

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERUBAHAN SUHU PENCAMPURAN
DAN SUHU PEMADATAN PADA *HOTMIX* AC-WC
MENGUNAKAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH*
PLTU BUKIT ASAM DENGAN VARIASI ASPAL MINYAK
DAN ASPAL KARET**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



M ADEAN YASIN

03011381924134

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PERUBAHAN SUHU PENCAMPURAN
DAN SUHU PEMADATAN PADA *HOTMIX* AC-WC MENGGUNAKAN
LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU BUKIT ASAM DENGAN
VARIASI ASPAL MINYAK DAN ASPAL KARET
TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

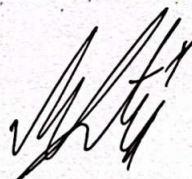
M. ADEAN YASIN

03011381924134

Palembang, Maret 2025

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing

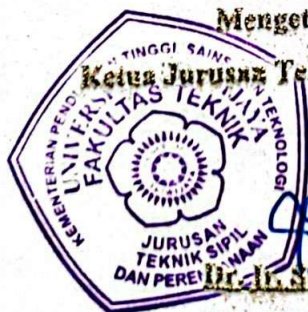


Mirka Pataras, S.T., M.T.

NIP. 198111202908121001

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



Dr. H. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “ANALISIS PERUBAHAN SUHU PENCAMPURAN DAN SUHU PEMADATAN PADA *HOTMIX AC-WC MENGGUNAKAN LIMBAH FLY ASH DAN BOTTOM ASH* PLTU BUKIT ASAM DENGAN VARIASI ASPAL MINYAK DAN ASPAL KARET”. Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini, diantaranya:

1. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya
2. Bapak Mirka Pataras, S.T., M.T. selaku pembimbing yang telah memberikan sangat banyak bimbingan, arahan, ilmu yang bermanfaat serta banyak pengalaman dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
3. Kedua Orang Tua yang sudah memberikan doa, serta dukungan dan telah membiayai selama perkuliahan ini.
4. Ananda Fitriani, S.E. atas semua doa, motivasi, dukungan ataupun dorongan dan bantuan yang telah diberikan terutama dalam persiapan sidang tugas akhir yang memungkinkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Teman-teman Teknik Sipil 2019 yang selalu sedia memberikan dukungan, terutama Rifkah, S.T. , Rizki Oktariza, S.T. , serta semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Besar harapan penulis agar laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan berbagai pihak lain yang membutuhkannya.

Palembang, Maret 2025



M. Adean Yasin

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK.....	xvi
RINGKASAN	xviii
PERNYATAAN INTEGRITAS	xx
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xxii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Lapis Aspal Beton (Laston).....	14
2.3. Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC).....	14
2.4. Aspal	15
2.4.1. Aspal Minyak.....	15
2.4.2. Aspal Karet	17
2.5. Gradasi Agregat Gabungan.....	17
2.6. PT. Bukit Asam.....	18

2.6.1.	PT. Bukit Energi Servis Terpadu PLTU Tanjung Enim 3x10 MW.....	19
2.6.2.	PT Bukit Pembangkit Innovative PLTU Banjarsari 2 × 135 MW.....	20
2.7.	Limbah Batubara.....	20
2.7.1.	Limbah Fly ash	21
2.7.2.	Limbah <i>Bottom ash</i>	23
2.7.	Suhu Pencampuran Dan Suhu Pemasatan Pada Aspal	25
2.8.	Viskositas Aspal.....	27
2.9.	<i>Design Mix Formula</i> (DMF).....	29
2.10.	<i>Job Mix Formula</i> (JMF).....	29
2.11.	Pengujian <i>Marshall</i>	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		32
3.1.	Umum	32
3.2.	Studi Literatur dan Lapangan.....	32
3.3.	Persiapan Penelitian	34
3.3.1.	Persiapan Bahan.....	34
3.3.2.	Persiapan Peralatan	35
3.4.	Pengujian Laboratorium.....	36
3.4.1.	Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus	36
3.4.2.	Pengujian Aspal	37
3.4.3.	Pengujian <i>Filler</i>	38
3.6.	Design Mix Formula (DMF) dan Job Mix Formula (JMF)	39
3.7.	Pembuatan Benda Uji	39
3.8.	Pembuatan Benda Uji KAO dengan Perubahan Suhu	39
3.10	<i>Marshall Test</i> Untuk Benda Uji Variasi Perubahan Suhu	41
3.11	Analisa Pengujian	41
3.12	Kesimpulan dan Saran	41

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	42
4.2. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat.....	45
4.3. Hasil Pengujian XRF (<i>X-Ray Fluoresence</i>).....	45
4.3.1. Hasil Pengujian XRF Pasir	46
4.3.2. Hasil Pengujian XRF <i>Bottom Ash</i> PLTU Tanjung Enim.....	46
4.3.3. Hasil Pengujian XRF <i>Bottom Ash</i> PLTU Banjarsari Lahat	48
4.3.4. Hasil Pengujian XRF Semen	48
4.3.5. Hasil Pengujian XRF <i>Fly Ash</i> PLTU Banjarsari Lahat	49
4.3.6. Hasil Pengujian XRF <i>Fly Ash</i> PLTU Tanjung Enim.....	49
4.4. Hasil Pengujian Sifat Aspal	50
4.5. Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan	51
4.6. Hasil Pengujian Viskositas	52
4.6.1. Hasil Pengujian Viskositas Aspal Minyak Pen 60/70	52
4.6.2. Hasil Pengujian Viskositas Aspal Karet SIR-20.....	53
4.7. <i>Design Mix Formula</i> (DMF).....	54
4.8. <i>Job Mix Formula</i> (JMF).....	55
4.8.1. Campuran Hotmix AC-WC Standar Aspal Minyak Pen 60/70	55
4.6.2. Campuran Hotmix AC-WC dengan <i>Bottom Ash</i> dan <i>Fly Ash</i>	59
4.9. Kadar Aspal Optimum (KAO).....	64
4.10. Benda Uji Variasi Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan dengan Nilai KAO	66
4.11. Pengujian <i>Marshall</i>	67
4.11.1. Hasil Pengujian Marshall Laston AC-WC Campuran Standar Dengan Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Menggunakan Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	67

4.11.2. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Laston AC-WC Campuran <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> PLTU Banjarsari Dengan Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Menggunakan Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	72
4.11.3. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Laston AC-WC Campuran <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> PLTU Banjarsari Dengan Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Menggunakan Variasi Aspal Karet SIR-20	77
4.11.4. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Laston AC-WC Campuran <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> PLTU Tanjung Enim Dengan Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Menggunakan Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	84
4.11.5. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Laston AC-WC Campuran <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> PLTU Tanjung Enim Dengan Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Menggunakan Variasi Aspal Karet SIR-20	91
4.12. Perbandingan Karakteristik <i>Marshall</i>	98
4.12.1. Perbandingan Hasil VMA	99
4.12.2. Perbandingan Hasil VFA	100
4.12.3. Perbandingan Hasil VIM	103
4.12.4. Perbandingan Hasil Stabilitas	105
4.12.5. Perbandingan Hasil Flow	107
4.12.6. Perbandingan Hasil <i>Marshall Quotient</i> (MQ)	109
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	111
5.1. Kesimpulan	111
5.2. Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Konstruksi Lapis Aspal Beton	15
Gambar 2. 2 PT. Bukit Energi Servis Terpadu PLTU Tanjung Enim 3x10 MW	19
Gambar 2. 3 PT Bukit Pembangkit Innovative PLTU Banjarsari 2 × 135 MW ...	20
Gambar 2. 4 Fly Ash PLTU Tanjung Enim	21
Gambar 2. 5 Fly Ash PLTU Banjarsari.....	22
Gambar 2. 6 Bottom Ash PLTU Banjarsari	24
Gambar 2. 7 Bottom Ash PLTU Tanjung Enim	25
Gambar 2. 8 Grafik Viskositas.....	28
Gambar 2. 9 Alat <i>Saybolt Furol</i>	29
Gambar 2. 10 Alat Uji Marshall.....	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian Viskositas.....	34
Gambar 4. 1 Grafik Suhu dan Viskositas pada Aspal Minyak Pen 60/70	52
Gambar 4. 2 Grafik Suhu dan Viskositas pada Aspal Karet SIR-20	53
Gambar 4. 3 Grafik Komposisi Gradasi Campuran Standar AC-WC Aspal Minyak	59
Gambar 4. 4 Grafik Komposisi Gradasi Campuran Pengganti	63
Gambar 4. 5 Grafik Kadar Aspal Optimum pada Campuran Standar Variasi Aspal Minyak Pen 60/70 Lapisan AC-WC	64
Gambar 4. 6 Grafik Kadar Aspal Optimum pada Campuran Pengganti Variasi Aspal Minyak Pen 60/70 Lapisan AC-WC.....	65
Gambar 4. 7 Grafik Kadar Aspal Optimum pada Campuran Pengganti Variasi Aspal Karet SIR-20 Lapisan AC-WC.....	65
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran Dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai VIM.....	68
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran Dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai VMA	69
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai VFA.....	70

Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai Stabilitas.....	70
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai Flow	71
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ).....	72
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VIM pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	74
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VMA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	74
Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VFA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	75
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VFA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	75
Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai Flow pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	76
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ) pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Minyak Pen 60/70.....	77
Gambar 4. 20 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VIM pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Karet SIR-20	79
Gambar 4. 21 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VMA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Karet SIR-20	80

Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VFA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Karet SIR-20	81
Gambar 4. 23 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VFA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Karet SIR-20	82
Gambar 4. 24 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai Flow pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Karet SIR-20	83
Gambar 4. 25 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ) pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Karet SIR-20.....	84
Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VIM pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim dengan Variasi Aspal Minyak 60/70	86
Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VMA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Minyak Pen 60/70.....	87
Gambar 4. 28 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai VFA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Minyak Pen 60/70.....	88
Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Minyak Pen 60/70.....	89
Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai Flow pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Minyak Pen 60/70.....	90
Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ) pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	91

Gambar 4. 32 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai VIM pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Karet SIR-20.....	93
Gambar 4. 33 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai VMA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Karet SIR-20.....	94
Gambar 4. 34 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai VFA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Karet SIR-20.....	95
Gambar 4. 35 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai VFA pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Karet SIR-20.....	96
Gambar 4. 36 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai Flow pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Karet SIR-20.....	97
Gambar 4. 37 Grafik Hubungan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ) pada Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Karet SIR-20	98
Gambar 4. 38 Grafik Perbandingan Nilai VMA	100
Gambar 4. 39 Grafik Perbandingan Nilai VFA	102
Gambar 4. 40 Grafik Perbandingan Nilai VIM.....	104
Gambar 4. 41 Grafik Perbandingan Nilai Stabilitas.....	106
Gambar 4. 42 Grafik Perbandingan Nilai Flow	108
Gambar 4. 43 Grafik Perbandingan Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ).....	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan dari Jurnal dan Penelitian.....	9
Tabel 2. 2 Perbandingan dari Jurnal dan Penelitian.....	13
Tabel 2. 3 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC).....	14
Tabel 2. 4 Ketentuan Untuk Aspal Keras	16
Tabel 2. 5 Persyaratan SIR.....	17
Tabel 2. 6 Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal	18
Tabel 2. 7 Komposisi Kimia Fly ash PLTU Tanjung Enim.....	21
Tabel 2. 8 Komposisi Kimia Fly ash PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat.....	22
Tabel 2. 9 Sifat Fisik Bottom ash.....	23
Tabel 2. 10 Komposisi Kimia Bottom ash PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat. .	24
Tabel 2. 11 Komposisi Kimia Bottom Ash PLTU Tanjung Enim.....	25
Tabel 2. 12 Ketentuan viskositas dan temperatur aspal untuk pencampuran dan pematatan.	27
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	42
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Karakteristik Pasir, <i>Bottom Ash</i> PLTU PT Bukit Asam di Tanjung Enim dan Banjarsari	43
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Karakteristik Abu Batu.....	44
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Filler dan <i>Fly Ash</i> PLTU PT Bukit Asam di Tanjung Enim dan Banjarsari.....	44
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat.....	45
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian XRF Pasir (Laboratorium Terpadu UNDIP)	46
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Bottom Ash (Laboratorium Terpadu UNDIP)	47
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Bottom Ash (PT. Succofindo)	47
Tabel 4. 9 Hasil Uji XRF Bottom Ash PLTU Banjarsari Lahat	48
Tabel 4. 10 Hasil XRF Semen	48
Tabel 4. 11 Uji XRF Fly Ash PLTU Banjarsari Lahat	49
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian XRF Fly Ash (Laboratorium Terpadu UNDIP)	49
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian XRF Fly Ash (PT. Succopindo)	50
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Sifat Karakteristik Aspal Minyak Pen 60/70 dan Aspal Karet SIR-20.....	51

Tabel 4. 15 Tabel Tabulasi Perhitungan dengan Metode Bina Marga (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 Revisi 2).....	54
Tabel 4. 16 Tabel Gradasi Campuran Standar Minyak Lapisan AC-WC.....	56
Tabel 4. 17 Tabel Pengujian Gradasi Asli AC-WC yang akan digunakan dalam eliminasi <i>Gauss-Jordan</i>	56
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan dengan Metode Eliminasi Gauss Jordan Campuran Standar Aspal Minyak Pen 60/70.....	57
Tabel 4. 19 Komposisi Gradasi Campuran Standar AC-WC Aspal Minyak Pen 60/70.....	58
Tabel 4. 20 Tabel Gradasi Campuran Pengganti Lapisan AC-WC	59
Tabel 4. 21 Tabel Pengujian Gradasi Campuran Pengganti AC-WC yang akan digunakan dalam eliminasi <i>Gauss-Jordan</i>	60
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan dengan Metode Eliminasi Gauss Jordan Campuran Pengganti.....	61
Tabel 4. 23 Komposisi Gradasi Campuran AC-WC Campuran Pengganti	62
Tabel 4. 24 Tabel Jumlah Pembuatan Benda Uji dengan Variasi Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan	66
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Hotmix AC-WC Standar dengan Aspal Minyak Pen 60/70	67
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Minyak Pen 60/70	73
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Banjarsari Variasi Aspal Karet SIR-20	77
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim dengan Aspal Minyak Pen 60/70	85
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Hotmix AC-WC FABA PLTU Tanjung Enim Variasi Aspal Karet SIR-20.....	92
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Hasil VMA.....	99
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Hasil VFA	101
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Hasil VIM	103
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Hasil Stabilitas	105
Tabel 4. 34 Rekapitulasi Hasil Flow	107

Tabel 4. 35 Rekapitulasi Hasil <i>Marshall Quotient</i> (MQ)	109
--	-----

ANALISIS PERUBAHAN SUHU PENCAMPURAN DAN SUHU PEMADATAN PADA HOTMIX AC-WC MENGGUNAKAN LIMBAH FLY ASH DAN BOTTOM ASH PLTU BUKIT ASAM DENGAN VARIASI ASPAL MINYAK DAN ASPAL KARET

M. Adean Yasin¹⁾, Mirka Pataras²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Email: adeanjasin@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Email: patarasmirka@gmail.com

ABSTRAK

Produksi batu bara di Indonesia mencapai 710 juta ton pada tahun 2024. Pembakaran batu bara menghasilkan $\pm 5\%$ polutan padat yang berupa abu. (fly ash dan bottom ash). Pada tahun 2021, Pemerintah mengeluarkan PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PP 22/2021) dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 6 Tahun 2021 yang menyatakan bahwa fly ash dan bottom ash hasil dari PLTU tetap didalam kategori limbah tetapi bukan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Pemanfaatan limbah FABA PLTU dari segi jumlah limbah yang besar dan sudah tergolong non B3, perlunya bahan pengganti alternatif dari material perkerasan jalan dalam hal ini fly ash sebagai pengganti filler dan bottom ash sebagai pengganti pasir (agregat halus), variasi suhu pencampuran dan suhu pemadatan dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal performa campuran hotmix AC-WC melalui karakteristik Marshall. Dari hasil pengujian Marshall didapatkan pada campuran AC-WC fly ash dan bottom ash PLTU Banjarsari dengan variasi Aspal Karet SIR-20 menjadi campuran dengan nilai stabilitas dan Marshall Quotient (MQ) yang paling optimal dengan suhu pencampuran 165°C dan suhu pemadatan 154°C. Nilai Stabilitas, VFA dan MQ akan cenderung naik seiring dengan kenaikan suhu pencampuran dan pemadatan sedangkan VIM dan VMA akan cenderung menurun jika suhu pencampuran dan suhu pemadatan dinaikan.

Kata kunci: Suhu Pencampuran, Suhu Pemadatan, Viskositas Aspal, *fly ash*, *bottom ash*, Aspal Karet SIR-20, Laston AC-WC

Palembang, Maret 2025
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing,



Mirka Pataras, S.T.,M.T.
NIP. 198111202008121001



ANALYSIS OF CHANGES IN MIXING TEMPERATURE AND COMPACTION TEMPERATURE USING FLY ASH AND BOTTOM ASH WASTE FROM BUKIT ASAM POWER PLANT WITH VARIATIONS OF OIL ASPHALT AND RUBBER ASPHALT

M. Adean Yasin¹⁾, Mirka Pataras²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Email: adeanjasin@gmail.com

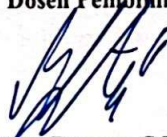
²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Email: patarasmirka@gmail.com

ABSTRACT

The coal production in Indonesia reached 710 million tons in 2024. The combustion of coal produces $\pm 5\%$ of solid pollutants in the form of ash (fly ash and bottom ash). In 2021, the government issued Government Regulation No. 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management (PP 22/2021) and the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 6 of 2021, which states that fly ash and bottom ash from coal-fired power plants (PLTU) are classified as waste but not hazardous and toxic waste (B3). The utilization of FABA (Fly Ash and Bottom Ash) waste from PLTU, given the large amount of waste and its non-B3 classification, requires alternative materials to replace road pavement materials. In this case, fly ash is used as a filler replacement and bottom ash as a replacement for sand (fine aggregate). Variations in mixing temperature and compaction temperature are conducted to obtain the optimal performance of the hotmix AC-WC mixture through Marshall characteristics. The results of Marshall testing showed that the mixture of AC-WC with fly ash and bottom ash from PLTU Banjarsari, using SIR-20 rubber asphalt, produced the most optimal stability value and Marshall Quotient (MQ) at a mixing temperature of 165°C and a compaction temperature of 154°C. The values of Stability, VFA, and MQ tend to increase as the mixing and compaction temperatures rise, while VIM and VMA tend to decrease with the increase in mixing and compaction temperatures.

Keywords : Mixing Temperature, Compaction Temperature, Asphalt Viscosity, Fly Ash, Bottom Ash, SIR-20 Rubber Asphalt, Asphalt Concrete Wearing Course

Palembang, Maret 2025
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing,



Mirka Pataras, S.T., M.T.
NIP. 198111202008121001

Mengetahui/Menyetujui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



RINGKASAN

ANALISIS PERUBAHAN SUHU PENCAMPURAN DAN SUHU PEMADATAN PADA HOTMIX AC-WC MENGGUNAKAN LIMBAH FLY ASH DAN BOTTOM ASH PLTU BUKIT ASAM DENGAN VARIASI ASPAL MINYAK DAN ASPAL KARET

Karya tulis ilmiah berupa tugas akhir, Maret 2025

M. Adean Yasin; dibimbing oleh Mirka Pataras, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

xxiii + 115 halaman, 55 gambar, 47 tabel, dan 15 lampiran

Produksi batu bara di Indonesia mencapai 710 juta ton pada tahun 2024. Pembakaran batu bara menghasilkan $\pm 5\%$ polutan padat yang berupa abu. (fly ash dan bottom ash). Pada tahun 2021, Pemerintah mengeluarkan PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PP 22/2021) dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 6 Tahun 2021 yang menyatakan bahwa fly ash dan bottom ash hasil dari PLTU tetap didalam kategori limbah tetapi bukan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Pemanfaatan limbah FABA PLTU dari segi jumlah limbah yang besar dan sudah tergolong non B3, perlunya bahan pengganti alternatif dari material perkerasan jalan dalam hal ini *fly ash* sebagai pengganti filler dan *bottom ash* sebagai pengganti pasir (agregat halus), variasi suhu pencampuran dan suhu pemadatan dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal performa campuran *hotmix* AC-WC melalui karakteristik *Marshall*. Dari hasil pengujian *Marshall* didapatkan pada campuran AC-WC *fly ash* dan *bottom ash* PLTU Banjarsari dengan variasi Aspal Karet SIR-20 menjadi campuran dengan nilai stabilitas dan Marshall Quotient (MQ) yang paling optimal dengan suhu pencampuran 165°C dan suhu pemadatan 154°C . Nilai Stabilitas, VFA dan MQ akan cenderung naik seiring dengan kenaikan suhu pencampuran dan pemadatan sedangkan VIM dan VMA akan cenderung menurun jika suhu pencampuran dan suhu pemadatan dinaikan.

Kata kunci: Suhu Pencampuran, Suhu Pemadatan, Viskositas Aspal, *fly ash*, *bottom ash*, Aspal Karet SIR-20, Laston AC-WC

SUMMARY

ANALYSIS OF CHANGES IN MIXING TEMPERATURE AND COMPACTION TEMPERATURE USING FLY ASH AND BOTTOM ASH WASTE FROM BUKIT ASAM POWER PLANT WITH VARIATIONS OF OIL ASPHALT AND RUBBER ASPHALT

The thesis, March 2025

M. Adean Yasin; guided by Mirka Pataras, S.T., M.T.

Majoring in Civil Engineering and Planning, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xxiii + 115 pages, 55 pictures, 47 tables, and 15 attachments

The coal production in Indonesia reached 710 million tons in 2024. The combustion of coal produces $\pm 5\%$ of solid pollutants in the form of ash (fly ash and bottom ash). In 2021, the government issued Government Regulation No. 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management (PP 22/2021) and the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 6 of 2021, which states that fly ash and bottom ash from coal-fired power plants (PLTU) are classified as waste but not hazardous and toxic waste (B3). The utilization of FABA (Fly Ash and Bottom Ash) waste from PLTU, given the large amount of waste and its non-B3 classification, requires alternative materials to replace road pavement materials. In this case, fly ash is used as a filler replacement and bottom ash as a replacement for sand (fine aggregate). Variations in mixing temperature and compaction temperature are conducted to obtain the optimal performance of the hotmix AC-WC mixture through Marshall characteristics. The results of Marshall testing showed that the mixture of AC-WC with fly ash and bottom ash from PLTU Banjarsari, using SIR-20 rubber asphalt, produced the most optimal stability value and Marshall Quotient (MQ) at a mixing temperature of 165°C and a compaction temperature of 154°C . The values of Stability, VFA, and MQ tend to increase as the mixing and compaction temperatures rise, while VIM and VMA tend to decrease with the increase in mixing and compaction temperatures.

Keywords : Mixing Temperature, Compaction Temperature, Asphalt Viscosity, Fly Ash, Bottom Ash, SIR-20 Rubber Asphalt, Asphalt Concrete Wearing Course

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Adean Yasin

NIM : 03011381924134

Judul : Analisis Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Pada
Hotmix AC-WC Menggunakan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU
Bukit Asam Dengan Variasi Aspal Minyak dan Aspal Karet

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Maret 2025

Yang membuat pernyataan,



M. Adean Yasin
NIM. 03011381924134

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah ini berupa Tugas Akhir dengan judul “Analisis Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan pada Hotmix AC-WC Menggunakan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash PLTU Bukit Asam dengan Variasi Aspal Minyak dan Aspal Karet” yang disusun oleh M. Adean Yasin, NIM. 03011381924134 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Februari 2025.

Palembang, Februari 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

1. Mirka Pataras, S.T.,M.T.
NIP. 198111202008121001

()

Dosen Penguji :

2. Aztri Yuli Kurnia, S.T, M.Eng
NIP. 198807132012122003

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T. M.T., IPM

NIP. 197502112003121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil
dan Perencanaan



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Adean Yasin

NIM : 03011381924134

Judul : Analisis Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan Pada
Hotmix AC-WC Menggunakan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash PLTU
Bukit Asam Dengan Variasi Aspal Minyak dan Aspal Karet

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak dipublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Maret 2025



M. Adean Yasin

NIM. 03011381924134

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : M. Adean Yasin
Jenis Kelamin : Laki-laki
E-mail : adeanjasin@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Masa
SD IBA PALEMBANG	-	-	2007-2013
SMP KUSUMA BANGSA PALEMBANG	-	-	2013-2016
SMA PLUS NEGERI 17 PALEMBANG	-	IPA	2016-2019
UNIVERSITAS SRIWIJAYA	Teknik	Teknik Sipil	2019-2025

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(M. Adean Yasin)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang paling banyak menghasilkan batu bara di dunia. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Indonesia, Produksi batu bara di Indonesia mencapai 710 juta ton pada tahun 2024. Pembakaran batu bara menghasilkan $\pm 5\%$ polutan padat yang berupa abu. (*fly ash* dan *bottom ash*).

Fly ash dan *bottom ash* hasil dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ini sejak tahun 1999 (PP. No 18 jo. 85 Tahun 1999) dikategorikan sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang memiliki arti berupa mencemari dan merusak lingkungan hidup, dan dapat membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Pada tahun 2021, Pemerintah mengeluarkan PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PP 22/2021) yang menyatakan bahwa *fly ash* dan *bottom ash* hasil dari PLTU tetap didalam kategori limbah tetapi bukan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Hal ini tertulis pada pasal 459 Ayat 3 Huruf C.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 6 Tahun 2021 tentang tata cara persyaratan pengelolaan limbah pada bagian kelima “Penetapan Status Limbah bagi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun yang akan Dikecualikan dari Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun” tertulis pada pasal 4 “Limbah *fly ash* dan *bottom ash* yang didapatkan dari proses pembakaran batubara pada fasilitas *stoker boiler*” dengan hal ini mengindikasikan bahwa *fly ash* dan *bottom ash* tidak lagi dinyatakan sebagai B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Untuk memaksimalkan pembuatan hotmix aspal diperlukan Suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang tepat dikarenakan suhu pencampuran dan pemadatan sangat memengaruhi sifat Marshall. Jika suhu pencampuran terlalu

tinggi aspal akan kehilangan sifat viskositasnya dan apabila suhu pencampuran terlalu rendah, aspal tidak dapat menutupi material secara sempurna. Apabila suhu pemadatan dilakukan lebih tinggi dari petunjuk yang sudah ditentukan ini akan mengakibatkan keadaan *bleeding* pada saat pemadatan. Apabila suhu pemadatan dilakukan terlalu rendah, aspal akan sulit dipadatkan dan tidak akan mencapai kepadatan yang diinginkan dikarenakan viskositas dari aspal yang tinggi. (Mirka Pataras., dkk., 2024)

Adapula penggunaan modifikasi dalam aspal yang dimaksudkan untuk memperkuat kinerja dari aspal sebagai pengikat, salah satu contoh dari aspal modifikasi adalah aspal karet. Aspal karet memiliki nilai VFA yang lebih besar yang berarti rongga terisi aspal pada campuran lebih banyak dan memiliki nilai stabilitas yang besar dibandingkan dengan campuran aspal minyak. Hal ini juga berlaku pada penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai pengganti dari agregat pada campuran aspal. (Nyayu Sitti Fatimah., 2021)

Penggunaan dari *fly ash* pada campuran beton aspal kurang berfungsi secara baik, karena meskipun nilai dari flow meningkat tapi nilai kestabilannya rendah. (Fahmi., dkk 2021) Tetapi harus dilihat lagi untuk memaksimalkan suatu campuran aspal, perlu diperhatikan suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang digunakan. Peningkatan temperatur pemadatan pada campuran AC-WC berpengaruh terhadap karakteristik marshall, dimana nilai VFA, stabilitas dan MQ juga meningkat, sedangkan nilai VIM, VMA, dan Flow mengalami penurunan. (Nadhifha Aprillia Zahara., dkk., 2023)

Pengaruh dari variasi suhu pemadatan terhadap campuran Laston AC-WC dengan menggunakan aspal modifikasi dengan elastomer didapatkan bahwa semakin tinggi suhu pemadatan maka semakin besar pula nilai kuat tarik yang didapatkan. Nilai kuat tarik mengalami peningkatan terhadap setiap variasi suhu pemadatan yang digunakan. (Supriandy Pahala Bertuah Silaen, dkk., 2023)

Berdasarkan PP No.22 Tahun 2021 dan jurnal serta penelitian sebelumnya pemanfaatan dari limbah non-B3 sebagai bahan baku konstruksi seperti *fly ash* batubara dari kegiatan PLTU dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan baku konstruksi semen pozzolan. Sedangkan *bottom ash* memiliki nilai gradasi yang layak untuk digunakan sebagai pasir.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan beberapa alasan teknis antara lain, pemanfaatan limbah FABA PLTU dari segi jumlah limbah yang besar dan sudah tergolong non B3, perlunya bahan pengganti alternatif dari material perkerasan jalan dalam hal ini *fly ash* sebagai pengganti filler dan *bottom ash* sebagai pengganti pasir (agregat halus), variasi suhu pencampuran dan suhu pemadatan dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal performa campuran *hotmix* AC-WC melalui karakteristik *Marshall*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan potensi penggunaan limbah tersebut dalam konstruksi jalan dengan menganalisis suhu pencampuran dan suhu pemadatan pada *fly ash* dan *bottom ash* yang berjudul Analisis Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan pada Hotmix AC-WC Menggunakan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Bukit Asam dengan Variasi Aspal Minyak dan Aspal Karet.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara menentukan suhu pencampuran dan suhu pemadatan dari aspal minyak dan aspal karet pada campuran *Hotmix* AC-WC menggunakan alat *Saybolt Furol Viscometer*?
2. Bagaimana hasil dari karakteristik *Marshall* pada campuran *Hotmix Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) standar serta campuran AC-WC *fly ash* dan *bottom ash* dari PLTU Bukit Asam terhadap variasi suhu pencampuran dan suhu pemadatan?
3. Apa saja dampak dari perubahan kenaikan dan penurunan suhu pencampuran dan suhu pemadatan pada campuran *Hotmix Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) standar dan campuran AC-WC *fly ash* dan *bottom ash* dari PLTU Bukit Asam?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan suhu pencampuran dan suhu pemadatan dari aspal minyak dan aspal karet pada campuran *Hotmix* AC-WC menggunakan alat *Saybolt Furol Viscometer*.
2. Menganalisa hasil dari karakteristik *Marshall* dari campuran *Hotmix Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) serta campuran AC-WC dengan *fly ash* dan *bottom ash* dari PLTU Bukit Asam terhadap variasi dari suhu pencampuran dan suhu pemadatan.
3. Menganalisa dan membandingkan pengaruh dari perubahan kenaikan dan penurunan suhu pencampuran dan suhu pemadatan pada campuran *Hotmix Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) standar dan campuran AC-WC *fly ash* dan *bottom ash* dari PLTU Bukit Asam.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam skala laboratorium, dan penelitian ini dilakukan di UPTD Laboratorium Bahan Konstruksi. Adapun ruang lingkup masalah dalam laporan tugas akhir ini adalah mengenai pengaruh perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan terhadap kinerja *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) menggunakan *Marshall Test* dengan 5 variasi suhu dan 2 variasi aspal dan dengan campuran AC-WC *fly ash* dan *bottom ash* yang didapatkan dari PLTU Banjarsari Lahat (PT. Bukit Asam) dan PLTU Tanjung Enim (PT. Bukit Asam) dengan masing-masing variasi suhu dan aspal dibuat 2 benda uji.

1.5 Sistematika Penulisan

Dengan mengacu pada pedoman penyusunan proposal tugas akhir, maka pada laporan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab, dengan sistematika sebagai berikut :

Adapun sistematika penulisan yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan yang dilakukan pada penelitian ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini meliputi teori-teori dan studi literatur yang berisikan informasi yang berkaitan dengan pembahasan kinerja campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan variasi suhu pencampuran dan suhu pemadatan serta kinerja dari campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan campuran pengganti berupa *fly ash* dan *bottom ash*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas metodologi yang berisikan variabel – variabel yang akan dicari serta cara menemukannya, metode analisis, hipotesa, atau metode perencanaan yang akan digunakan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini yang akan dibahas adalah pengaruh perubahan suhu pencampuran dan pemadatan terhadap kinerja *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan campuran standar serta campuran pengganti berupa *fly ash* dan *bottom ash* dengan variasi aspal berupa aspal minyak, dan aspal karet.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian serta saran penulis yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi informasi mengenai sumber pustaka dari literatur yang digunakan sebagai bahan acuan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, Indriani. (2015). Perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan terhadap kinerja. Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) dengan metode Marshall.
- Amalia, R. (2020). Pengaruh Penggunaan Material Limbah *Fly ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat Sumatera Selatan Terhadap Perkerasan Jalan Lentur Pada Lapisan Laston *Binder Course* (AC-BC). Universitas Sriwijaya.
- Siti Nyayu, F. (2021) Pengaruh Penggunaan *Fly ash* dan *Bottom Ash* Material Sisa Pembakaran PLTU Tanjung Enim (PT.Bukit Asam) Terhadap *Flexible Pavement* Laston AC-BC Dengan Variasi Aspal Karet, Aspal Buton dan Aspal Minyak. Universitas Sriwijaya.
- Fahmi, A. K. (2021). Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Limbah Abu Terbang Batubara. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 2(1), 51-57.
- Qurny, A. U. A., Puspito, I. H., & Tinumbia, N. (2022). Pengaruh Penambahan Bahan Pengisi (Filler) Fly Ash Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Asphalt Concrete Wearing Course/AC-WC). *Jurnal Artesis*, 2(1), 87-97.
- Ichsan, I. (2023). Tinjauan Karakteristik Marshall Dengan Penggantian Sebagian Pasir Pada Lapis Aus Ac-Wc Menggunakan Bottom Ash. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 6(1), 16-24.
- Zahara, N. A., & Sholichin, I. (2023). Pengaruh Variasi Suhu Pada Campuran Aspal AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall. *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 23-28.

- Silaen, S. P. B., Saleh, A., & Anggraini, M. (2023). Analisis Nilai Kuat Tarik Dengan Memanfaatkan Aspal Ape EL 55 PG 70 Terhadap Variasi Suhu Pemasangan. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 134-138.
- Seppo, A. R., Rachman, R., & Ali, N. (2021). Variasi Suhu Pemasangan Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara. *J. Matriks Tek. Sipil*, 9(1), 23-31.
- Androjić, I., & Dimter, S. (2015). Influence of compaction temperature on the properties of Marshall specimens. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 10(4), 309-315.
- Almusawi, A., Sengoz, B., & Topal, A. (2021). Evaluation of mechanical properties of different asphalt concrete types in relation with mixing and compaction temperatures. *Construction and Building Materials*, 268, 121140.
- Lestari, I. G. A. I. (2013). Perbandingan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur. *Jurnal Transportasi*, 7(1), 133-134.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2018). Spesifikasi Umum 2018 Divisi VI. Seksi 6.3 Campuran Beraspal Panas. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.
- Bina Marga Revisi 3. (2010). Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.