

**PENGARUH VARIASI SUHU PEMADATAN ASPAL PEN 60/70
MENGUNAKAN AGREGAT BATU PECAH TERHADAP
SIFAT MEKANIK DENGAN METODE MARSHALL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu Persyaratan guna memperoleh gelar sarjana Sains



Oleh

ZIRA ARTIKA

NIM. 22034078

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

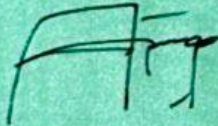
PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH VARIASI SUHU PEMADATAN ASPAL PEN 60/70 MENGUNAKAN AGREGAT BATU PECAH TERHADAP SIFAT MEKANIK DENGAN METODE MARSHALL

Nama : Zira Artika
NIM : 22034078/2022
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 07 Mei 2026

Mengetahui,
Kepala Departemen Fisika



Prof. Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 196606031992031001

Disetujui Oleh,
Pembimbing



Dra. Yenni Darvina, M.Si
NIP. 196309111989032003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Zira Artika
NIM : 22034078/2022
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH VARIASI SUHU PEMADATAN ASPAL PEN 60/70 MENGUNAKAN AGREGAT BATU PECAH TERHADAP SIFAT MEKANIK DENGAN METODE MARSHALL

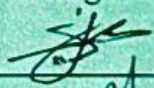
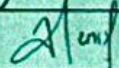
Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Kontributor Skripsi
Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 07 Mei 2026

Tim Kontributor

	Nama
Ketua	: Dra. Yenni Darvina, M.Si
Anggota	: Dr. Leni Aziyus Fitri, M.Si
Anggota	: Fadhila Ulfa Jhora, S. Pd., M. Si

Tanda tangan


SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zira Artika

NIM : 22034078/2022

Program Studi : Fisika

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Pengaruh Variasi Suhu Pemadatan Aspal Pen 60/70 menggunakan Agregat Batu Pecah terhadap Sifat Mekanik dengan Metode Marshall” adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 07 Mei 2026

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Fisika



Prof. Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 196606031992031001

Saya yang menyatakan,



Zira Artika
NIM. 22034078

Pengaruh Variasi Suhu Pemadatan Aspal Pen 60/70 Menggunakan Agregat Batu Pecah Terhadap Sifat Mekanik Dengan Metode Marshall

Zira Artika

ABSTRAK

Kinerja campuran aspal sangat dipengaruhi oleh komposisi material penyusunnya, terutama ukuran agregat dan suhu pencampuran yang digunakan dalam pembuatan. Beberapa negara beriklim tropis dan subtropis, permukaan aspalnya sering mengalami perubahan bentuk (rutting), penurunan nilai stabilitas, serta perubahan sifat viskoelastik akibat pengaruh temperatur lingkungan yang tinggi dan beban lalu lintas. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kinerja kekerasan jalan sehingga diperlukan campuran aspal yang mampu memenuhi standar teknis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu penumbukan dan pengaruh pencampuran terhadap karakteristik Marshall pada campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian Marshall untuk mengevaluasi kekuatan campuran aspal panas dalam menahan beban serta untuk mengetahui kesesuaiannya dengan standar ASTM/SNI.

Hasil eksperimen menunjukkan jika temperatur penumbukan ditingkatkan dari 120°C ke 140°C hingga 160°C, maka karakteristik campuran mengalami perubahan signifikan. Jika temperatur meningkat, maka nilai stabilitas naik dari 9,66 KN menjadi 10,35 KN dan 10,86 KN kg, serta Marshall Quotient (MQ) meningkat dari 2,51 KN menjadi 2,91 KN dan 3,40 KN. Sebaliknya, jika temperatur meningkat, maka nilai flow menurun dari 3,85 mm menjadi 3,56 mm dan 3,23 mm.

Jika ditinjau dari parameter volumetrik, maka peningkatan temperatur menyebabkan nilai Void in Mix (VIM) menurun dari 4,9% menjadi 4,3% dan 3,7%, serta Void in Mineral Aggregate (VMA) menurun dari 16,3% menjadi 15,9% dan 15,3%. Sementara itu, jika temperatur meningkat, maka (VFA) meningkat dari 70,2% menjadi 75,9%. Oleh karena itu, jika dibandingkan dengan temperatur lainnya, maka temperatur 160°C merupakan kondisi optimum karena menghasilkan campuran yang lebih baik, di mana aspal dapat melapisi agregat secara optimal.

Kata kunci: AC-WC, agregat, suhu pemadatan, Marshall test, stabilitas

The Effect of Variations in Compaction Temperature on Pen 60/70 Asphalt Using Crushed Stone Aggregate on Mechanical Properties Using the Marshall Method

Zira Artika

ABSTRACT

The performance of an asphalt mixture is significantly influenced by its composition, particularly the aggregate size and mixing temperature used in its production. In some tropical and subtropical countries, asphalt surfaces frequently experience rutting, reduced stability, and changes in viscoelastic properties due to high ambient temperatures and traffic loads. These conditions can impact road hardness performance, requiring an asphalt mixture that meets technical standards. This study aims to analyze the effect of varying crushing temperatures and mixing conditions on the Marshall characteristics of an Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) mixture. The research method used was a Marshall test to assess the load-bearing strength of the hot asphalt mixture and to determine its compliance with ASTM/SNI standards.

The results showed that increasing the crushing temperature from 120°C to 140°C to 160°C significantly changed the mixture's characteristics. As the temperature increases, the stability value increases from 9,66 KN to 10,35 KN and 10,86 KN, respectively, and the Marshall Quotient (MQ) increases from 2,51 KN to 2,91 KN and 3,40 KN. Conversely, as the temperature increases, the flow value decreases from 3.85 mm to 3.56 mm and 3.23 mm.

Considering the volumetric parameters, an increase in temperature causes the Void in Mix (VIM) value to decrease from 4.9% to 4.3% and 3.7%, respectively, and the Void in Mineral Aggregate (VMA) value to decrease from 16.3% to 15.9% and 15.3%. Meanwhile, as the temperature increases, the VFA value increases from 70.2% to 75.9%. Therefore, compared to other temperatures, 160°C is the optimum condition because it produces a better mix, allowing the asphalt to optimally coat the aggregate.

Keywords: AC-WC, aggregate, compaction temperature, Marshall test, stability

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Suhu Pemadatan Aspal Penetrasi 60/70 Menggunakan Agregat Batu Pecah Terhadap Sifat Mekanik dengan Metode Marshall”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Asrizal, M.Si., selaku Kepala Departemen Fisika.
2. Bapak Dr. Harman Amir, S.Si., M.Si., selaku Koordinator Prodi Fisika.
3. Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak membantu dan membimbing dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Mona Berlian Sari, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Ibu Dr. Leni Aziyus Fitri, S.Pd., M.Si selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Fadhila Ulfa Jhora, S. Pd., M. Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Fuad Mahmudi, S.T.,M.T., selaku Pembimbing Lapangan yang telah membantu jalannya proses peneletian skripsi.
8. Teman – teman yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari skripsi ini tidak dapat luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikan sehingga akhirnya skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.

Padang, 2026

Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

ABSTRAK.....i

KATA PENGANTAR.....iii

DAFTAR ISI.....v

DAFTAR GAMBAR.....viii

DAFTAR TABEL.....x

DAFTAR LAMPIRAN.....xi

BAB I PENDAHULUAN..... 1

A. Latar belakang 1

B. Identifikasi Masalah 4

C. Batasan Masalah 5

D. Rumusan Masalah..... 6

E. Tujuan Penelitian..... 6

F. Manfaat Penelitian..... 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 7

A. Aspal..... 7

1. Sifat Aspal 9

2. Karakteristik aspal penetrasi 60/70..... 10

3. Standar Spesifikasi Aspal PEN 60/70 10

4. Peranan Aspal terhadap Stabilitas dan Kelenturan Campuran 11

B. Agregat 13

1. Agregat Kasar dan Agregat Halus 14

2. Bentuk Agregat	14
C. Pengaruh ukuran agregat	17
1. Stabilitas.....	18
2. Flow	18
3. Rongga Udara Campuran Aspal	18
D. Jenis batu pecah yang digunakan.....	19
E. Campuran Beraspal Panas (Hot Mix Asphalt AC-WC)	20
F. Aspal sebagai Material Komposit.....	23
G. Aspal Sebagai polimer alami.....	24
H. Metode Marshall.....	25
I. Penelitian Terdahulu	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
A. Jenis Penelitian	33
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
C. Variabel Penelitian	33
D. Instrumen Penelitian	34
E. Pelaksanaan Penelitian	47
F. Diagram Penelitian.....	67
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	68
A. Perhitungan Timbangan Cetakan Marshall	68
B. Komposisi.....	69
C. Hasil Penelitian.....	77
D. Pembahasan.	86
BAB V PENUTUP	90
A. Kesimpulan.....	90

B. Saran	91
Daftar Pustaka	92
LAMPIRAN.....	95
A. Lampiran 1.....	95
B. Lampiran 2.....	111
C. Lampiran 3.....	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Aspal	7
Gambar 2. Agregat Kasar.....	15
Gambar 3. Agregate Sedang (Medium)	16
Gambar 4. Abu Batu	17
Gambar 5. Marshall Test	25
Gambar 6. Aspal Penetrasi 60/70.....	34
Gambar 7. Agregat kasar.....	35
Gambar 8. Abu Batu.....	35
Gambar 9. Agregat ukuran Medium.....	36
Gambar 10. Oven Pengering	36
Gambar 11. Timbangan Analitik	37
Gambar 12. Alat Pemanas Aspal.....	37
Gambar 13. Cetakan Marshall.....	38
Gambar 14. Pemadat Hammer Marshall.....	39
Gambar 15. Mesin uji Marshall.....	39
Gambar 16. Mould Extractor.....	40
Gambar 17. Kaliper Mistar Baja.....	40
Gambar 18. CBR Test.....	41
Gambar 19. Alat Keselamatan.....	42
Gambar 20. Saringan Agregate.....	42
Gambar 21. Water Bath.....	43
Gambar 22. Piknometer.....	43
Gambar 23. Termometer Digital.....	44
Gambar 24. Alat penetrometer.....	44
Gambar 25. Ring And Ball Aparatus.....	45

Gambar 26. Ductility Machine.....	45
Gambar 27. Cleveland Open Cup.....	46
Gambar 28. Thin Film Oven (TFOT).....	46
Gambar 29. Alat uji Marshall dan Ilustrasi Pengujian Marshall.....	61
Gambar 30. Flowchar Pelaksanaan.....	67
Gambar 31. Grafik pengaruh suhu terhadap stabilitas	80
Gambar 32. Grafik Pengaruh Suhu terhadap Flow	81
Gambar 33. Grafik Pengaruh Suhu terhadap MQ	82
Gambar 34. Grafik Pengaruh Suhu terhadap VIM	83
Gambar 35. Grafik Pengaruh Suhu terhadap VMA	84
Gambar 36. Grafik Pengaruh Suhu terhadap VFA	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Spesifikasi teknis aspal pen 60/70.....	11
Tabel 2.	Penelitian terdahulu.....	27
Tabel 3	Hasil Pengujian Penetrasi.....	48
Tabel 4	Hasil Pengujian Titik Lembek.....	50
Tabel 5	Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar.....	52
Tabel 6	Hasil Pengujian Daktilitas.....	54
Tabel 7	Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal.....	55
Tabel 8	Hasil Pengujian Kehilangan Berat Aspal.....	57
Tabel 9	Hasil dan spesifikasi aspal pen 60/70.....	60
Tabel 10	Nilai ideal spesifikasi marshall test.....	68
Tabel 11	Komposisi Agregat.....	69
Tabel 12	Pengujian Marshall	70
Tabel 13	Hasil perhitungan Stabilitas	71
Tabel 14	Hasil perhitungan Flow	72
Tabel 15	Hasil perhitungan Marshall Quontient (MQ)	73
Tabel 16	Hasil perhitungan VIM	74
Tabel 17	Hasil perhitungan VMA	75
Tabel 18	Hasil perhitungan VFA	76
Tabel 19	Rata-rata Hasil Pengujian Marshall.....	77
Tabel 20	Rata-rata Hasil pengujian Marshall Satuan Internasional.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengolahan Data.....	97
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	113
Lampiran 3. Data Pengujian Marshall.....	118

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Infrastruktur jalan memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi serta meningkatkan mobilitas masyarakat. Jalan yang berkualitas mampu memperlancar distribusi barang dan jasa, meningkatkan konektivitas antar wilayah, serta mendorong perkembangan sektor industri, perdagangan, dan pariwisata. Salah satu jenis konstruksi jalan yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur, yaitu sistem perkerasan yang menggunakan campuran aspal sebagai bahan pengikat utama (Syach et al., 2024). Perkerasan lentur dipilih karena memiliki fleksibilitas yang baik dalam menerima beban lalu lintas, mampu meredam getaran, serta memiliki proses konstruksi yang relatif cepat dibandingkan perkerasan kaku.

Perkerasan lentur terdiri atas beberapa lapisan yang bekerja secara sistematis dalam menyebarkan beban kendaraan ke tanah dasar. Pada sistem ini, campuran aspal berperan sebagai lapisan utama yang langsung menerima beban lalu lintas. Campuran aspal merupakan kombinasi antara agregat sebagai kerangka struktural dan aspal sebagai bahan pengikat yang bersifat viskoelastis. Sifat viskoelastis tersebut menyebabkan aspal sangat sensitif terhadap perubahan temperatur, sehingga suhu menjadi faktor yang sangat berpengaruh terhadap kinerja campuran aspal, terutama pada tahap proses pemadatan.

Proses pemadatan merupakan tahapan krusial dalam konstruksi perkerasan lentur, karena menentukan tingkat kepadatan, kekuatan, dan daya tahan campuran aspal terhadap beban lalu lintas. Suhu pemadatan sangat memengaruhi viskositas aspal, yang pada akhirnya menentukan kemampuan aspal dalam melapisi agregat dan mengisi rongga campuran. Pada suhu pemadatan yang optimal, viskositas aspal berada pada kondisi yang cukup rendah sehingga mampu melapisi agregat secara merata dan menghasilkan ikatan yang kuat. Sebaliknya, jika suhu pemadatan terlalu rendah, viskositas aspal menjadi tinggi sehingga proses pelapisan agregat tidak sempurna dan mengakibatkan ikatan antar partikel menjadi lemah (Yao et al., 2019).

Di sisi lain, suhu pemadatan yang terlalu tinggi juga dapat memberikan dampak negatif terhadap campuran aspal. Temperatur yang berlebihan dapat mempercepat proses oksidasi sehingga menyebabkan penuaan dini pada aspal. Kondisi ini akan meningkatkan kekakuan campuran dan menurunkan sifat fleksibilitasnya, sehingga campuran menjadi lebih rentan terhadap retak (Sukirman, 2016). Oleh karena itu, pengendalian suhu pemadatan menjadi aspek yang sangat penting dalam menjamin kualitas dan umur layanan perkerasan jalan.

Dalam praktik di lapangan, ketidaksesuaian suhu pemadatan seringkali menjadi salah satu penyebab utama terjadinya kerusakan dini pada perkerasan jalan. Salah satu bentuk kerusakan yang umum terjadi adalah deformasi permanen (*rutting*), yaitu penurunan permukaan jalan yang membentuk alur akibat beban lalu lintas berulang (Arifin, 2020).

Kerusakan ini terjadi ketika campuran aspal tidak memiliki stabilitas yang cukup, yang dapat disebabkan oleh pemadatan yang tidak optimal. Suhu pemadatan yang tidak tepat dapat menghasilkan campuran dengan rongga yang terlalu besar atau struktur yang tidak stabil, sehingga mudah mengalami deformasi plastis di bawah beban kendaraan.

Untuk mengevaluasi kinerja campuran aspal akibat variasi suhu pemadatan, salah satu metode yang umum digunakan adalah metode Marshall. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik mekanik campuran, terutama nilai stabilitas dan flow. Stabilitas menunjukkan kemampuan campuran dalam menahan beban maksimum, sedangkan flow menggambarkan besarnya deformasi plastis yang terjadi pada saat pembebanan. Kedua parameter ini mencerminkan keseimbangan antara kekuatan dan fleksibilitas campuran aspal (Gloria F. Berutu, Judi K. Nasjono, 2023).

Meskipun telah banyak penelitian mengenai campuran aspal, kajian yang secara khusus menitikberatkan pada pengaruh variasi suhu pemadatan terhadap sifat mekanik campuran masih perlu dikembangkan, terutama pada kondisi iklim tropis seperti di Indonesia yang memiliki suhu lingkungan relatif tinggi. Variasi suhu pemadatan yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan penurunan kualitas campuran aspal yang berdampak pada berkurangnya umur layanan perkerasan serta meningkatnya biaya pemeliharaan jalan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu pemadatan terhadap sifat mekanik

campuran aspal menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan agregat batu pecah. Variasi suhu pemadatan yang digunakan adalah 120°C, 140°C, dan 160°C. Pengujian dilakukan menggunakan metode Marshall untuk memperoleh parameter stabilitas dan flow sebagai indikator kinerja campuran.

Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh suhu pemadatan terhadap karakteristik campuran aspal, sehingga dapat ditentukan suhu pemadatan optimum yang mampu menghasilkan campuran dengan kinerja terbaik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kualitas perkerasan jalan serta memperpanjang umur layanan jalan di Indonesia.

Berdasarkan uraian tersebut, maka judul penelitian yang diajukan adalah: “Pengaruh Variasi Suhu Pemadatan Aspal Penetrasi 60/70 Menggunakan Agregat Batu Pecah terhadap Sifat Mekanik dengan Metode Marshall.”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pembahasan latar belakang, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan baik secara teori maupun praktik, yaitu :

1. Variasi suhu pemadatan menyebabkan perubahan signifikan pada sifat viskoelastis dan viskositas aspal penetrasi 60/70, yang secara langsung memengaruhi mekanisme transfer tegangan dan respons deformasi dalam sistem campuran aspal.

2. Belum terdefinisi secara jelas rentang suhu optimum yang mampu menghasilkan keseimbangan antara kekuatan struktural (stabilitas) dan deformasi viskoelastis (flow), sehingga berpotensi menyebabkan kegagalan mekanik seperti deformasi permanen akibat dominasi perilaku plastis pada suhu tertentu.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan utama, maka kajian dibatasi pada hal - hal berikut :

1. Penelitian ini dibatasi pada analisis pengaruh variasi suhu pemadatan 120°C, 140°C, dan 160°C terhadap perilaku viskoelastis campuran aspal penetrasi 60/70, dengan asumsi bahwa struktur granular agregat dan komposisi campuran bersifat konstan, sehingga perubahan respons mekanik terutama dikaitkan dengan perubahan sifat termal dan viskositas aspal sebagai material pengikat.
2. Karakteristik mekanik campuran dianalisis berdasarkan parameter uji Marshall (*stabilitas dan flow*) sebagai representasi respons deformasi dan kekuatan material, sehingga belum mencakup pemodelan reologi lanjutan, efek waktu (*time-dependent behavior*), serta fenomena penuaan termal jangka panjang (*aging*) yang juga memengaruhi perilaku viskoelastis aspal.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu pemadatan aspal penetrasi 60/70 terhadap karakteristik mekanik campuran aspal berdasarkan uji Marshall?
2. Pada suhu berapakah pemadatan aspal penetrasi 60/70 menghasilkan karakteristik mekanik terbaik dan memenuhi SNI?

E. Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari Penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh variasi suhu pemadatan aspal penetrasi 60/70 terhadap karakteristik mekanik campuran aspal berdasarkan uji Marshall.
2. Menentukan suhu optimum pemadatan yang menghasilkan nilai stabilitas dan flow terbaik berdasarkan uji Marshall dan memenuhi SNI.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan kajian fisika material pada pemadatan aspal, khususnya dalam memahami hubungan antara variasi suhu dan perubahan viskositas.
2. Memberikan rekomendasi mengenai rentang suhu pemadatan yang optimal untuk menghasilkan campuran aspal dengan keseimbangan antara stabilitas dan deformasi, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan umur layanan perkerasan jalan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh variasi suhu pemadatan aspal penetrasi 60/70 terhadap karakteristik mekanik campuran aspal sangat berpengaruh, Jika suhu pemadatan aspal penetrasi 60/70 semakin tinggi, maka viskositas aspal akan menurun sehingga aspal lebih mudah mengisi rongga dan menyelimuti agregat secara merata. Akibatnya, campuran menjadi lebih padat dan ikatan antar agregat semakin kuat, sehingga meningkatkan stabilitas, kekakuan (MQ), dan ketahanan terhadap deformasi, serta menurunkan nilai flow, VIM, dan VMA. Oleh karena itu, suhu pemadatan 160°C menghasilkan karakteristik mekanik campuran terbaik.
2. Suhu pemadatan 160°C menghasilkan karakteristik mekanik terbaik pada aspal penetrasi 60/70, pada suhu ini viskositas aspal berada pada kondisi optimal sehingga mampu melapisi agregat secara maksimal tanpa membuat campuran terlalu lunak atau terlalu kaku. Meskipun seluruh variasi suhu memenuhi standar Bina Marga 2018, suhu 160°C memberikan performa paling optimal.

B. Saran

1. Sebagai saran, penelitian selanjutnya sebaiknya fokus pada penggunaan agregat gradasi dengan optimasi temperatur pencampuran, serta meneliti variasi kadar aspal atau penggunaan bahan tambahan untuk meningkatkan kinerja campuran agar lebih memenuhi standar. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pemilihan campuran aspal yang efektif dan tahan lama untuk perkerasan jalan.
2. Penelitian berikutnya dapat mempertimbangkan penggunaan material ramah lingkungan atau bahan daur ulang sebagai substitusi sebagian agregat atau aspal untuk meningkatkan aspek keberlanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. F. (2021). *Uji Marshall Pada Campuran AC-WC. Serambi Engineering, Volume VI, No. 1*, 1631 - 1638.
- Ahmad Jihad, H. K. (2024). Analisis pengaruh variasi ukuran butiran agregat kasar terhadap karakteristik campuran aspal beton. *Jurnal cahaya mandalika* , 1423–1432.
- Bulgis, R. B. (2017). Pemanfaatan agregat alami dan agregat dan agregat batu pecah sebagai material perkerasan pada campuran aspal beton. *Potensi jurnal sipil politeknik*, 23-32.
- Dedy Asmaroni, A. F. (2023). Pengaruh Penggunaan Aspal Plastik Recycle dan Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Aspal Panas AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course) Menggunakan Agregat Lokal Madura Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal perencanaan dan rekayasa sipil*, 66-71.
- Dinas PUPR Sumatera Barat. (2023). Laporan evaluasi kinerja jalan provinsi tahun 2023.
- Direktorat Jenderal Bina Marga., 2. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). *Ministry of Public Works and Housing*, 1-1036.
- Dotulung, V., Lalamentik, L. G. J., & Palenewen, S. C. N. (2023) “Analisis Variasi Gradasi Agregat Gabungan terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas pada Lapis Aspal Beton (AC-WC)”
- Freepik. (n.d.). *Jalan aspal dengan pasir*. Diakses pada [tanggal akses], dari [Freepik Asphalt Image](#)
- GharPedia. (2026). *Sh (filler, hrs-base, test, temperature, & soil, 2023)ape Wise Classification of Aggregates*. Diakses dari <https://gharpedia.com/blog/shape-wise-classification-of-aggregates/>
- Glassware Indonesia. (2026). *Fungsi Piknometer*. Diakses dari <https://glasswareindonesia.wordpress.com/2017/09/11/fungsi-piknometer/>
- Gloria F. Berutu, J. K. (2023). Pengaruh Variasi Suhu Pada Campuran HRS-Base Menggunakan Filler Tanah Putih Terhadap Pengujian The Effect Of

- Temperature Variation On HRS-Base Mix Using White Soil Filler On The Marshall Test. *Jurnal Forum Teknik Sipil, Vol. 3 No.1 Mei*, 49-55.
- Hamed, G. H., Dehnad, M. H., & Asadi, A. H. (2025). Evaluating Mechanical and Thermodynamic Properties of Asphalt Mixtures Considering Viscoelastic Effect
- Hizrian. (2026). *Pengertian Agregat dan Klasifikasinya*. Diakses dari <https://hizrian.medium.com/pengertian-agregat-dan-klasifikasinya-342a92049a98>
- Humboldt Mfg. Co. (2026). *Basic Ductility Testing Machine*. Diakses dari <https://www.humboldtmfg.com/basic-ductility-testing-machine.html>
- Humboldt Mfg. Co. (2026). *Asphalt Mold Extractors*. Diakses dari <https://www.humboldtmfg.com/asphalt-mold-extractors.html>
- LABOAO. (2026). *Penetrometer*. Diakses dari <https://id.laboao.com/products/lubricating-oil-tester/penetrometer>
- Laboao. (2026). *Laboratory Pycnometer / Specific Gravity Bottle*. Diakses dari <https://www.catshillfirst.co.uk/Jual-Laboratory-Pycnometer-Specific-Gravity-Bottle-Pycnometer/>
- Lestari Safety Indonesia. (2026). *Pusat Safety Murah di Jakarta*. Diakses dari <https://lestarisafety.com/pusat-safety-murah-di-jakarta/>
- Liya Test. (2026). *Thin Film Bitumen (Loss on Heating) Oven*. Diakses dari <https://www.liyatest.com.tr/urun/bitumen-and-asphalt-test-machines/bitumen-tests/thin-film-bitumen-loss-on-heating-oven/>
- Made-in-China. (2026). *Pour Pot Mini Melter for Asphalt Heating Sealant Dispenser Machine*. Diakses dari https://id.made-in-china.com/co_tllongshun/product_Pour-Pot-Mini-Melter-for-Asphalt-Heating-Sealant-Dispenser-Machine_uorgrugnyg.html
- Maria M. A. S. Maia, M. D.-A. (2021). The Influence of the Affinity between Aggregate and Bitumen and Bitumen on the Mechanical Performance Properties of Asphalt Mixtures. *Materials* , 1-12.

- Nadhifah, N., & Susanti, A. (2024). *Karakteristik Dan Pengujian Penetrasi Aspal Ex . Atlas Dengan Aspal Ex . Pertamina Pada Penetrasi 60 / 70*. 2(1), 91–98.
- Pasambo, N., Alpius, & Radjawane, L. E. (2022). Pengaruh Temperatur Pencampuran Terhadap Campuran AC-BC Dengan Menggunakan Batu Sungai Seriti. *Paulus Civil Engineering Journal*, 4(3), 461–471. <https://doi.org/10.52722/pcej.v4i3.522>
- Salsabilla, S., Irwansyah, A., Desembardi, F., Dwi,), & Sukowati, G. (2022). Pengaruh Temperatur Pada Campuran Aspal AC-WC Dengan Parameter Marshall-Test. *Jurnalilmiahteknik Sipil: Jimats*, 01, 13–18 .
- Sukirman, S. (2016). *Perkerasan lentur jalan raya*. Bandung: Nova.
- Vertex Instruments. (2026). *Ring and Ball Electrical*. Diakses dari <https://www.vertexinstruments.com/ring-and-ball-electrical>
- Yao, H., You, Z., Li, L., Shi, X., Goh, S. W., & Mills-Beale, J. (2019). Rheological properties and modeling of asphalt binders and mixtures. *Construction and Building Materials*, 219, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.148>
- Yovan Ikhwandito, A. M. (2023). Analisis perkerasan aspal buton pen 60/70 & pg76 (30:70) terhadap karakteristik marshall. *Konferensi nasional teknik sipil ke-17*, 451-464.
- Zhi-gang, Z., & Gong-hong, C. (2023). *Temperature Sensitivity Analysis of High Viscosity Modified Asphalt*. 17(1), 1–8.