar 18,32% dan persentase 16% sebesar 18,69%, dan untuk variasi persentase 20% sebesar 27,58%. Dari hasil nilai VIM keseluruhan variasi persentase yang didapatkan telah memenuhi syarat Spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004, dimana pada spesifikasi minimum nilai VIM untuk campuran aspal porus adalah 18 - 25 %.

VIM atau rongga kosong yang tepat dalam campuran aspal berperan penting dalam memberikan stabilitas dan kekuatan. Jika nilai VIM terlalu rendah, maka

campuran terlalu padat dan ruang kosong sangat sedikit, hal ini akan membuat campuran menjadi terlalu kaku dan terjadi retak. Sebaliknya, jika nilai VIM terlalu tinggi, maka rongga dalam campuran terlalu banyak kondisi ini membuat campuran aspal menjadi kurang stabil karena tidak memiliki cukup material untuk mendukung beban. Aspal dengan VIM tinggi cenderung mengalami deformasi atau alur ketika terkena tekanan kendaraan, karena ruang kosong yang berlebihan menyebabkan agregat dalam campuran tidak saling terkunci dengan baik.

#### 5.7.4 Kelelehan (*flow*)

*Flow* merupakan tingkat kelelehan campuran aspal akibat suatu beban sampai batas runtuh. *Flow* terjadi ketika menerima pembebanan dalam hal ini lalu lintas kendaraan yang melaju di atas perkerasan aspal. Nilai *flow* menunjukkan tingkat kelenturan atau kekakuan campuran. *Flow* yang tinggi menunjukkan tingkat kelenturan yang tinggi, sehingga retakan yang timbul karena pembebanan dapat dihindari. Sebaliknya *flow* yang terlalu rendah menunjukkan tingkat kelenturan lapisan rendah sehingga mudah mengalami pemisahan antar agregat. Berikut nilai *flow* campuran aspal porus penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) terhadap KAO 4,7% pada penelitian ini disajikan pada gambar 5.6.



**Gambar 5. 6** Grafik Nilai *Flow* atau Kelelehan (Hasil Penelitian,2024)

Berdasarkan gambar 5.6 diatas di ambil kesimpulan bahwa nilai *flow* tertinggi dari penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) sebagai pengganti Sebagian aspal pada variasi 0% dengan nilai 4,27 mm, selanjutnya nilai *flow* dari penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) sebagai pengganti sebagian aspal

pada campuran aspal porus mengalami penurunan seiring bertambahnya gendorukem yaitu pada nilai *flow* variasi persentase 8% sebesar 3,97 mm, persentase 12% sebesar 4 mm dan persentase 16% sebesar 3,70 mm dan persentase 20% sebesar 3,70 mm. Dari keseluruhan variasi persentase nilai *flow* masuk dan memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004, dengan minimal batas nilai *flow* yaitu 2 mm – 6 mm.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan di laboratorium PT.Virajaya Riauputra maka dapat di ambil kesimpulan bahwa :

1. kadar aspal optimum (KAO) terbaik pada campuran aspal porus terdapat pada kadar aspal 4,7%. Kadar aspal optimum (KAO) ini digunakan sebagai kadar aspal pada campuran aspal porus dengan penggunaan gondorukem (resina colophonium) sebagai penggantisebagian aspal dengan variasi persentase 0%,8%,12%,16% dan 20% dari berat aspal.
2. Hasil uji marshall penggunaan gondorukem (resina colophonium) sebagai pengganti sebagian aspal dalam campuran aspal porus menunjukkan berbagai pengaruh pada stabilitas, void in the mineral aggregate (VMA), void in the mix (VIM), dan nilai *flow*. Untuk stabilitas, nilai tertinggi dicapai pada variasi 0% dengan 633,3 kg, dan penambahan gondorukem hingga 16% meningkatkan stabilitas hingga 556,5 kg. Namun, pada variasi 20%, stabilitas menurun menjadi 524,5 kg. Semua variasi ini memenuhi spesifikasi AAPA, 2004 yang mensyaratkan nilai stabilitas minimum 500 kg. Untuk VMA, nilai bervariasi dengan kenaikan dan penurunan persentase gondorukem, dari 27,22% pada 0% hingga 31,76% pada 20%, tetapi tetap memenuhi spesifikasi AAPA dengan syarat minimum 15%. VIM juga menunjukkan *fluktuasi* dari 18,41% pada 0% hingga 27,58% pada 20%, dan semua variasi berada dalam rentang spesifikasi AAPA,2004 yaitu 18-25%. Nilai *flow* tertinggi diperoleh pada variasi 0% dengan 4,27 mm, dan menurun dengan penambahan gondorukem hingga 3,70 mm pada variasi 16% dan 20%. Semua variasi nilai *flow* tetap dalam batas spesifikasi AAPA yang mensyaratkan nilai antara 2-6 mm. Secara keseluruhan, penggunaan gondorukem dalam berbagai variasi persentase tetap memenuhi spesifikasi AAPA, 2004 untuk stabilitas, VMA, VIM, dan *flow*, meskipun penambahan gondorukem hingga 20% menunjukkan penurunan stabilitas dan *flow*.
- 3.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dari analisis penggunaan gondorukem (resina colophonium) dalam campuran aspal porus, beberapa saran dapat diberikan yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan persentase penggunaan gondorukem (*resina colophonium*) pada persentase 20% yang menunjukkan penurunan stabilitas. Penelitian lebih lanjut diperlukan evaluasi dampak penggunaan gondorukem di atas 20% secara lebih rinci, guna memahami penyebab penurunan stabilitas dan mencari solusi untuk memberikan keseimbangan terbaik antara stabilitas dan karakteristik lainnya seperti VMA, VIM, dan *flow*.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan agregat maksimal ukuran 10 mm dengan kadar aspal 5% - 6,5% sesuai dengan ketentuan spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004.
3. Selain itu modifikasi kimiawi atau fisik pada gondorukem untuk meningkatkan kinerjanya dalam campuran aspal juga perlu dipertimbangkan. Modifikasi ini bisa termasuk penambahan aditif atau perlakuan khusus yang dapat meningkatkan stabilitas campuran.

## DAFTAR PUSTKA

- Arlia, L., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2018). Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Substitusi Gondorukem Pada Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 657–666. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10011>
- Azka, C. N., M. Saleh, S., & Sugiarto, S. (2018). Pengaruh Substitusi Gondorukem Pada Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Menggunakan Agregat Halus Sabang Terhadap Stabilitas Marshall. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(4), 50–60. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i4.12455>
- B. Elvers. (1993). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. - A23: *Refractory Ceramics to Silicon Carbide*. [https://books.google.co.id/books/about/Ullmann\\_s\\_Encyclopedia\\_of\\_Industrial\\_Che.html?id=TIbgwgEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.id/books/about/Ullmann_s_Encyclopedia_of_Industrial_Che.html?id=TIbgwgEACAAJ&redir_esc=y)
- Badan Standardisasi Nasional. (2001). *SNI 01-5009.12-2001 : Gondorukem*. 1–16.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2008). SNI 1970-2008 : Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18.
- Bina Marga. (2010). Diklat Penggunaan Bahan & Alat Untuk Pekerjaan Jalan & Jembatan. *Modul Bahan Aspal Untuk Perkerasan Lentur*, 1–84.
- Burch dan Grudnitski dalam (Fauzi, 2017:19-21). (2019). Bab II Landasan Teori. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Christady, H. H. (2011). *Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah*. 1–326.
- Dinas Perhubungan. (2020). *Peran Transportasi Terhadap Urbanisasi*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Eka Putri, & Elsa Martanto Adji, B. (2020). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil Pengaruh Penggunaan Styrofoam Terhadap Parameter Kinerja*. 17(1). <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/TerakreditasiSINTAPeringkat5>
- Ghulam, M., Nariswari, W., Ariyanto, E., Gunawan, T., Banyuwangi, N., Raya Jember, J., 13, K. M., & Banyuwangi, K. (n.d.). *Nilai Stabilitas Porous Asphalt Menggunakan Material Lokal Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi 2 Mahasiswa Diploma III Politeknik*.
- Gunasti, A., Dimas Prayuga, M., Ardiansyah, D., Anda, K., & Wijaya, S. (2023). *Analisis Perbandingan Data Curah Hujan Dalam Tiga Bulan Di Beberapa Stasiun Kabupaten Jember*. 8(2).

- Hidayat, T., Widyaningrum, S., Idrus, Y., Massara, A., & Bulgis. (2022). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing Course ( AC-WC ) Menggunakan Bahan Tambah Gondorukem. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 4(1), 106–112.
- Hikmatullah Hs., dan M. D. A. (2020). *Kinerja Perkerasan Aspal Beton Dengan Substitusi Getah Pinus Terhadap Aspal Penetrasi 60/70*. 1–8.
- Idral Muhammad. (2016). *Kinerja Perkerasan Aspal Porus Dengan Penambahan Karet Gondorukem*. Jurusan teknik sipil fakultas teknik universitas andalas padang 2016.
- Krisdiyanto Aris, D. K. W. A. M. (2022). *Analisa Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 Dan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017*.
- Kurniawan, A., & Pranata, D. A. (2020). Jurnal Aplikasi Teknik Sipil. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(1), 2–7.
- Mantiri, dkk. (2019). *Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode Aashto 1993*.
- Muliawan Wayan I. (2019). *Dampak genangan air hujan terhadap kondisi jalan antasura di kecamatan denpasar timur*.
- Muslimin, e., & rudi, u. (2023). *Resep aspal minyak modifier*. [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)
- Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi. (2005). *Modul Rde - 11: Perencanaan Perkerasan Jalan*, Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia.
- Setyawan, A., & Sanusi, S. (2008). Observasi properties aspal porus berbagai gradasi dengan material lokal. *Media Teknik Sipil*, 8(1), 15–20. [http://203.189.121.7/~puslit2\\_ejournal/ejournal/index.php/mts/article/view/17713](http://203.189.121.7/~puslit2_ejournal/ejournal/index.php/mts/article/view/17713)
- Sudarno.(2015).AnalisaPerkerasan LenturJalan Raya penentuan komponen Tebal LapisPerkerasan Jalan Jurusan Bojonegoro Pajeng (bts.Kabupaten nganjuk).
- Suhendra, R. F. ,Ningfuri T. Y. (2014). Karakteristik Material Bahan Konstruksi di Beberapa Lokasi Dalam Kabupaten Muaro Jambi.
- Sukirman, S. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Institut Teknologi Nasional, Bandung* (Vol. 53, Issue 9).

Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <http://ebook.itenas.ac.id/repository/9df74dd5f5afcf366e0fffb21e5a8a92.pdf>

Yusnianti, Sufrianto, Hujiyanto, Syamsuddin, & Sufrianto, H. (2023). *Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Lapis Aspal Beton (Laston) dengan Bahan Tambah Limbah Kain Nilon.*



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau